

## PROBLEM TESTÓW PORÓWNAWCZYCH WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWZUŻYCIOWYCH OLEI SZTUCZNYCH

W artykule omawiany jest problem poprawności oceny cech ruchu wirowego plastycznych smarów metodą laboratoryjnych badań wirowych.

*Słowa kluczowe:* badania wirowe, zużycie, powierzchnia tarcia, plastyczny smar, właściwości przeciwzużyciowe, węzły wirowe, maszyna tarcia.

## PROBLEM OF COMPARATIVE TESTS ANTIWEAR PROPERTIES OF PLASTIC OILS

Autoframe in a scientific article is addressed the problem of evaluating the correctness tribecharacteristics of plastic oil materials by laboratory tribetests

*Keywords:* tribetests, wear, friction of surfaces, plastic oil material (OM ), anti-wear properties tribenodes, car friction.

## ПРОБЛЕМА ПОРІВНЯЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ ПРОТИЗНОСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛАСТИЧНИХ МАСЕЛ

Авторам в науковій статті розглядається проблема коректності оцінювання трибохарактеристик пластичних мастильних матеріалів шляхом лабораторних трибовипробувань.

*Ключові слова:* трибовипробування, знос, поверхні тертя, пластичний мастильний матеріал (ММ), протиносні властивості, трибовузли, машина тертя.

*Постановка проблеми.* Пластичні мастильні матеріали (мастила) являють собою напівтвердий чи твердий продукт, що складається з суміші мінерального і синтетичного масел, загущувача (тверді вуглеводні, різноманітні солі жирних кислот і ін.), присадок і наповнювачів (графіт, дисульфід молибдена і ін.). Згущувачі утворюють трьохмірний структурний каркас, в комірках якого утримується масло. При невеликих навантаженнях до певної температури пластичні ММ ведуть себе як тверді (не розтікаються, добре утримуються на різного роду поверхнях). При навантаженнях, що перевищують міцність структурного каркаса, вони набувають текучості подібно до масел. Такі фізичні властивості мастил затруднюють проведення коректних досліджень



**S. Szymczuk**  
doktor nauk technicznych  
docent katedry maszyn przemysłu  
lekkiego  
Narodowego uniwersytetu  
technicznego  
w Łucku



**N. Zajczuk**  
docent katedry materiałoznawstwa  
oraz plastycznego formowania  
konstrukcji inżynierii maszynowej  
Narodowego Uniwersytetu  
technicznego  
w Łucku



**O. Mykytiuk**  
czołowy fachowiec docent katedry  
maszyn przemysłu lekkiego  
Narodowego uniwersytetu  
technicznego w Łucku

протизносних та антифрикційних властивостей та, як наслідок їх порівняльної оцінки для правильного підбору у вузли тертя реальних машин чи підбору масла-аналога.

**Мета дослідження.** На основі проведення порівняльних трибовипробувань досліджуваних зразків пластичних мастильних матеріалів оцінити їх протизносні властивості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні єдиним стандартним методом трибовипробувань мастильних матеріалів є метод випробування на чотирьохкульковій машині тертя ЧМТ-1 згідно ГОСТ 9490 і спеціальна методика випробувань, але вони мають ряд недоліків. При таких умовах випробувань реалізується точковий контакт при однонаправленому терті ковзання. Дослідження триботехнічних властивостей на чотирьохкульковій машині тертя виконуються шляхом визначення протизносних та протизадирних властивостей. Критеріями оцінки мастильних середовищ вибрані критичні навантаження, при яких відбувається схоплювання та зношування поверхонь, яке відповідає середньому арифметичному результату шести замірів слідів зносу на трьох нерухомих кулях. Проте цей метод має ряд суттєвих недоліків:

- модельна трибопара (кульки, які використовуються при терті) є стандартизована, що ускладнює дослідження трибохарактеристик широкого спектру конструкційних матеріалів;
- складність забезпечення постійної макрогеометрії куль впливає на стабільність початкових умов випробувань та відтворюваність результатів.

Традиційно, найбільш поширеним контактом у техніці вважається лінійний. Тому використання його у випробувальних машинах тертя є науково та практично обгрунтовано. Крім цього саме при лінійному контакті можна моделювати деякі з реальних умов (зокрема тертя циліндричних деталей з радіальними та осьовими відхиленнями в режимі граничного тертя [1, 2]).

**Виклад основних положень.** Для проведення порівняльних трибовипробувань нами було вибрано термостійкі пластичні масла ( $t_{\max} = 90-110$  °C) деяких вітчизняних та зарубіжних виробників (для запобігання антиреклами в статті вказується не марка матеріала, а його порядковий номер під час випробувань), що актуально, наприклад, для підбору більш дешевого аналога з близькими експлуатаційними властивостями в натурний вузол тертя.

Протизносні властивості взятих проб мастил визначалися на машині тертя ПТЛК(рв) при швидкості ковзання 0,3 м/с та мінімальних радіальних відхиленнях контактуючої поверхні контрзразка по методиці розробленій для випробування пластичних мастильних матеріалів [3]. Це чотирьохетапна методика випробувань, що враховує напрацювання вторинних структур. В якості пари тертя використано модельну пару, в якій зразок та контрзразок виготовлені зі сталі ШХ15 гартованої до твердості 62..64 HRC. Робочі поверхні зразка та контрзразка доведено алмазними пастами до шорсткості не більше 0,02 мкм з перехресним розміщенням рисок мікрорельєфу (рис. 1, а), що контролювалось на лазерному мікроскопі-профілометрі ЛМП (рис. 1, б) [4]. Перші три етапи, за кожен з яких контрзразок проходить 500 м шляху, призначені для напрацювання стабільних вторинних структур (ВС). Четвертий, більш тривалий (3000 м шляху) призначений для детального дослідження протизносних властивостей досліджуваних мастил з урахуванням напрацьованих ВС. Температура навколишнього середовища становила  $T=20$ °C. Для усунення проблеми «вилітання» мастила з ємності для випробувань при обертанні контрзразка було розроблено та апробовано спеціальне пристосування.

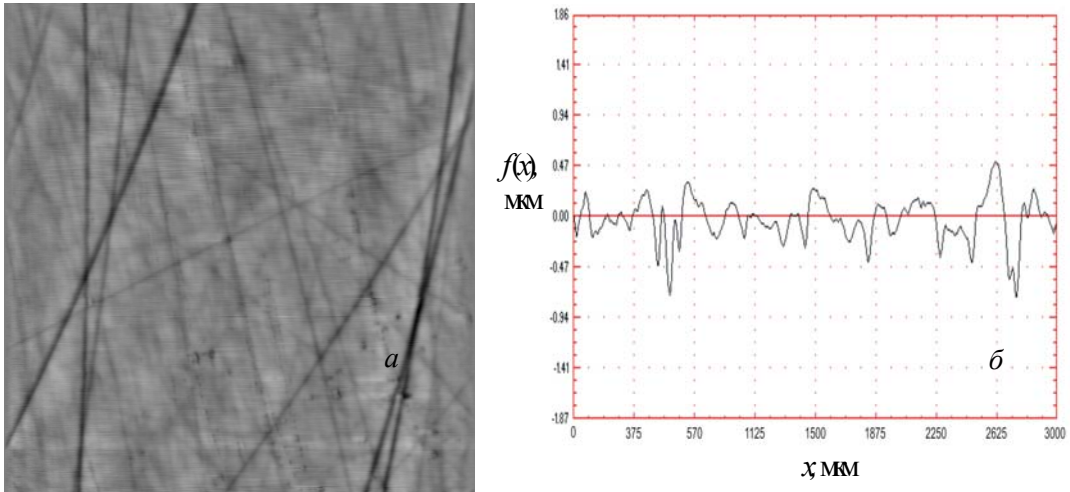


Рис. 1. Загальний вигляд поверхні тертя *а*) та її профілограма *б*)

За критерій зносу було прийнято об'ємний знос поверхні зразка. Величини зносу контролювались на лазерному мікроскопі-профілометрі ЛМП. Загальний вигляд об'ємного зносу приведено на рис. 2.

Осьове контактне навантаження становило 1100 Н та визначалось згідно рекомендацій Герца[5]:

$$\sigma_{\max}^H = 610 \sqrt{\frac{P}{L_p r}},$$

де  $P$  – осьове навантаження, Н;

$L_p$  – ширина контрзразка, мм;

$r$  – радіус контрзразка, мм.

Стабільність умов випробувань у часі забезпечувалось машиною тертя. Величини зносу на кожному з етапів випробувань для досліджуваних зразків мастил приведено в таблиці 1, а значення об'ємної температури – в таблиці 2. Об'ємна температура досліджуваних мастил визначались методом термопар

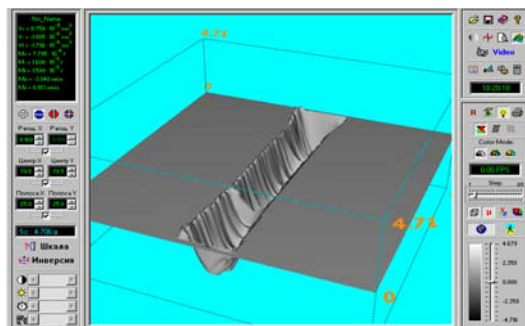


Рис. 1. Загальний вигляд зношеної поверхні

Таблиця 1.

**Величини середнього зносу для кожного з досліджуваних зразків мастил**

Номер досліджуваного зразка мастила	Знос I, од <sup>3</sup>				Сумарний знос
	на припрацьовочних етапах			у часі	
	1	2	3	5	
№ 1	1,2	1,2	1,6	4,3	8,3
№ 2	1	1	0,7	2,5	5,2
№ 3	2,7	3,4	2	11,3	19,4
№ 4	2,8	2,6	2	8	15,4
№ 5	3	2,3	1,8	6,6	13,7
№ 6	0,5	0,53	0,6	8,5	10,13
№ 7	0,37	0,75	1,73	9	11,85
№ 8	0,9	1,6	2,9	12	17,4
№ 9	2,7	1,83	2,5	4,7	11,73

Як видно з результатів дослідження практично всі випробовувані зразки мастил є подібні по протизносних властивостях на припрацьовочних етапах. Комплексна оцінка експлуатаційних властивостей показує, що за результатами зносу поверхонь зразки № 3, № 4, № 5 та № 8 поводять себе суттєво гірше порівняно з іншими зразками. Це спостерігається і за отриманими результатами об'ємної температури досліджуваних середовищ (табл. 2). Чітко видно, що досліджувані властивості зразків № 1 та № 2 є суттєво кращими порівняно з іншими зразками як за критерієм оцінювання середнього зносу так і за критерієм об'ємної температури.

Таблиця 2.

**Об'ємна температура досліджуваних мастил**

Досліджуване середовище	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
Значення об'ємної температури t, °C	92	92	95	94	94	93	93	94	93

**Висновки**

1. Аналіз методів дослідження протизносних властивостей мастильних матеріалів показує, що вони мають ряд суттєвих недоліків, особливо в контексті проблеми оцінювання трибологічних властивостей пластичних масел.

2. Показано, що шляхом лабораторних трибовипробувань можна порівнювати протизносні властивості вибраних зразків пластичних мастильних матеріалів та підбирати оптимальний варіант для змащування трибовузлів конкретної машини.

3. Показано, що за результатами проведених трибодосліджень властивості зразків № 1 та № 2 є суттєво кращими порівняно з іншими зразками за протизносними властивостями.

### Література:

1. Костюнік Р.Є. Вплив сталості лінійного контакту трибосистеми ковзання на її характеристики // Вісник НАУ. – 2004. – №3. – С. 23 - 25.
2. Шимчук С.П. Вплив радіальних відхилень розмірів валу на зносостійкість трибосистеми ковзання// Наукові нотатки. – Луцьк: 2004. – с. 315 - 320.
3. Шимчук С.П. Методика лабораторних випробувань пластичних мастильних матеріалів // Сільськогосподарські машини: Зб. наук ст. – Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ. – 2012. – №23. – С. 176-179.
4. Патент 217 9328 С1 РФ, МКИ 7G02 В21/00, G01 В11/30. Способ дифференциально-фазовой профилометрии и/или профилометрии и устройство для его реализации / С.Н. Кияшко (РФ), Е.Н. Смирнов, Л.Н. Ильченко, С.А. Коленов, А.У. Стельмах (Украина) – №2001116525/28; Заявлено 19.06.01; Опубл. 10.02.02, Бюл. №4. – С. 15.
5. Hertz Н., Collected works, 1881.

## PROBLEM OF COMPARATIVE TESTS ANTIWEAR PROPERTIES OF PLASTIC OILS

S. Szymczuk, N. Zajczuk, O. Mykytiuk

**Statement of the problem** . Plastic oil materials are semi-solid or solid product, which consisting of a mixture of mineral and synthetic oils, thickener (solid hydrocarbons, various salts of fatty acids, etc.), additives and fillers (graphite, molybdenum, disulfide, etc.).

Thickeners form a three-dimensional structural framework, in cells which is oil. With small loads to a certain temperature plastic OM behave as a solid (not conveyed, well kept on various surfaces).

For loads that exceed the structural strength of the frame, they shall flow like oil. These physical properties of oil impede the correct research anti-wear and anti-friction properties and as a result of their comparative evaluation for the proper selection into the nodes of friction real machines or analog - selection of oils.

**The purpose of the study.** Based on a comparative tribetests samples of plastic lubricants to evaluate their anti-wear properties.

**Analysis of recent research and publications.** Currently the only standard method tribetests oil materials is method tested on fourbullet machine of friction CHMT -1 according to GOST 9490 and a special test of procedure, but they have several disadvantages. During these conditions of tests implemented a contact point for unidirectional sliding friction.

Research tribetechnical properties on fourbullet machine of friction performed by determining anti-wear and extreme pressure properties. The criteria of evaluation oil environment are selected critical loads at which there is seizure and wear surfaces, which corresponds to the arithmetic mean of the results of six measurements of traces of wear on the three fixed balls. However, this method has several significant drawbacks:

- Model tribecouple (balls used in friction) is a standardized, making it difficult to study tribecharacteristics wide range of construction materials;
- The complexity of constant macrogeometry balls affects for the stability of the initial test of conditions and reproducibility of results.

Traditionally, the most common contact in technology is linear. Therefore, its using in friction testing machine is scientifically and practically grounded. In addition, it is in linear contact

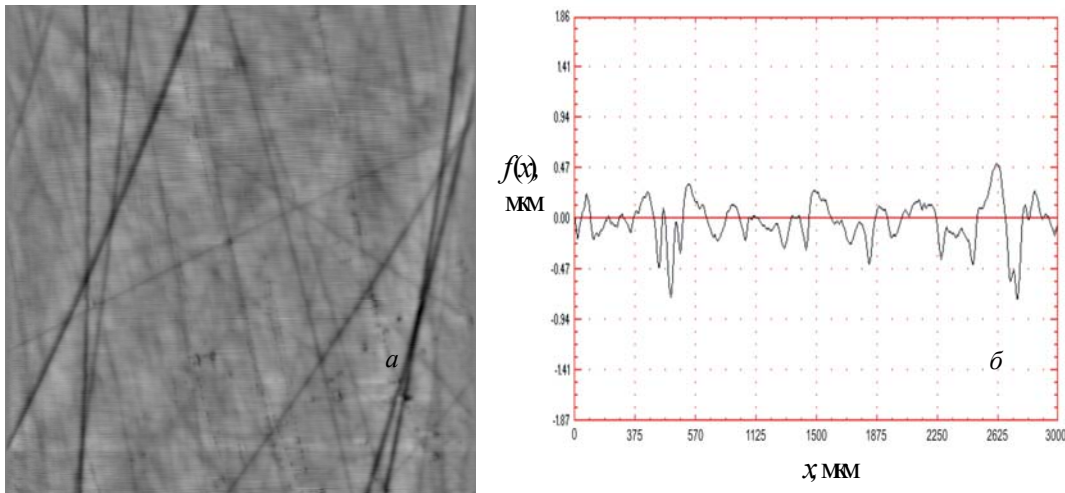
can simulate some real conditions ( friction of cylindrical parts with radial and axial deflection when is limit of friction [1, 2]).

**Summary of the main provisions.** For the comparative tribetests we have selected resistant plastic oils (tmax = 90-110 0C ), some domestic and foreign producers (to prevent anti-advertising in the article is reported as grade material , and its serial number during the test ) , which is important , for selection cheaper counterpart with similar performance properties in the natural node of friction.

Anti-wear properties were taken samples of oils identified on the friction machine PTLK with sliding speed of 0.3 m / s and minimum radial deviations contrmodel contacting surface on the method developed for testing plastic oil materials [3]. This is fourperiods method of test , taking into account developments of secondary structures.

As the couple of friction was used model couple in which the sample and contrsample SHH15 were made of steel tempered to a hardness of 62 .. 64 HRC. The working surface of the sample and contrsample provened by diamond paste to a roughness less than 0.02 microns with cross deployment lines of microrelief ( Fig. 1 a ), which was monitored on a laser microscope , profilometer LMP (Fig. 1b) [4].

The first three stages, each of which contrsample pass 500 m of way intended for working stable secondary structures ( BC) . Fourth period is longer (3000 m of way ) is used for detailed study anti-wear properties of the oils based on elaborated BC . The temperature of environment was T = 20oC . For the removing the problem of " flying objects " oil from the container for testing rotating contrsample was developed and tested special device .



**Figure . 1.** General view of the friction surface a) and its profilohrama b)

According to the criterion of depreciation was taken volumetric wear of the sample surface. Amount of wear controlled on the laser microscope , profilometer LMP . General view of the volume of wear is shown in Fig. 2.

Contact axial load was 1100 N and was determined according to the recommendations of Hertz [5 ]:

$$\sigma_{\max}^H = 610 \sqrt{\frac{P}{L_p r}}$$

where P - axial load , N;

Lr - wide of contrsample , mm;

r - radius of contrsample, mm .

Stability conditions test of provided in time by the machine friction. Amount of wear at each stage of testing for oil samples are given in Table 1 , and the value of bulk temperature - in Table 2. Bulk temperature of the studied oils were determined by thermocouples

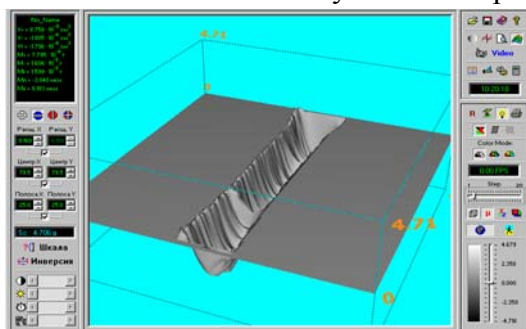


Figure . 1. General view of the worn surface

Table 1 .

**The values of the average depreciation for each of the samples of oils**

Number of research sample of oil	wear I, $\mu^3$				Total wear
	in the working period			In time	
	1	2	3	5	
№ 1	1,2	1,2	1,6	4,3	8,3
№ 2	1	1	0,7	2,5	5,2
№ 3	2,7	3,4	2	11,3	19,4
№ 4	2,8	2,6	2	8	15,4
№ 5	3	2,3	1,8	6,6	13,7
№ 6	0,5	0,53	0,6	8,5	10,13
№ 7	0,37	0,75	1,73	9	11,85
№ 8	0,9	1,6	2,9	12	17,4
№ 9	2,7	1,83	2,5	4,7	11,73

As the survey results almost all tested samples of oils are similar to anti-wear properties to working stages. Comprehensive assessment of performance properties shows that the results of wear surfaces of samples № 3, № 4, № 5 and № 8 behave significantly worse than other models. It is observed from the results of bulk temperature studied environments (Table 2). Clearly shows that the investigated properties of samples number 1 and number 2 is significantly better than other models as the criterion for evaluating the average wear and the criterion bulk temperature .

**Table 2.**

**Bulk temperature of the studied oils**

Research enviroment	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
Meaning of bulk temperature	92	92	95	94	94	93	93	94	93
$t, ^\circ\text{C}$									

## **Conclusions**

1. Analysis of methods anti-wear properties of oil materials shows that they have some significant shortcomings , particularly in the context of evaluation of tribological properties of plastics oils.
2. It is shown that by laboratory tribetests can comparable anti-wear properties of selected samples of plastic oil materials and select the best option for lubricating tribenodes for the machine.
3. It is shown that the results of the triberesearch properties of samples number 1 and number 2 is significantly better than other models for anti-wear properties.