

ЗНОС МАТЕРІАЛІВ В СЕРЕДОВИЩІ БІОПАЛИВА

Журавель Д.П., к.т.н.

Юдовінський В.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. 42-13-54

Анотація – робота присвячена встановленню впливу біопалива на знос матеріалів трибоспряджень.

Ключові слова – наводнення, об'ємний знос, коефіцієнт зносу, інтенсивність зношування.

Постановка проблеми. Перехід мобільної техніки на біопаливо, основу якого становлять метаноли, потребує ретельного підходу до підбору матеріалів паливних та інших систем двигунів мобільної техніки.

Істотну роль у напрямі хімічних перетворень, а також в утворенні продуктів цих перетворень при терті грають різні домішки, що є акцепторами вільних радикалів, наприклад меркаптани. Різні види меркаптанів містяться в нафті і продуктах її переробки, зокрема паливах і змащувальних маслах, а також в інших органічних маслах і отриманих на їх основі біопалив.

Поведінка металів в середовищі біопалива вивчена в недостатній мірі.

Аналіз останніх досліджень. У роботі [1] наведено вплив меркаптанів на протизносні властивості палив для двигунів і встановлено, що повна відсутність меркаптанів в паливах, отриманих гідроочищенням, погіршує протизносні властивості палив і призводить до таких неприємних наслідків, як заїдання плунжерів в паливних насосах.

Будь-які палива на основі вуглеводнів містять різні види меркаптанів, зокрема – бензилмеркаптан, оптимальний вміст якого в паливі – 0,005%. Підвищення концентрації меркаптанів в паливі погіршує протизносні властивості матеріалів деталей паливних насосів. Це пояснюється двома причинами:

1. розвитком в зоні тертя корозійних процесів, сприяючих підвищенню зносу вже при порівняно невисоких температурах;
2. пониженням міцності поверхневих шарів металу при збільшенні на його поверхні кількості адсорбованих молекул меркаптану.

Разом з позитивними якостями меркаптани володіють недолі-

ком, оскільки викликають підвищену корозію деталей паливних насосів, що містять мідь.

Погіршення протизносних властивостей із збільшенням вмісту меркаптану пов'язане не тільки з перерахованими причинами, а також з тим, що меркаптани при розкладанні виділяють вільний водень. При невеликому вмісті меркаптанів водень витрачається на відновлення оксидів і інших продуктів корозії, присутніх на поверхнях тертя, а при підвищеному вмісті, водень взаємодіючи із сталевим контртілом, сприяє розвитку водневого зносу.

Водневе зношування, як один з процесів руйнування поверхонь при терті ковзання, встановлене всього лише 15 ... 20 років тому А. А. Поляковим і Гаркуновим, проте з цього питання вже опубліковано декілька книг [2, 3] і більше 100 журнальних статей. За кордоном явище водневого зношування при терті ковзання знаходиться в початковій стадії вивчення.

З усіх видів руйнування поверхонь, при терті ковзання, водневе зношування найважче піддається вивченню, не дивлячись на те, що воно виявляється у вузлах тертя машин різних галузей техніки і по широті прояву може бути порівнянне з абразивним зношуванням.

Область прояву водневого зношування не обмежена. Практично всі поверхні сталевих і чавунних деталей, що труться, містять підвищену кількість водню а, отже, схильні до підвищеного зношування. Наявність в повітрі парів води створює сприятливі умови для водневого зношування, не говорячи вже про розкладання в зоні контакту змащувального матеріалу або палива.

Водень, що проникає в сталь, при терті поступово дифундуватиме в поверхню і викликати її зношування.

Тільки останніми роками теоретично А.С.Кудінов, а потім експериментально В. Я. Матюшенко і Г. П. Шпеньков [4] встановили, що при важких режимах тертя максимальна температура утворюється не на поверхні, а на деякій глибині. Це створює умови, при яких водень, якщо він буде адсорбований на поверхні деталі, під дією температурного градієнта дифундує в глиб поверхні, там концентрується і викликає зкрихчування поверхневих шарів, а отже, підсилює зношування.

Останнім етапом водневого зношування є своєрідне руйнування сталеві поверхні. Під нею одночасно утворюються численні тріщини, які, зливаючись, можуть миттєво перетворити поверхневі шари деталей в порошок.

Формулювання цілей статті. Метою статті є встановлення впливу біопалива на знос матеріалів.

Основна частина. Випробування на знос різних матеріалів проводились на машині тертя по схемі ролик- колодка. (Рис.1).

Ролик був виготовлений із сталі ШХ15 з твердістю поверхні 60-62 HRC.

Випробуванням піддавалися матеріали: бронза Бр ОЦС 5-5-5, Сталь ШХ15, сірий чавун СЧ20, Сталь 45 термічно оброблена, алюміній А0.

Характеристика матеріалів представлена в таблиці 1.



Рисунок 1 – Загальний вигляд машини тертя.

Таблиця 1 – Характеристика матеріалів колодок, що піддавались випробуванням.

Матеріал	Хімічний склад %								Твердість, HRC
	C	Si	Mn	Cr	P	S	Ni	Cu	
ШХ15	0,95-1,05	0,17-0,37	0,20-0,40	1,30-1,65	0,027	0,02	0,30	0,25	64,0
Сталь 45	0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	-	0,035	0,04	-	-	58,0
Чавун СЧ20	3,0-3,3	1,3-1,7	0,8-1,2	0,3	0,3	0,15	0,5	-	18,0
	Хімічний склад %								
	Pb	Zn	Sn	Ti	Cu	Al	Si	Fe	
Бронза Бр ОЦС-5-5-5	4,0-6,0	4,0-6,0	4,0-6,0	-	останнє				6,0
Алюміній А0		0,08	-	0,03	0,02	99,0	0,50	0,50	3,0

Колодка – зразок квадратного перетину навантажувався силою $P=613,5 \text{ Н}$.

Ролик – виготовлений із сталі ШХ15 діаметром 30мм. Відносна швидкість ковзання зразків $V=71,25$ м/хв.

Сили тертя в зоні контакту визначалися по споживаній потужності електродвигуна, з попередньою тарировкою мікроамперметра.

Виміри зносу і сил тертя проводилися через кожних 70 м шляху тертя (1 хвилина). Замірялася ширина лунки зразка (колодки) з подальшим перерахунком на об'єм зношеного матеріалу, інтенсивність зношування і коефіцієнт зносу. Дані експериментів зведені в таблицю 2.

Таблиця 2 – Експериментальні дані зносу матеріалів в середовищі біопалива.

Матеріал	h, мм	Шлях тертя, м													
		75м		150м		220м		290м		360м		430м		500м	
		I, A	B	I, A	B	I, A	B	I, A	B	I, A	B	I, A	B	I, A	B
Бр ОЦС 5-5-5	7,8	2,5	2	2,6	2,4	2,8	2,6	2,0	2,7	1,5	2,7	1,7	2,7	1,7	2,8
ШХ15	9,6	1,5	0,3	2	0,4	2	0,5	1,5	0,6	1,5	0,6	2	0,6	2	0,65
СЧ20	6,7	2	0,8	2	1	2	1,1	2	1,2	2	1,3	2	1,4	2	1,5
Сталь 45	7,0	3	0,5	2,9	0,6	2,8	0,7	2,9	0,8	2,9	0,85	2,9	0,9	2,9	1,0
А0		2	2,2	2	2,8	2	3,1		3,4		3,6		3,7		3,8

Об'єми зносу, отримані перерахунком лунок зносу колодок представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Знос об'єму металу в мм³ залежно від шляху тертя.

Матеріал	Шлях тертя, м						
	75м	150м	220м	290м	360м	430м	500м
Бр ОЦС 5-5-5	7,57	9,36	10,3	11,2	11,7	11,9	12,1
ШХ15	1,8	2,4	2,95	3,36	3,55	3,8	4
СЧ 20	2,68	3,35	3,8	4,02	4,36	4,7	5
Сталь45	1,3	1,8	2,6	2,8	3,15	3,3	3,4
А0	11,5	14,7	16	17,5	18,5	19,5	20,3

Об'ємний знос різних матеріалів при навантаженні $P=613,5$ Н і відносній швидкості ковзання зразків $V=71.25$ м/хв в середовищі біопалива представлений на рис.1.

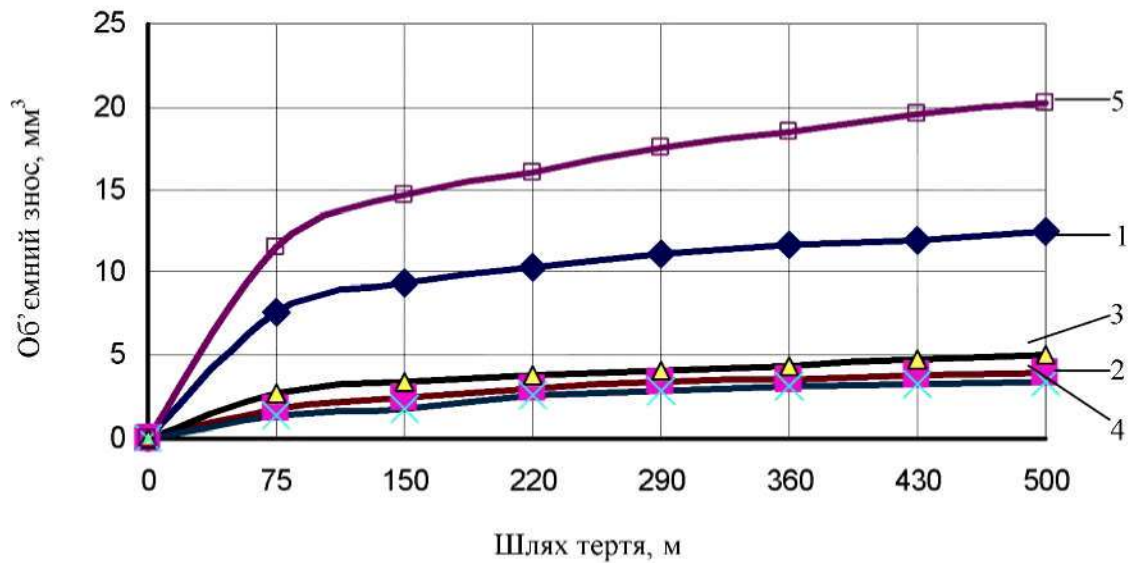


Рисунок 1 – Залежність об'ємного зносу матеріалів від шляху відносного переміщення зразків в середовищі біопалива:
 1 – бронза Бр ОЦС 5-5-5, 2 – Сталь ШХ15, 3 – сірий чавун СЧ 20; 4 – Сталь 45, 5 – алюміній А0.

Як видно з цих залежностей, чорні метали, сталі і чавуни мають набагато менше об'ємний знос, чим алюмінієві і мідні сплави.

Криві об'ємного зносу підкоряються параболічному закону і описуються наступними емпіричними залежностями:

– для бронзи бронза ОЦС 5-5-5 об'ємний знос описується рівнянням:

$$V = -0,000001S^2 + 0,025S + 6,225 \text{ мм}^3$$

-для сталі ШХ15 об'ємний знос описується рівнянням:

$$V = -0,0000018S^2 + 0,0032S + 2,85, \text{ мм}^3$$

де S – шлях тертя в м.

По об'ємному зносу розрахована інтенсивність зношування різних матеріалів в середовищі біопалива. Дані по інтенсивності зношування представлені в таблиці 3.

Таблиця 3- Інтенсивність зношування зразків, $\text{мм}^3/\text{хв}$ у середовищі біопалива.

Матеріал	Шлях тертя, м						
	75м	150м	220м	290м	360м	430м	500м
Бр ОЦС 5-5-5	7,57	1,79	0,94	0,9	0,5	0,2	0,2
ШХ15	1,8	0,6	0,55	0,41	0,19	0,15	0,05
СЧ20	2,68	0,67	0,35	0,32	0,34	0,34	0,12
Сталь45	1,3	0,5	0,8	0,35	0,25	0,15	0,1
А0	11,5	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,2

Залежності інтенсивності зношування матеріалів в середовищі біопалива наведені на рис.2.

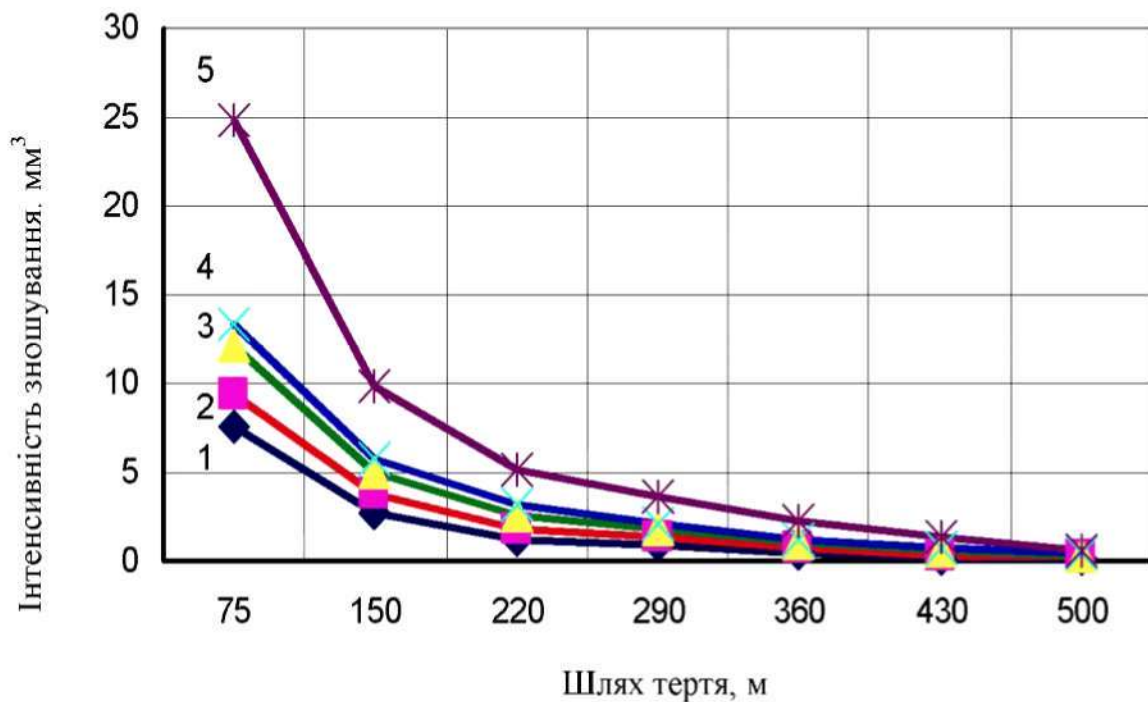


Рисунок 2 – Інтенсивність зношування матеріалів в середовищі біопалива:

1- сталь 45, 2 – Сталь Шх15, 3 – сірий чавун Сч20,
4- бронза Бр ОЦС 5-5-5, 5 – алюміній А0.

З цих залежностей видно, що інтенсивність зношування максимальна в початковий період і стабілізується після 400 м шляху тертя.

Дані матеріали можуть бути застосовані в різних парах тертя, при різних швидкісних і силових параметрах.

По Пронікову коефіцієнт зносу визначається залежністю [3].

$$K_U = \frac{F_U \cdot B}{P \cdot S}, \frac{\text{мкм}}{\text{Па} \cdot \text{км}}, \quad (1)$$

де F_U - площа поперечного перерізу зносу зразка, мкм.м

B – ширина зразка, м

P – реакція навантаження вузла тертя, Н

S – шлях тертя, км.

Таким чином, коефіцієнт зносу є узагальненим показником силових, конструктивних і швидкісних параметрів деталей сполучення, що зношуються. Він дозволяє визначати стійкість матеріалів деталей сполучення до зношування в різних середовищах.

Шлях тертя розраховувався по частоті обертання ролика і його діаметру. Реакція навантаження визначалася перерахунком системи важелів машини тертя і перевірялася динамометром.

Дані по коефіцієнтах зносу різних матеріалів в середовищі біопалива представлені в таблиці 4.

Таблиця 4.- Коефіцієнти зносу матеріалів в середовищі біопалива K_u , мкм/ Па.км.

Матеріал	Шлях тертя, м						
	75м	150м	220м	290м	360м	430м	500м
1 А0	0,250	0,168	0,122	0,098	0,082	0,072	0,065
2 бронза Бр ОЦС 5-5-5	0,165	0,102	0,076	0,066	0,053	0,045	0,039
3 СЧ20	0,058	0,036	0,027	0,023	0,020	0,018	0,016
4 Сталь45	0,046	0,027	0,019	0,016	0,014	0,013	0,011
5 ШХ15	0,038	0,026	0,021	0,019	0,015	0,014	0,012

Зміна коефіцієнтів зносу різних матеріалів при навантаженні $P=613,5$ Н і відносній швидкості ковзання зразків $V=71,25$ м/хв в середовищі біопалива при зношуванні представлена на рис.3.

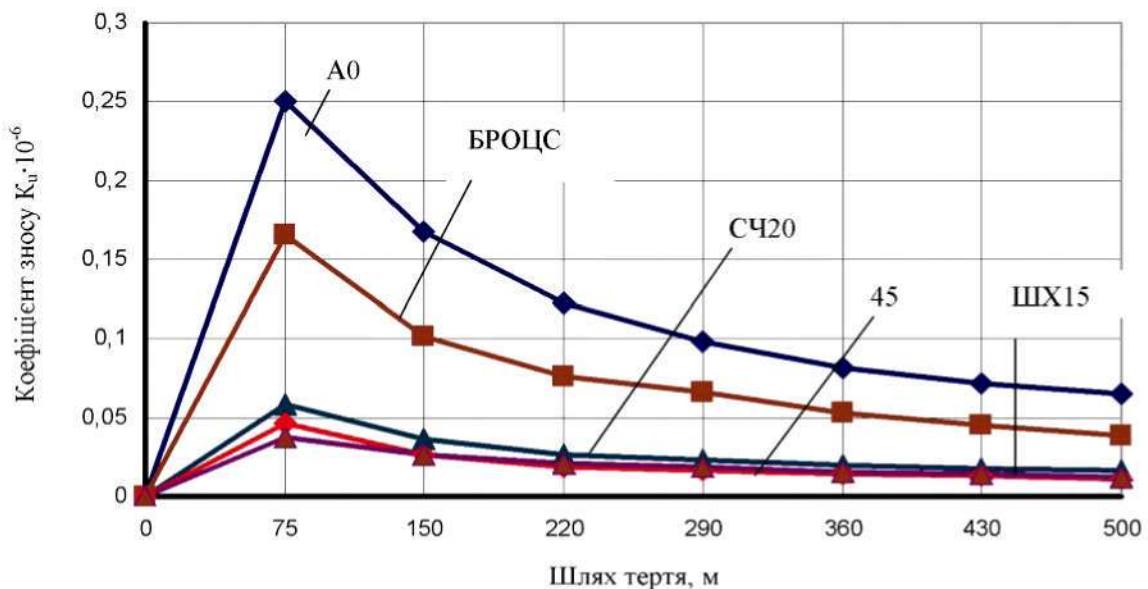


Рисунок 3 – Зміна коефіцієнтів зносу різних матеріалів в середовищі біопалива при зношуванні.

З цих залежностей видно, що стабілізація коефіцієнтів зносу у чорних металів настає через 300 м шляху тертя, а у кольорових металів – більше 500 м шляху тертя. Стабілізація коефіцієнта зносу ви-

значає період припрацювання деталей сполучення, а величина падіння – ресурс сполучення по допустимому зносу.

Висновки.

1. Проведені дослідження показали, що наявність великої кількості водню в біопаливі дозволяє інтенсивно утворювати окисні плівки на поверхні металів, що знижує знос матеріалів.

2. Найменший знос в середовищі біопалива мають конструкційні і інструментальні сталі. Найменшу стійкість до зношування в середовищі біопалива мають алюмінієві і мідні сплави.

3. У чорних металів період припрацювання відбувається протягом 300 м відносного ковзання деталей. Кольорові метали і сплави стабілізують властивості зносу тільки після 500 м відносного переміщення (шлях тертя).

Література:

1. Дідур В.А. Вплив метилових ефірів на процес зношування триботехнічних спряжень./ В.А.Дідур, Д.П.Журавель, В.Б.Юдовінський// Праці ТДАТУ.- Мелітополь, 2008.-Вип.8. т.4. 3-9-с.
2. Защита от водородного износа в узлах трения/ Под ред .А.Полякова.- М.: Машиностроение, 1980. 133с.
3. Гаркунов Д.Н. - Триботехника / Д.Н. Гаркунов.- М.:Машиностроение 1985.-424 с.
4. Матюшенко В.Я. Износостойкость наводороженных металов.-в кн.: Исследование водородного износа/ В.Я. Матюшенко.-М.: Наука, 1977.- 24-27 с.

ИЗНОС МАТЕРИАЛОВ В СРЕДЕ БИОТОПЛИВА

Журавель Д.П., Юдовинский В.Б.

Аннотация

Работа посвящена влиянию биотоплива на износ материалов трибосопряжений.

A WEAR OF MATERIALS IS IN THE ENVIRONMENT OF BIOPROPELLANT

D. Zhuravel, V. Yudovinskiy

Summary

Work is devoted influence of biopropellant on the wear of materials of triboconnections.