

**Дрогомирецький Я.М.,****Довжинський І.М.**Івано-Франківський національний  
технічний університет нафти і газу,  
м. Івано-Франківськ, Україна

E-mail: &lt;dovjinskii@gmail.com&gt;

**ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ  
ПОРОШКОПОДІБНИХ ДОБАВОК  
В ПЛАСТИЧНОМУ КОНСИСТЕНТНОМУ  
МАСТИЛІ ЛІТОЛ-24  
НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ТРИБОСИСТЕМ**

УДК 622.24.051.553-232.2:621.891

Експериментально визначено вплив концентрації фулеренової сажі і фенозану-23 на працездатність пластичного мастила. Запропоновані рентабельні присадки, які покращують характеристики пластичних мастил.

**Ключові слова:** мастило, фенозан-23, фулерен, знос.

**Вступ**

Обладнання нафтової і газової промисловості експлуатується у важких умовах роботи абразивних і агресивних середовищ, високих і низьких температур, високих швидкостях і контактних тисках, а також в багатьох випадках і динамічних навантажень. Ефективність підвищення довговічності та зносостійкості деталей обладнання може бути досягнуто, конструктивним рішенням, шляхом підбору і створення композиційних добавок до мастильних матеріалів.

**Постановка завдання**

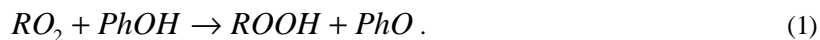
Завданням даного експерименту є визначити вплив концентрації фулеренової сажі та фенозану-23 на працездатність пластичного мастила.

**Виклад основного матеріалу**

Для випробувань був вибраний пластичний змащувальний матеріал Літол-24 (ГОСТ 21150 - 87), загущений літєвим милом. Фулеренова сажа додавалася в кількостях: від 0 до 10 % за масою. Фулеренова сажа була отримана методом Хаффмана - Кречмера [1] і містила близько 10 % фулерена. Причому фулеренова сажа складалася приблизно з 65 % фулерена  $C_{60}$ , 32 - 33 % фулерена  $C_{70}$  і 2 - 3 % вищих фулеренів. Змішування фулеренової сажі проводилось таким чином: додавали в навішування 50 г приладового масла МВП (ГОСТ 1805 - 76) необхідна кількість фулеренової сажі і диспергували сажу в маслі на магніострикційному вібраторі, потім отриману суспензію перемішували в процентному відношенні із пластичним мастилом Літол-24. Отриману суспензію доводили до однорідної консистенції за допомогою ультразвукового диспергатора УЗДН-А.

Викладену методику застосовували також при змішуванні фенозану-23.

Сповідільнити небажані окислювальні процеси у консистентних мастилах можна шляхом введення спеціальних добавок, які володіють антиоксидантними властивостями. Одними із найбільш ефективних та екологічно безпечних інгібіторів радикально-ланцюгових процесів окислення органічних речовин є фенольні сполуки, які тормозять (призупиняють) процес, взаємодіючи з пероксидними радикалами субстрату [2]. Сповідільнююча дія фенольних антиоксидантів на процес радикально-ланцюгового окислення органічних речовин основана, насамперед, на їх взаємодії з пероксидними радикалами субстрату за реакцією:



До класичних стабілізаторів відносяться просторово затруднені феноли, зокрема іоніл, його похідні, одним з яких є фенозан-23 (естер 3,5-дитретбутил-4-гідроксіфенілпропіолової кислоти і пентаеритриту). Фенозан-23 – це білий кристалічний порошок з температурою плавлення 123 - 125 °С. Унаслідок наявності об'ємних третбутильних замісників, він практично нерозчинний у воді і відносно добре розчинний у неполярних органічних розчинниках [3]. Завдяки своїй хімічній структурі, він активно взаємодіє з вільними пероксидними радикалами. Через такі властивості його використовують як антиоксидант, термо- і світлостабілізатор для пластмасових поверхонь (поліетилену, поліпропілену, полістиролу, полівінілхлориду). Фенозан-23 є аналогом швейцарського Ірганоксу-1010 (фірма «Syba»).

Випробування проводилось за схемою "диск - диск" на машині тертя СМЦ-2. Випробувальні зразки радіусом 25 мм і ширину 10 мм, виготовленні із термообробленої сталі 40XH твердістю 50 HRC і шорсткістю поверхні  $Ra = 0,18$  мкм.

В процесі випробування один ролик був нерухомим і притискався зусиллям  $F_N$  до ролика, що обертається.

Температура навколишнього середовища в процесі випробувань складала  $23 \pm 2$  °С. Частота обертання ролика  $n = 300$  хв<sup>-1</sup>, що обертається, яка відповідає відповідало швидкості ковзання 0,78 м/с. Навантаження на зразки було постійною величиною і складала 550 Н. При цьому робочий тиск в зоні контакту в порівнянні з умовами роботи важко навантажених пар тертя типу зубчаті передачі. Нижній зразок поміщали у ванночку із пластичним мастилом, потім притискався верхній ролик і починали експеримент.

В процесі випробувань змащувальний матеріал не додавали. Кожен дослід проводили двічі, а за остаточний результат брали середнє арифметичне результатів двох дослідів. Тривалість випробувань складала 10 хв, протягом цього часу вимірювали момент тертя, а в кінці випробувань визначали ширину плями зношування  $b$  на нерухомому зразку за допомогою лупи Бринеля. За результатами випробування визначали об'ємне зношування, а також інтенсивність зношування [4].

Інтенсивність зношування  $I_A$  визначали за допомогою формули:

$$I_A = \frac{V}{A}, \quad (2)$$

де  $V$  – об'ємне зношування;

$A$  – робота сили тертя.

Об'ємне зношування визначали за допомогою ширини плями зношування  $b$  з використанням відомих геометричних співвідношень:

$$V = (S1 + S2) \cdot d = \left[ R_p^2 \cdot \arcsin \frac{b}{2R_p} - \frac{b}{2} \cdot \sqrt{R_p^2 - \frac{b^2}{4}} + R_n^2 \cdot \arcsin \frac{b}{2R_n} - \frac{b}{2} \cdot \sqrt{R_n^2 - \frac{b^2}{4}} \right] \cdot d, \quad (3)$$

де  $d$  – ширина нерухомого зразка;

$b$  – пляма зношування;

$R_p, R_n$  – радіуси рухомого і нерухомого зразків.

Експериментальні дані представлені в табл. 1, 2.

Графічні інтерпретації результатів випробувань показані на рис. 1 і 2.

Таблиця 1

**Результати випробування пластичних змащувальних матеріалів  
із додаванням фулеренової сажі**

Вміст добавки	$f$ коэф. тертя	$A$ , Дж *10 <sup>4</sup>	$V$ , мм <sup>3</sup>	$I$ , мм <sup>3</sup> /Дж *10 <sup>-5</sup>	$b$ , мм	$t$ , °С
Літол-24	0,098	1,851	1,134	6,13	2	55
Літол-24 + 1 %	0,095	1,782	0,898	5,03	1,85	54
Літол-24 + 2 %	0,08	1,508	0,532	3,52	1,55	50
Літол-24 + 3 %	0,073	1,371	0,278	2,03	1,25	51
Літол-24 + 4 %	0,069	1,302	0,164	1,27	1,05	48
Літол-24 + 5 %	0,065	1,234	0,032	0,26	0,6	45
Літол-24 + 6 %	0,071	1,343	0,11	0,82	0,9	46
Літол-24 + 7 %	0,073	1,371	0,217	1,59	1,15	47
Літол-24 + 8 %	0,080	1,508	0,297	1,97	1,27	50
Літол-24 + 9 %	0,087	1,645	0,432	2,62	1,45	50,5
Літол-24 + 10 %	0,093	1,755	0,972	5,54	1,9	52

**Результати випробування пластичних змащувальних матеріалів  
із додаванням фенозану-23**

Вміст добавки	$f$ коэф. тертя	$A$ , Дж $\cdot 10^4$	$V$ , мм <sup>3</sup>	$I$ , мм <sup>3</sup> /Дж $\cdot 10^{-5}$	$b$ , мм	$t$ , °C
Літол-24	0,098	1,85	1,134	6,13	2,000	55
Літол-24 + 1 %	0,094	1,76	0,854	4,83	1,820	53
Літол-24 + 2 %	0,079	1,481	0,478	3,23	1,500	48,5
Літол-24 + 3 %	0,071	1,343	0,257	1,91	1,220	47
Літол-24 + 4 %	0,067	1,261	0,150	1,19	1,020	46
Літол-24 + 5 %	0,064	1,206	0,028	0,229	0,580	43,5
Літол-24 + 6 %	0,065	1,234	0,062	0,504	0,760	44
Літол-24 + 7 %	0,070	1,316	0,133	1,01	0,980	45,5
Літол-24 + 8 %	0,076	1,44	0,283	1,96	1,260	48
Літол-24 + 9 %	0,079	1,481	0,341	2,303	1,340	49,5
Літол-24 + 10 %	0,081	1,53	0,441	2,874	1,460	50

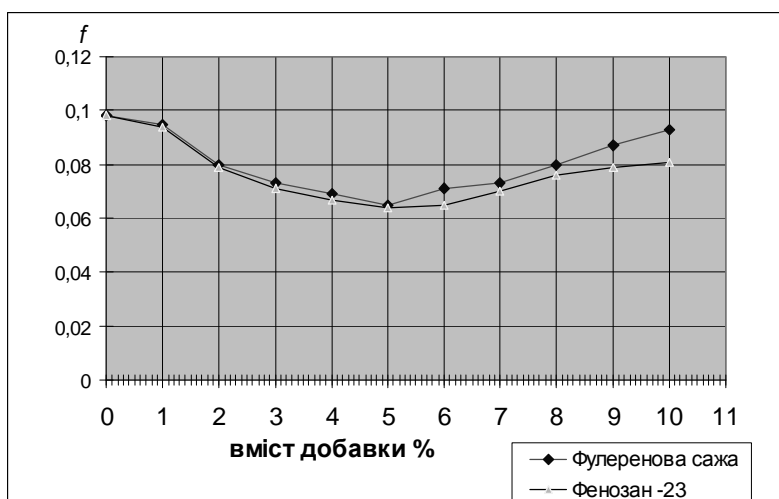
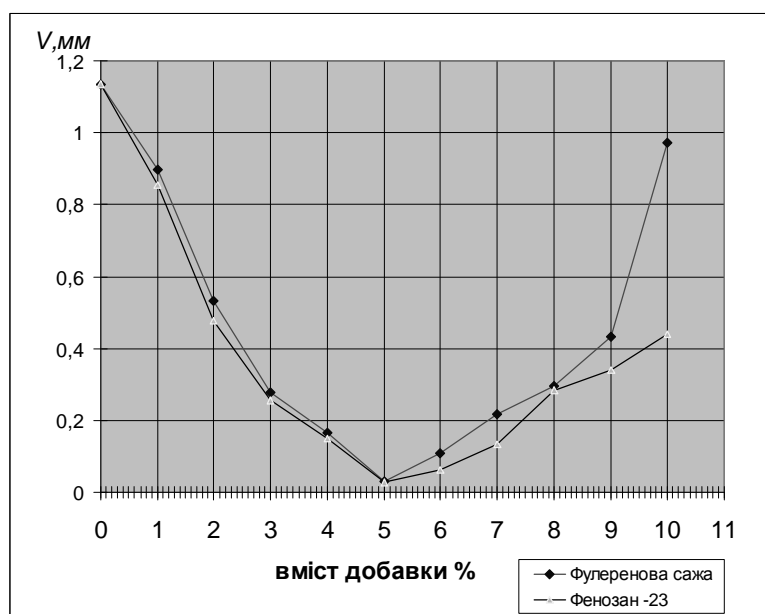
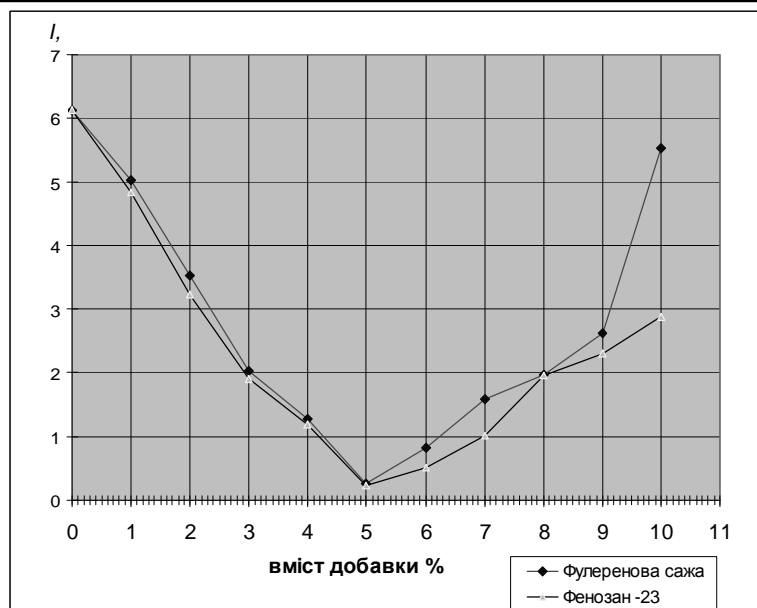


Рис. 1 – Графік залежності коефіцієнта тертя  $f$  від концентрації фулеренової сажі і фенозану-23 у базовому консистентному мастилі Літол-24



а



б

Рис. 2 – Залежності а – об'ємного зношування  $V$  та б – інтенсивності зношування  $I$  від концентрації фулеренової сажі і фенозану-23 у базовому консистентному мастилі Літол-24

### Висновки

Проведені експериментальні дані показують, що при добавленні фулеренової сажі підвищуються властивості пластичного мастила Літол -24 із порівнянням без добавки. Слід відмітити, що при концентрації 5 % добавки виявляється найефективнішою і впливає на зниження коефіцієнта тертя. У якості добавки фенозану -23 більш ефективно проявляється порівняно із фулереновою сажею. Отже, концентрація добавки впливає на інтенсивність та об'ємне зношування, а також на коефіцієнт тертя і температуру в парі тертя.

Із експериментальних даних випливає, що температура знижується до 10 °С при 5 % концентрації фулеренової сажі і фенозану-23. На відміну від фулеренової сажі фенозан-23 більш стійкий у температурному відношенні.

### Література

1. Елецкий А.В., Смирнов Б.М. Фуллерены и структура углерода // Успехи физических наук. – 1995. – Т. 165, № 9. – С. 977-1009.
2. Рогинський В.А. Фенольні антиоксиданти: способность и эффективность. – М.: Наука, 1982. – 274 с.
3. ТУ 6-22-0205603-3-88 Фенозан -23.
4. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчётов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.

Поступила в редакцію 02.07.2013

---

**Drohomyretskyi Ya.M., Dovzhynskyi I.M. The influence of powderlike additives concentration in consistent oil Litol-24 on wearpresisfant of tribosystems.**

Data of the held experiments show that in adding fulleren soot the properties of plastic oil Litol-24 improve in comparison with those ones wilbaont adding it. It should be pointed aut that the most effectivt is 5% concentration of the additive and it influences on the reducing of friction coefficient. As additive phenosan-23 acts more effectivt compared fulleren soot. so, the concentration of the additive influence on the intensity and volumetric wear as friction coefficient and temperature in the friction pair.

**Key words:** oil, phenosan-23, fulleren, the wear.

**References**

1. Eleckij A.V., Smirnov B.M. Fullereny i struktura ugleroda. Uspehi fizicheskikh nauk. 995. T. 165, № 9. S. 977-1009.
2. Rogins'kij V. A. Fenol'ny antioksidanty: sposobnost' i jefektivnost'. M.: Nauka, 1982.274s.
3. TU 6-22-0205603-3-88 Fenozan -23.
4. Kragel'skij I. V., Dobychin M. N., Kombalov V. S. Osnovy raschjotov na trenie i iznos. M.: Mashinostroenie, 1977. 526s.