

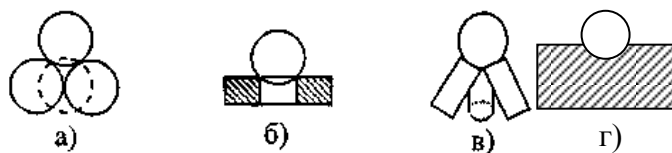
# ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПММ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЗНОСУ ПАР ТЕРТЯ В СЕРЕДОВИЩІ БІОПАЛИВА

к.т.н., доцент Журавель Д.П.

Таврійський державний агротехнологічний університет  
(72312, Мелітополь, пр. Б.Хмельницького, 18, каф. «Гідравліка і теплотехніка»  
Тел. (0619) 42-25-85),

Для виміру зносу трибоспряжень існує багато методів, найбільшого поширення з яких набув оптичний метод. У цьому методі застосовується збільшувач оптичний пристрій та лінійка. Велика похибка існуючих методів має суттєвий вплив на результати виміру і тому назріла необхідність розробки нового, більш точного методу [1-3]. Пропонується, у процесі проведення дослідів матеріалів на знос, для виміру геометричних розмірів лунк використовання електротехнічного методу вимірювання, що дозволить збільшити точність результатів вимірювання, зменшити похибку оператора, та прискорити процесу виміру.

Дослідження триботехнічних властивостей олії проводилась за допомогою дослідної машини типу МАСТ-1. В основі методу є зовнішній нагрів зразків при наявності олії на поверхні тертя, постійне контактне навантаження та постійна низька швидкість ковзання [2]. Дослід проводиться за декількома схемами (рисунок 1) [3]. Розглянемо схему дослідження кулька – металічний брусок (рисунок 1 г). Кулька закріплюється у шпіндель, що обертається. Зразок закріплюють в оправу, що розташована в чашці з олією, яке досліджується. Далі проводиться зіткнення зразків під навантаженням та обертання кульки. Вихідними параметрами для аналізу властивостей олії є трібограма з зареєстрованій на ній зміною моменту тертя та геометричні параметри лунки ( $D, h$ ), що утворилася в процесі тертя на поверхні циліндричної колодки. Дослід проводиться декілька разів. Після кожного з них робиться вимір вихідних параметрів та їх реєстрація.



- а) кулька, що обертається - три кульки;
- б) кулька, що обертається - зразок у вигляді кільця;
- в) кулька, що обертається - ролики;
- г) кулька, що обертається – циліндрична колодка.

Рисунок 1 – Схеми дослідження пар тертя

Після проведення досліду необхідно проаналізувати отримані результати, головними з яких є трібограма та геометричні параметри лунки, що утворилася в процесі тертя двох зразків. Але якщо аналіз трібограми не викликає суттєвих ускладнень, то вимір геометричних параметрів лунки потребує великої точності. Геометричними параметрами лунки є її радіус та глибина. Ці параметри вимірюються великими, дорогими, багатофункційними приладами. Це обладнання

використовується в сучасних дослідних лабораторіях, де досліди проводяться постійно. Для одиничних лабораторних досліджень немає сенсу купувати таке дороге обладнання. Тому в таких дослідах глибину лунки розраховують аналітичним способом. Та при аналітичному розрахунку не враховуються особливості форми лунки, що приводить до похибок. Або її глибина не враховується зовсім, що також приводить до похибки. При цьому міряють лише радіус лунки оптичним пристроєм – мікрометром. Тому виникла необхідність розробки методу виміру глибини лунки для виключення похибки з кінцевого результату.

Після аналізу існуючих пристроїв виміру геометричних параметрів було вирішено запропонувати новий метод виміру і розробити пристрій, що буде контролювати знос пар тертя при триботехнічних дослідженнях. В основу методу покладено явище накоплення зарядів в електростатичному полі. Тобто маємо своєрідний конденсатор.

Величинами, що впливають на ємність конденсатора можуть бути механічне переміщення, що змінює проміжок  $D$  або площа  $S$ , температура та склад діелектрика, що впливають на діелектричну проникність  $\epsilon$  речовини. В нашому випадку змінюватись буде зазор або склад діелектрика.

В результаті проведення дослідів ми отримуємо наступний зразок:

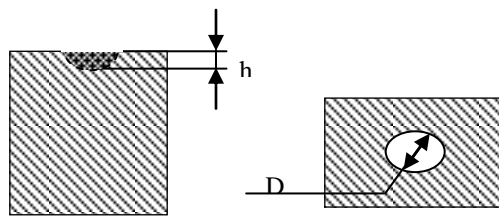
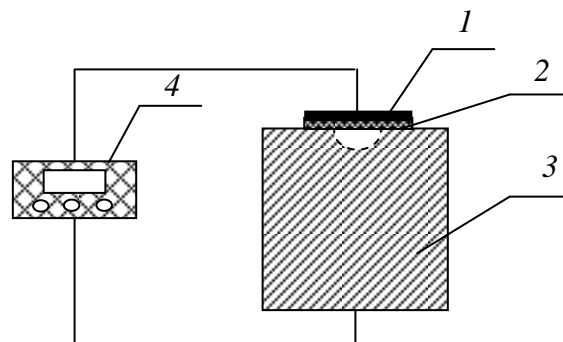


Рисунок 2 – Схематичне зображення зразка після проведення дослідів.

Якщо зверху до зразка прикласти металеву пластину, а між ними прошарок діелектрика, отримаємо конденсатор (Рис. 3). Ємність цього конденсатора буде залежати від параметрів лунки, тобто змінюватись при зміні цих параметрів.



1) металеві пластини; 2) діелектрик; 3) зразок; 4) вимірювач ємності.

Рисунок 3 – Схематичний вид методу.

Процес виміру проходить наступним чином: зразок, лунка якого буде вимірюватись, закріплюється в затискач. При цьому він ізолюється від нього гумовими прокладками. Після того, як встановили зразок, зверху на лунку ми

встановлюємо прошарок діелектрика з кераміки товщиною 30 мкм з геометричними параметрами 20x20 мм, таким чином, щоб він повністю перекривав лунку. Попередньо до цього, до діелектрика приєднується пластинка з фольги. Вона відіграє роль обкладки конденсатора, що утвориться при цьому. Закріплення обкладки, утвореної з фольги та мусковіту, виконуємо за допомогою зажиму з діелектричного матеріалу. До контактів, що приєднані до обкладок отриманого конденсатора, підключаємо пристрій, що вимірює ємність. При цьому пристрій попередньо відтарировуємо на вимір лінійних параметрів лунки.

В процесі досліду на циліндричній колодці утворюється лунка глибина якої залежить від швидкості, з якою оберталась кулька, часу досліду та матеріалу зразків. При зміні глибини лунки буде відповідно змінюватись ємність конденсатора, що був утворений. Глибина ( $h$ ) лунки буде обмежуватись умовою:

$$h \leq R_{\text{кульки}}, \quad (1)$$

де  $h$  – глибина лунки, м;

$R$  – радіус кульки, що обертається, м, тобто це буде максимальним її значенням.

Для того щоб переконатися чи буде змінюватись ємність при зміні параметрів лунки, зробимо аналітичний розрахунок. Початковими умовами будуть: зразок з лункою, обкладка, діелектрик з паперу що просочений парафіном. Задамося довільними значеннями радіусу лунки з виконанням умови (1). Тобто він буде змінюватись від 0 до 0,005 м. Проведемо розрахунок для максимального значення радіусу  $r = 0,005$  м.

Ємність плоско-паралельного конденсатора дорівнює:

$$\tilde{N} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}, \quad (2)$$

де  $\varepsilon$  - діелектрична проникність середовища, Ф/м;

$\varepsilon_0$  - відносна діелектрична проникність,  $\varepsilon_0 = 8,87 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;

$d$  – товщина діелектрика, м;

$S$  – площа обкладок конденсатора, м<sup>2</sup>.

Так як у кожному випадку мають місце одночасно два різних діелектрика з різною формою, можна представити їх як два послідовно з'єднаних конденсатора. Ємність послідовно з'єднаних конденсаторів розраховується за формулою:

$$C_1 + C_2 = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}, \quad (3)$$

де  $C_1$  – ємність першого конденсатора, Ф;

$C_2$  – ємність другого конденсатора, Ф.

Ємність першого конденсатора, що має плоско-паралельну форму розраховуємо за формулою (2). Ємність другого конденсатора розраховується за формулою:

$$C_2 = \frac{\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot r^4}{8 \cdot h^2}, \quad (4)$$

де  $\varepsilon$  - діелектрична проникність середовища, Ф/м;

$r$  – радіус лунки, м;

$h$  – глибина лунки, м.

Підставивши у формулу (3) значення ємностей (2) та (4), отримаємо:

$$C = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot S \cdot \pi \cdot \varepsilon_2 \cdot r^4}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot S \cdot 8 \cdot h^2 + \pi \cdot \varepsilon_2 \cdot r^4 \cdot d}, \quad (5)$$

де  $\varepsilon_1$  – діелектрична проникність парафінованого паперу,  $\varepsilon_1 = 2,2$  Ф/м;

$\varepsilon_0$  – відносна діелектрична проникність,  $\varepsilon_0 = 8,87 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;

$S$  – площа обкладок конденсатора, м<sup>2</sup>;

$\varepsilon_2$  – діелектрична проникність повітря,  $\varepsilon_2 = 1$  Ф/м;

$r$  – радіус лунки, що вимірюється,  $r = 0,005$  м;

$h$  – глибина лунки, що вимірюється, м;

$d$  – товщина слою парафінованого паперу,  $d = 30$  мкм.

Глибина лунки  $h$  знаходиться за формулою :

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}, \quad (6)$$

де  $D$  – діаметр кульки, м;

$d$  – діаметр лунки, м.

$$h = \frac{0,01 - \sqrt{0,01^2 - 0,01^2}}{2} = 0,005 \text{ м},$$

Підставивши у формулу (5), отримаємо:

$$C = \frac{2,2 \cdot 8,87 \cdot 10^{-12} \cdot 0,0004 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 0,005^4}{2,2 \cdot 8,87 \cdot 10^{-12} \cdot 0,0004 \cdot 8 \cdot 0,005^2 + 3,14 \cdot 1 \cdot 0,005^4 \cdot 30 \cdot 10^{-6}} = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ Ф},$$

Розрахунок ємності для інших значень зводимо до таблиці 1.

Таблиця 1 – Розрахунок ємності при зміні параметрів лунки

Радіус лунки $r$ , м	Глибина лунки $h$ , м	Ємність $C$ , Ф
0,0005	0,000025	$125 \cdot 10^{-10}$
0,001	0,0001	$110,2 \cdot 10^{-10}$
0,0015	0,00022	$92,3 \cdot 10^{-10}$
0,002	0,0004	$76,3 \cdot 10^{-10}$
0,0025	0,00066	$64,3 \cdot 10^{-10}$
0,003	0,001	$50,1 \cdot 10^{-10}$
0,0035	0,0014	$40,2 \cdot 10^{-10}$
0,004	0,002	$28,8 \cdot 10^{-10}$
0,0045	0,0028	$12 \cdot 10^{-10}$
0,005	0,005	$2,5 \cdot 10^{-10}$

Будуємо графік залежності ємності від глибини лунки.

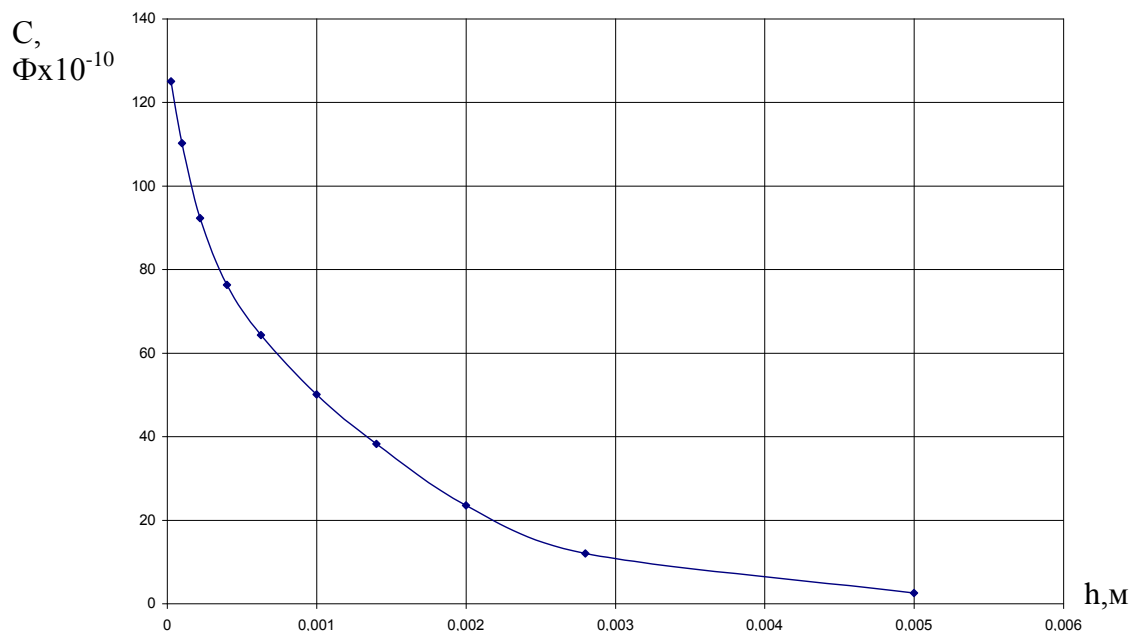


Рисунок 4 – Графік залежності ємності від глибини лунки

**Висновки.** Впровадження даного методу у дослідний процес дозволить збільшити точність вимірювань геометричних параметрів, що буде суттєво впливати на результати досліджень. Прискорення процесу виміру дозволить заощадити час і використати його на проведення інших операцій, пов'язаних з дослідом. Пристрій на основі запропонованого методу буде мати невелику вартість і його можна буде зібрати самотужки, маючи необхідні матеріали. Також після розрахунків та побудови залежності ми бачимо, що ємність змінюється при зміні параметрів лунки, тобто цей метод виміру має місце і потребує подальшого вивчення.

### Література

1. Гаркунов Д. Н. Триботехника/ Д. Н. Гаркунов – Москва.: Машиностроение. 1985. – 424с., ил.
2. *Интернет ресурс*, Russian Hamradio, радіотехнічний сервер республіки Комі [Електро нний ресурс].:- Режим доступу: <http://qrx.narod.ru/hams/tel kl.htm>
3. Аксенов А. Ф. Трение и изнашивание металлов в углеводородных жидкостях / А.Ф. Аксенов - Москва.: Машиностроение. 1977. - 154с.