

## Литература

1. Хебда М., Чичинадзе А.В. Смазочные материалы. Техника смазки, опоры скольжения и качения. — Справочник в 3 томах. — Том 2, 1990.- С. 283-289.
2. Дмитриченко Н.Ф., Милащенко А.А., Мнацаканов Р.Г., Золотарева Е.П. Упрощенный расчет напряжений и деформаций для точечного локального контакта. — Вестник НАУ, 2001. — №1(8). — С.35.
3. Смазки и родственные продукты. Синтез. Свойства. Применение. Международные стандарты / Под ред. Д. М. Кламанна. — Химия, 1988.- С. 23-27.
4. Кореляков Л., Школьников В.М. Современные высокоиндексные масла из нефтяного сырья. — М.: ЦНИИ-ТЭНефтехим, 1972. — С. 5-15.
5. Апелдорн И. О современном состоянии теории смазки и ее связи с реологией. — Труды Американского общества инженеров-механиков: Проблемы трения и смазки. — №3, 1968. — С. 1-7.
6. Трение качения в машинах и приборах / Под ред. С.В. Пинегина. — М.: Машиностроение, 1976. — С. 203-216.

УДК 621.891

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗНОШУВАННЯ ПАР ТЕРТЯ В УМОВАХ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Доктор технічних наук Дмитриченко М.Ф.,  
доктор технічних наук Мнацаканов Р.Г.,  
кандидат технічних наук Мікосянчик О.О.,  
Туриця Ю.О.

*В статті досліджено зміну мікротвердості поверхневого шару випереджаючого і відстаючого зразків в умовах динамічного навантаження, що дозволило встановити вплив зміни цього параметра на величину зносу.*

*Research of change the microhardness of superficial layer of the advance and lagging samples is conducted in the article in the conditions of the dynamic loading, which allowed to set influence of change of this parameter on the size of wear.*

**Постановка проблеми.** Первинною проблемою при вивченні тертя є контактування дотичних поверхонь. Процес тертя, в значній мірі обумовлює зносостійкість контактуючих деталей. Знос деталей машин призводить до втрат точності, зниженню ККД, зниженню міцності, збільшенню динамічних навантажень, які є наслідком збільшення зазорів в спряженнях, підвищенню рівня шуму. Знос є причиною виходу з ладу великої кількості машин (до 80%) і їх деталей. Створення вузлів з мінімальними втратами на тертя сприяє вивільненню великої кількості ресурсів робочої сили і зниженню різних матеріальних витрат.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Дослідженню питань з даного напрямку присвячені роботи К.С.Рамайї [1], який зазначав, що від 60 до 70% зношування пар тертя двигуна відбувається за пусковий період. Аналогічні дані приводяться в роботах Д.П.Великанова [2], Я.Павловського [3], А.І.Нісевича [4] і Д.І.Вищоцького [5]. В період пускового режиму стан масляної плівки на поверхнях тертя може змінюватись таким чином, що буде можливим перехід від гідродинамічного до граничного мащення. Внаслідок цього зношування контактних поверхонь, що працюють в умовах порушення суцільного мастильного шару, відбувається головним чином, за рахунок мікроконтактного схоплювання.

**Мета роботи.** Метою проведених досліджень було встановлення закономірностей зношування пар тертя при змащуванні оливою Honda Ultra DPSF і визначення залежності зношування пар тертя в умовах частих пусків-зупинок від ступеня зміцнення — розміцнення поверхневих шарів металу.

**Основна частина.** Дослідження проводилися на установці СМЦ-2, в режимі пуск (4,5 с) — зупинка (3 с). Цикли слідували один за іншим, без перерви, всього циклів в експерименті N=1750. В дослідях при відносному ковзанні 15% в якості зразків використовувались циліндричні ролики (d = 50 мм), виготовлені зі сталі ШХ-15, при контактних навантаженнях  $\sigma_{max}$  450 МПа, 570 МПа та 680 МПа. В якості

мастильного матеріалу використовувалась синтетична трансмісійна олива для задніх редукторів Honda Ultra DPSF, термін експлуатації якої становить 30 тис. км.

При змащуванні сталі ШХ-15 оливою Honda Ultra DPSF встановлено, що із збільшенням навантаження зростає лінійний знос контактних поверхонь — при 570 МПа сумарний знос підвищився на 1,5%, при 680 МПа — на 28%, в порівнянні з даним параметром при 450 МПа (табл. 1).

Таблиця 1

*Дослідження зносу контактних поверхонь в залежності від контактних навантажень*

Знос	Контактне навантаження					
	450 МПа		570 МПа		680 МПа	
	Поверхня					
	Відст.	Випер.	Відст.	Випер.	Відст.	Випер.
після 875 циклів напрацювання	0,59	0,313	0,55	0,385	0,738	0,576
після 1750 циклів напрацювання	0,77	0,69	0,976	0,506	0,981	1,049

В ході експерименту проявляється істотна відмінність лінійного зносу для випереджаючої та відстаючої поверхонь. Встановлено, що при всіх досліджуваних контактних навантаженнях після 875 циклів напрацювання більш зносостійким є випереджаючий зразок, при  $\sigma_{\max}$  450 МПа та 570 МПа ця закономірність зберігається і після 1750 циклів напрацювання, а при  $\sigma_{\max}$  680 МПа значення лінійного зносу випереджаючого зразка підвищується на 70%, в порівнянні з аналогічним параметром при нижчих навантаженнях.

Кількісні характеристики зносу випереджаючої та відстаючої поверхонь залежать від динаміки процесів зміцнення-розміцнення поверхневих шарів металу (табл. 2)

Таблиця 2

*Закономірність зміни мікротвердості зразків, виготовлених зі сталі ШХ-15, при напрацюванні*

	Відстаючий зразок	Випереджаючий зразок
Контактне навантаження 450 МПа		
Мікротвердість до експерименту (МПа)	1245,7	1205,98
Мікротвердість після 875 циклів (МПа)	1134,25 (розміцнення)	1274,96 (зміцнення)
Мікротвердість після 1750 циклів (МПа)	1112,71 (розміцнення)	1118,65 (розміцнення)
Контактне навантаження 570 МПа		
Мікротвердість до експерименту (МПа)	1229,8	1220,4
Мікротвердість після 875 циклів (МПа)	915,25 (розміцнення)	1127,7 (розміцнення)
Мікротвердість після 1750 циклів (МПа)	1301,6 (зміцнення)	1143,7 (розміцнення)
Контактне навантаження 680 МПа		
Мікротвердість до експерименту (МПа)	1214,4	1162,98
Мікротвердість після 875 циклів (МПа)	936,0 (розміцнення)	1084,3 (розміцнення)
Мікротвердість після 1750 циклів (МПа)	1311,45 (зміцнення)	1113,58 (розміцнення)

Встановлено, що після 875 циклів напрацювання знос відстаючої поверхні при 450, 570 та 680 МПа склав відповідно 0,59:0,68:0,738 мкм, при цьому мікротвердість поверхневих шарів металу знизилась на 111,45:314,55:278,4 МПа відповідно, що свідчить про суттєве розміцнення поверхні тертя. При подальшому напрацюванні, в період між 875 — 1750 циклами знос відстаючої поверхні при зазначених контактних навантаженнях становить 0,18:0,296:0,243 мкм, що, в середньому, на 65% нижче за значення лінійного зносу, встановленого для даної поверхні при напрацюванні 875 циклів. Різке зниження зносу обумовлено менш інтенсивним розміцненням поверхневих шарів металу при 450 МПа — мікротвердість зменшилась на 21,55 МПа та зміцненням контактних поверхонь при  $\sigma_{\max}$  570 та 680 МПа — мікротвердість поверхневих шарів підвищується в процесі розглянутого діапазону напрацювання, в середньому, на 380 МПа.

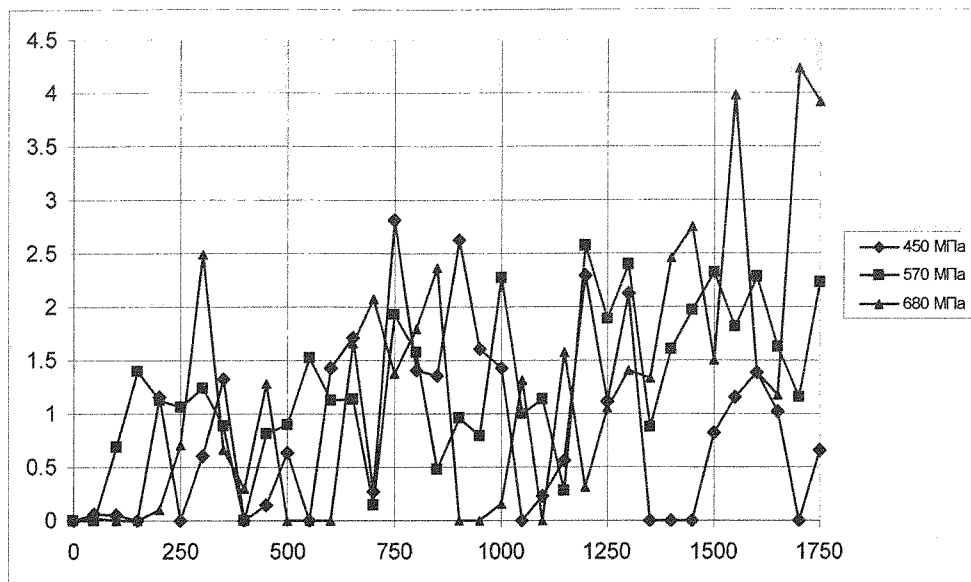


Рис. 1. Дослідження негідродинамічної складової товщини мастильного шару при контактних навантаженнях 450, 570, 680 МПа

Для випереджаючого зразка встановлений аналогічний зв'язок між зносом та мікротвердістю поверхневих шарів металу. Так, мінімальний знос випереджаючої поверхні при 570 МПа при 1750 циклів напрацювання обумовлений менш інтенсивним розміщенням поверхневих шарів металу, в порівнянні з їх мікротвердістю при інших досліджуваних контактних напругах.

Слід зазначити, що суттєвий вплив на зміну мікротвердості поверхневих шарів металу створює формування граничних адсорбційних плівок на поверхнях тертя (рис. 1).

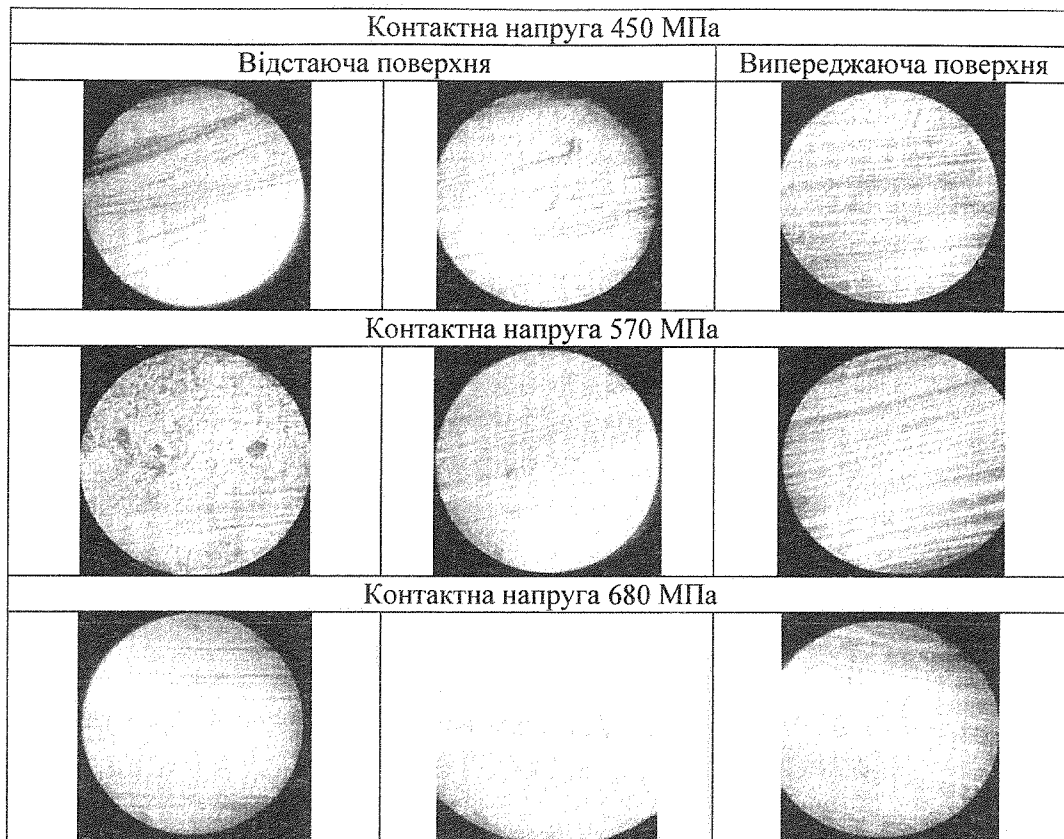
При  $\sigma_{\max}$  450 МПа не встановлено адаптації граничних шарів до динамічних умов навантаження — зрив змащувального шару, що призводить до безпосереднього металевого контакту поверхонь, зафіксовано в 30-40% циклів в період пуску. При 570 МПа спостерігається найефективніша адаптація граничних плівок — зрив змащувального шару при страгуванні зафіксований лише в початковий період напрацювання, до 300 циклів, та складає 2%, в подальшому товщина самоорганізуючих органічних плівок стабілізується та складає, в середньому, 2 мкм. З підвищенням навантаження до 680 МПа зрив змащувального шару при страгуванні складає 30% до 1100 циклів напрацювання, в подальшому на контактних поверхнях формується стабільна товщина граничних шарів, яка становить, в середньому, 2,5 — 3,0 мкм.

Нами встановлено, що по мірі формування граничних плівок відбувається розміщення поверхневих шарів металу, має місце ефект Ребіндера — окислювально-полімеризаційні плівки починають інтенсифікувати поверхню металу і відбувається зниження мікротвердості. В відпрацьованій оливі міститься велика кількість поверхнево-активних речовин, про що свідчить підвищення кислотного числа експлуатаційної досліджуваної оливи на 6%, в порівнянні з товарним зразком Honda Ultra DPSE. Тому при початковому формуванні граничних шарів на контактних поверхнях проявляється пластифікуючий ефект Ребіндера. Далі, по мірі адаптації граничних плівок і при збільшенні навантаження відбувається незначне зміцнення поверхневих шарів металу, що, на нашу думку, є наслідком пластифікації: за наявності на поверхнях тертя самоорганізуючих органічних плівок в процесі напрацювання метал розм'якшується, всі деформації, пустоти виходять назовні, дислокації нівелюють, при подальшому напрацюванні впорядковані дислокації сприяють утворенню мілької зернистої структури і тим самим приповерхневі шари металу зміцнюються.

Дані мікрофотографічного дослідження контактних поверхонь на приладі МП-4 характеризуються наступними закономірностями (табл. 3).

Найбільш суттєві зміни на поверхнях тертя встановлені для відстаючого зразка при контактних навантаженнях 450 та 680 МПа, що можна пояснити наявністю більш інтенсивного металевого контакту пар тертя при напрацюванні, адже зрив змащувального шару при страгуванні в період до 1100 циклів становить, в середньому, 30%.

Дослідження поверхонь тертя після напрацювання 1750 циклів



При дослідженні інтенсивності зношування зразків зі сталі ШХ-15 (рис. 2) встановлено що найбільш інтенсивний знос контактних поверхонь відбувається на першому етапі напрацювання, до 400 циклів.

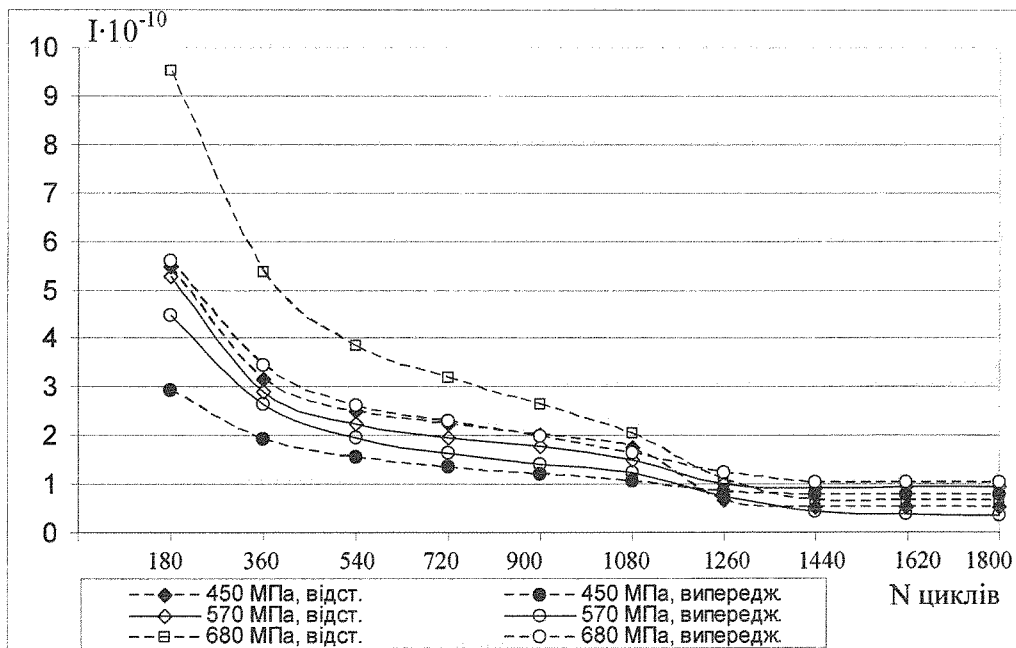


Рис. 2. Інтенсивність зношування відстаючої та випереджаючої поверхонь

Найбільше значення інтенсивності зношування характерно для зразків, які випробувались при контактному навантаженні 680 МПа, причому як для відстаючого, так і для випереджаючого зразків. При кон-

тактному навантаженні 450 МПа для відстаючого зразка встановлено зменшення значення інтенсивності зношування на 42,1%, випереджаючого — 47,3%; і при  $\sigma_{\max} = 570$  МПа для відстаючого зразка на 44,2%, випереджаючого 21,05%. Це можна пояснити недостатньою активацією металу при контактному навантаженні 450 МПа, тоді як при  $\sigma_{\max} = 570$  МПа спостерігається синергізм двох чинників: пластифікації поверхонь тертя та адаптації граничних шарів металу. Отже, припрацювання поверхонь відбувається до 360 циклів, далі можемо стверджувати, що встановилася рівноважна шорсткість поверхонь.

**Висновки.** Дослідження зміни мікротвердості поверхневого шару випереджаючого і відстаючого зразків в умовах динамічного навантаження дозволило встановити вплив зміни цього параметра на величину зносу. Встановлено вплив негідродинамічних граничних плівок на мікротвердість поверхневих шарів металу.

## Література

1. Рамайя К.С. Присадки для увеличения маслянистости и увеличения прочности масляной пленки. Сб. «Присадки к смазочным маслам». М., ГНТИ, 1946, с. 56-74.
2. Великанов Д.П. Эксплуатационные качества автомобилей. Автотрансиздат, 1962, 74 с.,
3. Павловский Я.И. Автобус будущего. Сб. статей НИИАТ «Автомобильный транспорт за рубежом», вып.1, Автотрансиздат, 1963, с. 42-48.
4. Нисневич А.И., Высоцкий Д.И. Атомная энергия. 6, №3. 351, 1968, с. 41-48.
5. Старосельский А.А., Гаркунов Д.Н. Долговечность трущихся деталей машин. М., «Машиностроение», 1967, 394 с.

УДК. 621.9.04, 621.43.038.

## ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ БОРУВАННЯМ З ЗАСТОСУВАННЯМ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Доктор технічних наук Дмитриченко М.Ф.,  
кандидат технічних наук Ткачук В.М.,  
Сопощко Ю.О.

*Досліджено відновлення деталей автотракторної техніки дифузійним насиченням в магнітному полі бором, міддю та іншими елементами, процес дозволяє збільшити зовнішній діаметр деталі на 100-150 мкм, за 1,5...2 год. Перспективним для відновлення деталей із зносом 100-150 мкм та більше, є комплексне дифузійне насичення поверхні металу бором, міддю та іншими елементами, що дозволить проектувати властивості дифузійного шару в залежності від величини зносу та характерних умов експлуатації.*

*Investigational proceeding in the details of motor and traktor technique by a diffusive satiation in the magnetic field by the coniferous forest, copper and other elements, a process allows to increase the external diameter of detail on 100-150 micrometers, for 1.5...2 hours. Perspective for proceeding in details with tearing down of 100-150 micrometers and anymore, there is a complex diffusive satiation of surface of metal by the coniferous forest, copper and other elements, that will allow to design properties of diffusive layer depending on the size of tearing down and characteristic external environments.*

**Формулювання проблеми.** Відновлення деталей автотракторної техніки являється актуальною задачею. Так гідравлічні насоси втрачають свою продуктивність при зносі робочих поверхонь плунжерів по діаметру на 10-20 мкм. Практично деталі бракують при втраті 1-2% їх маси. Ця проблема може бути вирішена застосуванням дифузійних способів відновлення деталей.

**Аналіз останніх досліджень та постановка завдання.** Відомі способи відновлення плунжерів насосів хромуванням, електроіскровим легуванням, не достатньо надійно забезпечують необхідну якість поверхні. В процесі експлуатації відбувається відшарування нанесеного покриття. Відновлення плунжерів пластичною деформацією не забезпечує відновлення в номінальний розмір, втрачається взаємозамінність плунжерів і втулок насосів.