

**Свирид М.М.,  
Приймак Л.Б.,  
Грищенко С.О.,  
Коломієць А.Ф.,  
Плотніков А.О.**

Національний аіаційний університет,  
м. Київ, Україна

**E-mail:**

## ТРИБОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАР ТЕРТЯ У РОБОЧИХ СЕРЕДОВИЩАХ ОБРОБЛЕНИХ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

УДК 621.537.611

У статті визначені оптимальні параметри впливу магнітного поля на трибологічні властивості мастила і модифікатори змащувального матеріалу при терті.

**Ключові слова:** магнітне поле, зносостійкість, моторне мастило, трибологічні властивості.

### Огляд досліджень

В даний час у всіх сферах технічної індустрії актуальним є питання пов'язане із "старінням" парку машин, основною причиною якого є зношування прецизійних трибооб'єктів (підшипників, плунжерний і шестерний насоси). Для вирішення цієї проблеми необхідно правильно підбирати матеріали, робоче середовище та оптимізувати умови експлуатації, що є економічно - актуальним завданням підтримки ресурсних показників техніки.

Широке застосування знаходять нові методи і технології відновлення, таким чином впровадження безрозбірних технологій ремонту дозволяє значно скоротити витратну частину і вартість продовження ресурсу машин.

Одним з перспективних джерел енергії для перенесення матеріалу з робочого середовища на поверхню тертя є магнітне поле (МП). МП істотно змінює параметри робочих середовищ при терті, в умовах нестабільного стану, шляхом впливу на матеріали, що володіють різною магнітною складовою (ферро-, діа- і парамагнетики).

Таким чином, залишається питанням, з чим пов'язана така різниця у дії МП на матеріали і який механізм цього впливу. Можна припустити, що МП змінює напрям заряджених частинок у всіх середовищах, так як впливає на будь-який матеріал, оскільки всі матеріали складаються із заряджених частинок іонів, електронів і ядер атомів.

Особливістю ремонтного виробництва є поетапне виконання робіт, що пов'язано з демонтажем, дефектацією і подальшим відновленням деталей. Такий шлях пов'язаний з високими експлуатаційними витратами матеріалів на ремонт, які можуть перевищувати затрати на виготовлення нових машин. Ремонт обладнання, навіть в розвинутих країнах, зайнято близько 30 % від загального числа працюючих і приблизно така ж частина верстатного парку. На ремонт витрачається п'ята частина всього металу, що виплавляється. Такі значні витрати обумовлені недооцінкою значущості проблем підвищення зносостійкості і довговічності машин, які експлуатуються, проєктуються і готуються до випуску в найближчий час.

Основним напрямком розвитку в сфері техніки є стрімке підвищення надійності і довговічності машин, технологічного обладнання, що безпосередньо пов'язано з підвищенням зносостійкості. Рішення цієї актуальної задачі може бути здійснено тільки на базі глибоких науково - обґрунтованих рішень. Найчастіше виходять з ладу машини і механізми по причині зносу вузлів тертя. Особливо чутливі до умов тертя прецизійні системи відповідальних вузлів машин, до яких відносяться насоси перекачки мастила, а також механізми гідросистем, зношування в яких на рівні 3...5 мікрон є катастрофічним.

Збільшення терміну експлуатаційної надійності та довговічності вузлів тертя в середовищах з підвищеним електроопором багато в чому залежить від вдало підібраних захисних технологій для відновлення поверхонь, що труться, крім того, необхідно враховувати вплив навколишнього середовища (вологість повітря, потрапляння сторонніх предметів в зону взаємодії поверхонь тертя і в робоче середовище та ін.).

Керування тертям – це правильний вибір матеріалів для пар, що труться та робочих середовищ з максимально покращеними характеристиками, раціональне конструювання рухомих сполучень і оптимізація умов експлуатації, – ці фактори істотно подовжують термін експлуатації машин при незначному збільшенні собівартості.

Таким чином, найбільш перспективними для підвищення рівня зносостійкості поверхонь тертя є методи, що пов'язані з розробкою технологій відновних процесів. В цьому напрямку найбільш далекосяжним буде підвищення зносостійкості трибооб'єктів шляхом впливу МП на робоче середовище. Для дослідження процесів, що відбуваються на поверхні тертя в робочому середовищі обробленому МП було розроблено трибокомплекс [1], на якому за допомогою постійних магнітів створюється направлене МП, що діє на робоче середовище, а також проводиться моніторинг поверхні тертя.

**Мета роботи** – визначити трибологічні параметри пар тертя у робочих середовищах, оброблених МП.

### Матеріали та методика досліджень

Для проведення досліджень під впливом постійного МП, використано методику [2], що дозволяє за допомогою мікроскопа проводити моніторинг процесів на поверхнях, з ціллю вивчення зміни їх топографії в обробленому МП робочому середовищі в динамічному режимі та оцінити кількісні і якісні параметри утворених захисних плівок в зоні контакту.

В якості робочого середовища для досліджень використовувалися моторні мастила М10Г2к (мінеральне) та 5W40 (синтетичне). Схемою тертя є площина-палець, робочий зразок сталь 45, модельним контртілом слугувало скло (прозорий матеріал, що дозволяє проводити маніторинг трибологічних змін на поверхні тертя). Швидкість 0,5 ... 1 м/с, нормальне навантаження 1 ... 5 МПа. Магніти вмонтовано один напроти одного так, щоб їх силові лінії були направлені до об'єму робочого середовища та розташовувалися якнайдалі від поверхні тертя (рис. 1, а, б), для обробки постійним МП виключно робочого середовища.

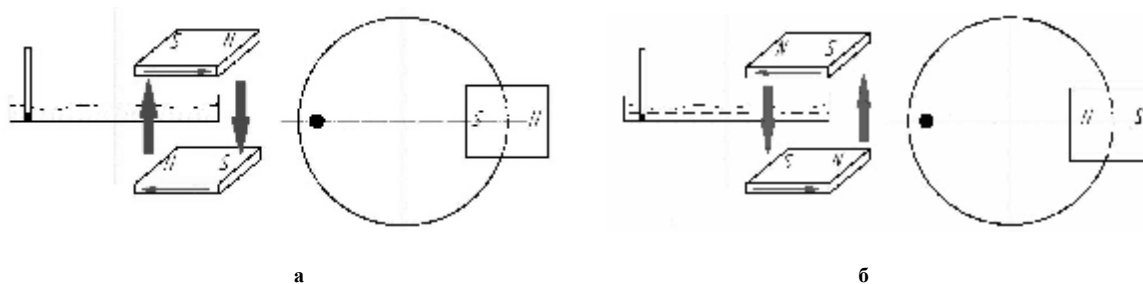


Рис. 1 – Схеми розташування МП відносно змащувального середовища та поверхні тертя

Конструктивно проходження магнітних ліній крізь об'єм робочого середовища спрямовували таким чином, щоб вони пересікали робочу речовину безпосередньо перед попаданням в зону тертя (рис. 1, а, б).

Відомо, що інтенсивність зношування деталей гідравлічної системи залежить від середовища в якому вони працюють, а надійність деталей - від трибологічних властивостей змащувального середовища. Таким чином, чим кращі ці властивості робочого середовища, тим нижчий рівень зношуваності поверхонь деталей при терті.

Як зазначено [3, 4] змащувальна здатність середовища запобіге зношуванню поверхонь тертя за умов утворення стійкої граничної плівки.

Міцність плівки залежить від наявності в ній активних молекул, їх кількості та якості [5]. Загальновідомо, що диполі мастила орієнтуються перпендикулярно до поверхні [6], але при терті, в залежності від коефіцієнта тертя, має місце нахил диполу молекул від вертикального положення, що відповідно, значно знижує рівень захисту поверхні тертя від зношення.

Таким чином, зрозуміло, що найбільш сприятливим є перпендикулярне положення диполів мастила стосовно поверхонь при терті [6]. За допомогою впливу МП можливо створити такі умови, при яких диполі мастила не мінятимуть свого положення на горизонтальне, відповідно зношування буде нижчим. Фізичну модель положення молекул мастила під дією МП показано на рис. 2.

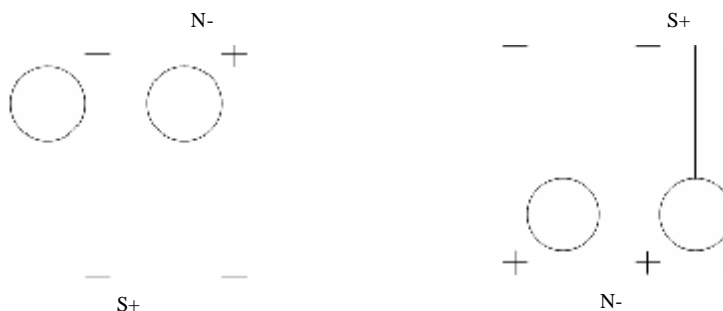


Рис. 2 – Фізична модель положення диполів мастила під дією МП при різному розташуванні полюсів магніту відносно робочого середовища

В процесі напрацювання поверхня тертя вкривається трибологічними плівками щільність яких залежить від напрямку дії МП на робочу рідину. Відомо, що полюс магніту  $S$  має знак «+», а полюс  $N$  – «-» [7], таким чином, при розміщенні магнітів перпендикулярно до робочого середовища отримуємо, що і при напрямку магнітного поля  $S - N$  і  $N - S$  диполі мастила будуть розташовані перпендикулярно стосовно поверхонь тертя, однак рівень зношування буде різним. Це пояснюється тим, що при напрямку МП  $N-S$  (рис. 3, в) в діапазоні дії силових ліній на робоче середовище мастило М10Г2к та 5W40, продукти зношування та диполі мастила мають напрямок магнітних ліній із середовища до контртіла, тобто продукти зношування силою МП притискаються до поверхні контртіла, а потім, при терті значна їх частина потрапляє на зразок, таким чином приймаючи активну участь у відновленні поверхні.

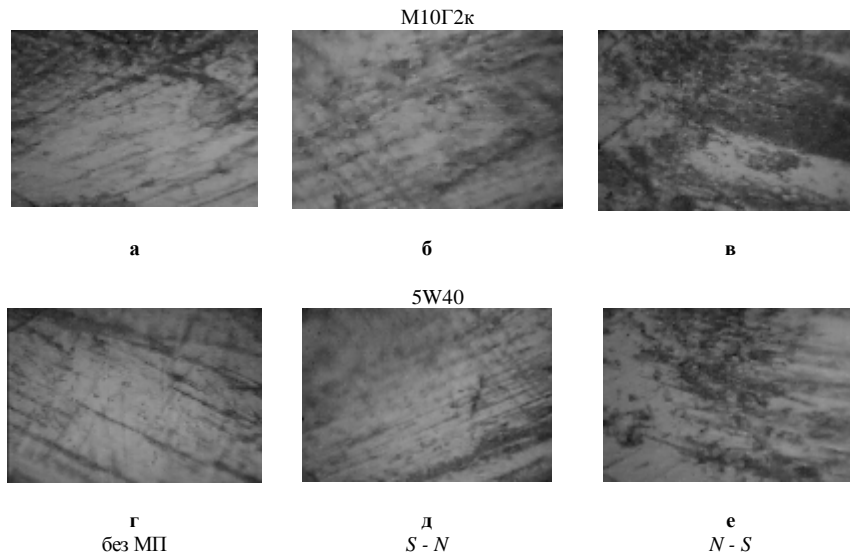


Рис. 3 – Топографія поверхонь тертя сталі 45 по скляному контртілу в робочих середовищах М10Г2к та 5W40, оброблених магнітним полем, з різними напрямками магнітних ліній (рис. 1) та без впливу МП

Відповідно поверхня характеризується наявністю захисних трибологічних плівок (ТП) (60 - 65 % в мастилі М10Гк рис. 3, в та 25 - 30 % в 5W40 рис. 3, е) та відновленням до 1 мкм (рис. 4).

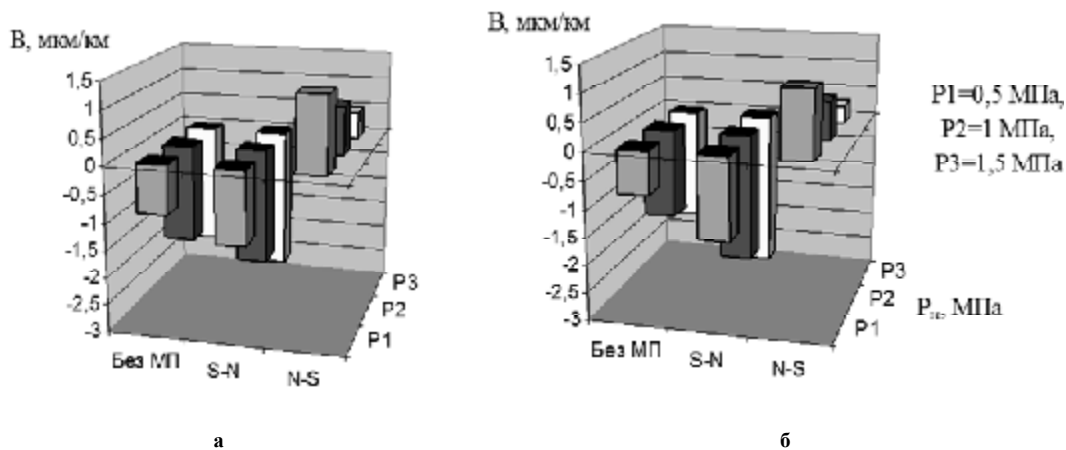


Рис. 4 – Трибологічні параметри сталі 45 по склу:  
а – М10Г2к;  
б – 5W40 під дією МП

У випадку коли МП має  $S - N$  напрям (рис. 1, б) магнітні лінії направлені навпаки: від контртіла до середовища, тобто продукти зношування виносяться в об'єм, таким чином практично не потрапляючи на контртіло, а відповідно і на поверхню тертя (ТП займають 5 ... 8 % в М10Г2к рис. 3, б) та 2 - 4 % в 5W40 рис. 3, д) площі поверхні тертя). Диполі мастила розташовуються перпендикулярно, що в свою чергу дещо компенсує незначну кількість відпрацьованих продуктів зношування на поверхні тертя, од-

нак рівень зношування у цьому випадку найвищий і складає майже 3 мкм (рис. 4, рівень зношування/ відновлення на графіках зображується відповідно у від'ємному та додатному напрямках осі ордината у мкм/км) за рахунок малої кількості ТП (приблизно до 20 % поверхні тертя).

При терті без дії МП продукти зношування розташовуються довільно в мастилі і частина їх кількості потрапляє на поверхню тертя, але розташування диполів не є таким сприятливим як у попередніх двох випадках, тому рівень зношування при  $S - N$  напрямку та без магніту майже не відрізняється, що наглядно видно з рис. 4, а, б в М10Г2к та рис. 3, г, д в 5W40. Але якщо говорити про рівень зношування без дії МП в зазначених мастилах, то в синтетичному мастилі 5W40 зношування буде нижчим ніж в мінеральному М10Г2к за рахунок наявності покращених та вдосконалених базових протизносних властивостей синтетичного мастила, а саме рівень зношування 1,9 мкм в 5W40 (рис. 4, б) та 2,2 мкм в М10Г2к (рис. 4, а).

### Висновки

1. Визначено, оптимальні параметри впливу МП на змащувальне середовище та встановлено вплив МП на модифіковані добавки змащувального матеріалу для зниження інтенсивності зношування поверхні тертя, що дає можливість значно підвищити ресурсні показники техніки.

2. Встановлено, що максимальний рівень відновлення поверхні тертя спостерігається при  $N-S$  напрямку МП і становить 0,5 - 0,9 мкм/км.

### Література

1. Свирид М.М., Кудрін А.П., Кравець І.А., Приймак Л.Б., Бородій В.М., патент на корисну модель: Пристрій для дослідження поверхонь тертя в постійному рівномірному та нерівномірному магнітному полі UA 70877 GO1N 3/56, 25.06.2012.
2. Свирид М.М., Кудрін А.П., Кравець І.А., Приймак Л.Б., Бородій В.М., патент на корисну модель: Спосіб відновлення поверхні тертя постійним рівномірним та нерівномірним магнітним полем UA 70878 GO1N 3/56, 25.06.2012.
3. Крагельский И.В. Трение и износ в машинах / И.В. Крагельский. – М.: Машгиз 1962. – 382 с.
4. Костецкий Б.И. Поверхностная прочность металлов при трении / Б.И. Костецкий. – К.: Техника, 1976. – 292 с.
5. Трибология в работах В.А. Белого / [Мышкин Н.С., Петроковец М.И., Плескачевский Ю.М. и др.] // Трение и износ. – 2002 (23). – № 3. – С. 236-246.
6. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. – М.: Физматгиз, 1963. – 472с.
7. Магнетизм / С.В. Вонсовский. – М.: Наука, 1984. – 160 с.

Поступила в редакцію 26.12.2012

**Svirid M.N., Pryimak L.B., Hrischenko S.O., Kolomic A.F., Plotnikov A.O. Friction pairs' tribological properties in treated by the magnetic field working environments.**

Presently in all spheres of technical industry actual is a question related to "aging" of machines park, principal reason of that is precession triboobjects wear (bearing, plunger, gear pumps). Thus, most perspective for the increase of friction surfaces wearproofness level is methods that are related to renewal processes technologies development. In this direction the most perspective will be triboobjects wearproofness increasing by influence of magnetic-field on a working environment. It is known that hydraulic system details wear intensity depends on an environment in that they work, and details reliability - tribological properties of lubricating environment. Thus, than these properties of working environment are better, that lower wears level of details surfaces during a friction. It is known that lubricating ability of environment prevents the friction surfaces wear at the conditions of tape formation. Durability of tape depends on active molecules presence in it, their amount and quality. Generally known, that the dipoles of oil are oriented perpendicular to the surface, but during the friction, depending on the friction coefficient, inclination of molecules dipoles takes place from vertical position, that considerably reduces the level of friction surface defence from the wear. Thus, clear that the most feffective is oils dipoles perpendicular position relation to surfaces during friction. With the magnetic field influence it is possible to create such conditions when oils dipoles will not change the position on horizontal, accordingly a wear will be below. In the work process the friction surface covers by the tribological tapes the closeness of that depends on magnetic field action direction on a working liquid. Certainly, optimal parameters of magnetic field influence on a lubricating environment and magnetic field influence is set on the modified additions of lubricating material for the decline of intensity of friction surface wear that gives an opportunity considerably to promote the resource indexes of technique. It is set that the maximal renewal level of the friction surface is observed at  $N - S$  magnetic field direction and equal to 0,5 - 0,9 mkm/km.

**Key words:** magnetic field, wear resistance, engine oil, tribological properties.

**References**

1. Svirid M.M., Kudrin A.P., Kravec' I.A., Prijmak L.B., Borodij V.M., patent na korisnu model': Pristriy dlja doslidszhennja poverhon' tertja v postijnomu rivnomirnomu ta nerivnomirnomu magnitnomu poli UA 70877 GOIN 3/56, 25.06.2012.
2. Svirid M.M., Kudrin A.P., Kravec' I.A., Prijmak L.B., Borodij V.M., patent na korisnu model': Sposib vidnovlennja poverhni tertja postijnim rivnomirnim ta nerivnomirnim magnitnim polem UA 70878 GOIN 3/56, 25.06.2012.
3. Kragel'skij I.V. Trenie i iznos v mashinah. M.: Mashgiz 1962, 382 s.
4. Kosteckij B.I. Poverhnostnaja prochnost' metallov pri trenii. K.: Tehngka, 1976. 292 s.
5. Myshkin N.S., Petrokovec M.I., Pleskachevskij Ju.M. i dr. Tribologija v rabotah V.A. Belogo. Trenie i iznos. 2002 (23). No. 3, pp. 236-246.
6. Ahmatov A.S. Molekuljarnaja fizika granichnogo trenija. M.: Fizmatgiz, 1963, 472 s.
7. Vonsovskij S.V. Magnetizm. 1984, M., 160 s.