

**Войтов В.А.,
Кравцов А.Г.**

Харківський національний технічний
університет сільського господарства,
м. Харків, Україна

ТРИБОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕХНІЧНИХ ОЛИВ НА БАЗІ СОНЯШНИКОВОЇ ТА РІПАКОВОЇ ОЛІЙ

Актуальність теми

Мастильні матеріали та робочі рідини є невід'ємною складовою як простих рухомих вузлів та механізмів, так і складних силових агрегатів, таких як ДВЗ, об'ємних гідроприводів та ін. Мастильні матеріали повинні володіти набором експлуатаційних показників, які необхідні для виконання ряду експлуатаційних функцій, що забезпечують надійну роботу агрегату. Сучасні оливи та робочі рідини в повній мірі задовольняють всі експлуатаційні вимоги, але, все ж таки, мають ряд недоліків: по-перше, переважна більшість з них виготовлені на базі нафти, кількість якої щорічно скорочується, а, відповідно, вартість нафтопродуктів зростає. По-друге, мастильні матеріали на основі нафти є досить токсичними і несуть велике навантаження на екологічне середовище.

Виходячи з вище сказаного впливає необхідність у створенні нових альтернативних мастильних матеріалів, які б володіли всіма експлуатаційними властивостями, притаманними нафтовим, та могли б усунути їхні недоліки.

Гарною альтернативою нафтовим та синтетичним оливам можуть бути рослинні олії, а саме, оливи та робочі рідини, що виготовлені на базі рослинних олій. Даним напрямком займаються закордонні вчені: наприклад, в США нещодавно відкрито потужний завод по переробці сої в технічні оливи. В країнах ЄС, а саме, в Німеччині, розроблено технології та налагоджене виробництво індустриальних, трансмісійних та енергетичних мастильних матеріалів з ріпакової олії [1 - 5]. Цією проблемою займаються також і в республіці Молдова. Необхідно відмітити роботи, що ведуться в Російській Федерації. Хоча в Росії поки що не стоїть гостро проблема по нестачі нафтопродуктів, але екологічне становище при використанні біологічно нешкідливих мастильних матеріалів може значно покращитись. Серед провідних наукових досліджень Росії можна відмітити МГАУ ім. В.П. Горячкина та роботи Фукса І.Г. при РДУ Нафти та Газу [6].

Враховуючи світовий досвід в використанні рослинних олій в якості мастильних матеріалів, можна сказати, що і для нашої країни даний напрямок є перспективним і необхідним для покращення, в першу чергу, екологічного становища та зниження залежності від імпорту нафти. Відповідні роботи проводились на базі заводу технічних олив «АРІАН», а саме, дослідження по застосуванню ріпакової олії у виробництві гідравлічних, індустриальних і трансмісійних олив [7]. Подібними дослідженнями займається УкрНДІНП «МАСМА». Також досить продуктивно йдуть дослідження на базі Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України під керівництвом доктора хімічних наук Г.С. Поп [8 - 10]. Активна робота проводиться на базі Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника під керівництвом Г.О. Сіренко [11 - 13]. По даній проблематиці ведуться роботи в Хмельницькому національному університеті [14, 15].

Інститутом рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН селекційними методами розроблені нові гібриди соняшнику з генетично зміненим жирно-кислотним складом олеїнового типу та ріпаку з високим вмістом олеїнової кислоти. Олія цих культур є можливою сировиною для виготовлення екологічно нешкідливих технічних олив.

Метою даної роботи є визначення основних експлуатаційних властивостей, таких як фізико-механічні та трибологічні показники робочих рідин на базі рослинних олій в порівнянні з товарними нафтовими та синтетичними, і швидкості зносу модельних трібосистем. Саме ці властивості впливають на ресурс та надійність роботи агрегатів.

Для досягнення поставленої мети було взято оливи на базі соняшникової та ріпакової олій з високим вмістом олеїнової кислоти, які було виготовлено з соняшникового та, відповідно, ріпакового насіння, що виведені селекційними методами на базі Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України. Для порівняння було взято соєву, ріцинову та оливкову олії, а також робочі рідини тафтового та синтетичного походження, та робочу рідину на базі ріпакової олії відомого виробника мастильних матеріалів Shell HF-R. Оливи на базі рослинних олій для зручності написання були позначені під кодовими назвами: на базі соняшникової олії – X526, на базі ріпакової – P(0:0), соя С-1, ріцинова Р-1, оливкова О-1. Жирнокислотний склад олій наведено в табл. 1.

Всі дослідження проводились в порівнянні з існуючим і досить поширеними мастильними матеріалами нафтового та синтетичного походження. Визначення фізико-механічних показників, таких як кінематична в'язкість, індекс в'язкості, температура спалаху у відкритому тиглі, густина, корозійна стійкість на мідній пластинці, температура застигання та термоокислювальна стабільність, що суттєво впливають на роботу агрегату, проводились відповідно діючих стандартів та методик. Отримані результати було зведено до табл. 2.

Таблиця 1

Жиринокислотний склад рослинних олій

Вміст жирних кислот, % від загальної суми	Культура				
	соняшник	ріпак	соя	рицина	оливкова
	X526	P(0:0)	C-1	P-1	O-1
Пальмитинова	3,6	3,9	6	1,7	11,43
Пальмитолеїнова	0,2	0,2	-	-	0,82
Стеаринова	3,3	2,0	3,5	1,7	2,27
Олеїнова	88,8	65,3	32,5	4,6	77,05
Линолева	2,2	19,0	50,3	6,4	6,63
Линоленова	0,2	8,6	7,7	1,2	0,57
Ейкозанова	0,5	0,37	-	-	0,26
Бегенова	1,0	0,28	-	-	0,11
Ерукова	-	0,35	-	-	0,4
Рицинова	-	-	-	84,4	-
Арахінова	-	-	-	-	0,35
Гептадеценава	-	-	-	-	0,11

Таблиця 2

Порівняльна характеристика робочих рідин за фізико-механічними показниками

Показники	Назва робочої рідини							
	нафтова	синтетична	на базі рослинних олій					
	МГЕ-46В	Shell HF-E 46	Shell HF-R	X-526	P(0:0)	C-1	P-1	O-1
В'язкість кінематична 40/100 °С, мм ² /с ГОСТ 33-82	41,4-50 6	46 9,1	35 8,1	42 8,9	37,1 9,1	44 8,5	47,2 9,5	39,1 8,3
Індекс в'язкості ГОСТ 25371-82	50 - 90	150	162	153	165	146	150	154
Температура спалаху, у відкритому тиглі, °С ГОСТ 4333-87	190	219	186	225	230	225	275	205
Густина, кг/м ³ при 15 °С ГОСТ Р 51069-97	895	919	925	913	919	925	970	918
Корозійна стійкість ГОСТ 6321-92	1а	1а	1а	1а	1а	1а	1а	1а
Температура застигання, °С	-32	-51	-36	-20	-10	-15	-16	-6
Термоокислювальна стабільність ГОСТ 23175- 78 хв не менше	19	29	27	24	25	22	21	26

МГЕ-46В – робоча рідина нафтового походження, яка призначена для об'ємних гідропроводів сільськогосподарської та іншої техніки група НМ по ISO. ТУ 38.001347-83

Shell Naturelle Fluid HF-R – біологічно нешкідлива робоча рідина на базі глибоко очищеної ріпакової олії та присадок. Призначена для гідравлічних силових систем, розрахованих на використання мінеральних олів класу в'язкості ISO 22-68.

Shell Naturelle Fluid HF-E 46 – біологічно нешкідлива робоча рідина вищої якості на основі синтетичних складних ефірів з композицією високоефективних присадок. Призначена для гідравлічних систем наземних механізмів трансмісій та приводів, що працюють в зонах, чутливих до забруднення навколишнього середовища. DIN 51524-2/3 HLP/HVLP.

Лабораторні дослідження по визначенню трибологічних характеристик проводились у спеціалізованій трибологічній лабораторії відповідно до всіх вимог ГОСТ 9490-75 [16] на чотирьохкульковій машині тертя. Отримані результати було зведено до табл. 3.

За допомогою чотирьохкулькової машини тертя (ЧКМ) можна визначити наступні показники, що характеризують змашувальні властивості олів:

- D_I (мм) – діаметр плями зносу, який є середнім діаметром плям зносу нижніх нерухомих кульок;

- $P_K(H)$ – критичне навантаження, яке характеризує межі працездатності поверхнево-активних речовин (ПАР). Перераховані вище показники характеризують протизносні властивості мастильного матеріалу;

- $P_3(H)$ – навантаження зварювання, що характеризує наявність в мастильному середовищі протизадирних властивостей у вигляді хімічно-активних речовин (ХАР), межі працездатності змащувального середовища в цілому.

Таблиця 3

Порівняння трибологічних характеристик робочих рідин

Показники	Назва робочої рідини							
	нафтова	синтетична	на базі рослинних олій					
	МГЕ-46В	Shell HF-E 46	Shell HF-R	X526	P(0:0)	C-1	P-1	O-1
Трибологічні характеристики (ГОСТ 9490-75):								
- діаметр плями зносу (D_f), мм, при навантаженні 198 Н	0,43	0,35	0,45	0,41	0,46	0,62	0,52	0,49
- критичне навантаження P_K , Н	490	784	784	617	784	617	617	617
- навантаження зварювання P_3 , Н	1568	1568	1568	1568	1568	1568	1568	1568

З табл. 2 та 3 видно, що робочі рідини на базі соєвої, рицинової та оливкової олій за своїми фізико-механічними властивостями поступаються нафтовій та синтетичній за протизносними показниками. Робочі рідини на базі рослинних олій олеїнового типу X 526 та P(0:0) за своїми фізико-механічними та трибологічними характеристиками не поступаються існуючим товарним нафтовим та синтетичними робочим рідинам, а в деякій мірі навіть кращі. В подальшому в дослідженнях для визначення швидкості зносу модельних трибосистем будуть використані саме ці робочі рідини.

Методика визначення швидкості зносу трибосистем

Дослідження стосовно визначення швидкості зносу проводились за схемою «кільце-кільце», форма і розміри зразків для модельних триботехнічних випробувань відповідали вимогам ГОСТ 30480-97 [17] з коефіцієнтом взаємного перекриття $K_{\text{вз}} = 0,2$. Випробування проводились при навантаженні 2000Н протягом 60 хв з попереднім припрацюванням зразків [18, 19]. З метою виключення мікрорізання, гострі кромки притуплялася до радіуса 0,5 мм, шорсткість поверхонь зразків доводилася до $R_a \leq 0,20$. Також контролювалося спряження торцевих поверхонь за величиною контактної площі не менше 90 % робочої поверхні кожного зразка. Швидкість обертання приводного валу машини тертя складала 400 хв⁻¹, що забезпечувало швидкість ковзання $v = 0,5$ м/с, в якості змащувального середовища було використано дослідні зразки робочих рідин на базі соняшникової та ріпакової олій олеїнового типів в порівнянні з найпоширенішою робочою рідиною нафтового походження МГЕ-46В ТУ38.001347-83 та робочими рідинами відомого виробника Shell. В якості дослідних трибосистем було вибрано наступні: зворотна трибосистема за геометрією (сталь - латунь); пряма трибосистема (латунь - сталь); зворотна трибосистема за матеріалами та геометрією (латунь - чавун), які показано на рис 1 - 3. Матеріали, з яких було виготовлено дослідні зразки трибосистем, наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Матеріали з яких було виготовлено дослідні зразки трибосистем

Матеріал	Твердість
Сталь 40 ХФДА – ТУ 14-143-498-97	52 - 56 HRC
Латунь ЛМцСКА 58-2-2-1-1 ТУ 48-21-356-74	HRB > 80
Латунь ЛМцЛНС 58-3-1,5-1,5-1 ТУ 184570-106-037-97	HRB > 80
Сталь ШХ15СГ-О-ОГ ГОСТ 801-78	56 - 62 HRC
Латунь ЛМцСКА 58-2-2-1-1 ТУ 48-21-356-74	HRB > 80
ВЧ 500-3 ДСТУ 3925-99	50 - 56 HRC

Проаналізувавши роботу [20], де наведено аналіз існуючих методів визначення зносу, найбільш прийнятним для рішення поставленої нами задачі є метод штучних баз, який дає змогу визначати лінійний знос кожного з елементів трибосистеми. Використання даного методу визначене ГОСТ 23.301-78, сутність методики виміру зносу викладена в роботі [21]. Відмінністю використаної нами методики від викладеної автором роботи [21] є застосування замість квадратної алмазної піраміди з кутом при вершині між протилежними гранями 136° алмазного конуса з кутом при вершині 120°.

Обчислення отриманих результатів виконувалось за допомогою методів математичної статистики [22]. Точність визначення швидкості зносу модельних трибосистем по вибраній методиці підраховувалась за допомогою формул теорії випадкових похибок. За результатами п'яти паралельних досліджень похибка склала 6 %.



Рис. 1 – Зворотна трібосистема за геометрією:

- рухомий твердий елемент з меншою площею тертя (сталь);
 - нерухомий м'який елемент з більшою площею тертя (латунь)



Рис. 2. – Пряма трібосистема:

- рухомий твердий елемент з більшою площею тертя (сталь);
 - нерухомий м'який елемент з меншою площею тертя (латунь)

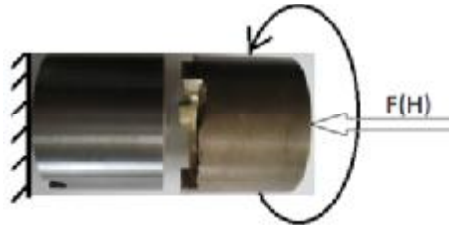


Рис. 3 – Зворотна трібосистема за матеріалами та геометрією:

- рухомий м'який елемент з меншою площею тертя (латунь);
 - нерухомий твердий елемент з більшою площею тертя (чавун)

Результати визначення швидкості зношування модельних трібосистем з використанням в якості мастильного середовища робочих рідин на базі соняшникової та ріпакової олій в порівнянні з товарною нафтовою, синтетичною та біологічно нешкідливою на базі ріпакової олії зведені до табл. 5.

Таблиця 5

Швидкість зношування модельних трібосистем

Трібосистеми	Назва робочої рідини				
	нафтова	синтетична	на базі рослинних олій		
	МГЕ-46В	Shell HF-E 46	Shell HF-R	X526	P(0:0)
швидкість зношування I , мкм/ГОД					
Зворотна трібосистема за геометрією	10,9	8,7	9,1	9,3	9,5
Пряма трібосистема	5,1	4,01	4,1	4,35	4,6
Зворотна трібосистема за матеріалами та геометрією	29,2	22,1	22,9	24,7	25,1

Обговорення та аналіз отриманих результатів

З результатів, наведених у табл. 2 видно, що оливи на базі рослинних олій володіють досить добрими фізико-механічними показниками та, по деяким з них, навіть переважають існуючі нафтові робочі рідини та синтетичні, наприклад, по значенню індексу в'язкості. Це, в свою чергу, впливає на зменшення втрат енергії на подолання тертя, що виникає між шарами робочих рідин або олів при пуску агрегату в холодний період експлуатації, а, відповідно, значно менші витрати палива.

Що стосується температури спалаху та густини, то ці показники майже однакові і різняться в межах 5 - 7 %. З випробування на мідній пластинці видно, що всі робочі рідини мало агресивні по відношенню до кольорових металів. Це є досить вагомим показником, так як основні трібосистеми об'ємних гідроприводів виготовлені з кольорових металів. Рослинні оливи поступаються за показником температури застигання, але це не є критичним, так як корегуються присадками. Також досить вагомим показником олів та робочих рідин біологічного походження є те, що вони менш схильні до лакових відкладень і максимально наближені до високоякісних синтетичних.

З таблиці 3 видно, що за трібологічними характеристиками робочі рідини на базі соняшникової та ріпакової олій майже не поступаються високоякісним та дорогим синтетичним та подібним біологічно нешкідливим на базі ріпакової олії. Але слід зазначити, що виробник Shell вводить до складу своїх робочих рідин потужний пакет протизносних та інших функціональних присадок. В порівнянні з товарною нафтовою робочі рідини на базі рослинних олій переважають по протизносним властивостям, які характеризуються діаметром плями зносу (D_I), і по показнику критичного навантаження (P_K). Таку змащувальну здатність олів та робочих рідин на базі рослинних олій можна пояснити наявністю високого вмісту молекул олеїнової кислоти, яка, в свою чергу, є досить потужною поверхнево-активною речовиною (ПАР) і вводиться в якості присадки в нафтові та синтетичні оливи.

Результати стосовно швидкості зношування трібосистем, що наведені в табл. 5, свідчать про те, що робочі рідини на базі соняшникової та ріпакової олій з високим вмістом олеїнової кислоти в повній

мірі можуть конкурувати з високоякісними синтетичними та біологічно нешкідливими робочими рідинами, а в порівнянні з вітчизняною нафтовою МГЕ-46В дещо переважають. Наприклад, при використанні робочої рідини X526 швидкість зношування зворотної трібосистеми за геометрією зменшується на 14,6 %, прямої трібосистеми на 14,7 %, зворотної трібосистеми за матеріалами та геометрією на 15,4 %. Ці результати в подальшому за допомогою фізичного моделювання та критерію подоби дадуть змогу спрогнозувати ресурс агрегату в цілому.

Окрім позитивних властивостей олив на базі рослинних олій їм притаманні деякі недоліки. До суттєвих недоліків олив на базі рослинних олій слід віднести їхню здатність до піноутворення, що може спричинити труднощі в експлуатації агрегатів з циркуляційною системою мащення. Також вони схильні до окислення під час зберігання та в процесі експлуатації. Звичайно ці недоліки можна усунути шляхом підбору необхідних присадок.

Висновки

Підводячи підсумок можна сказати, що використання біологічно нешкідливих олив та робочих рідин на базі соняшникової та ріпакової олій з високим вмістом олеїнової кислоти перш за все дасть змогу розширити сировинну базу для виготовлення мастильних матеріалів та зменшити залежність від імпортованих нафтопродуктів і покращити екологічне становище, що є наразі досить актуальним.

Література

1. <http://www.bioschmierstoffe.info/>
2. <http://www.nachwaxsenderohstoffe.de/>. Kosten und Nutzen technischer Bioöle. 2007/2008.
3. <http://www.nachwaxsenderohstoffe.de/>. Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie. 2007/2008.
4. <http://www.nachwaxsenderohstoffe.de/>. Bioschmierstoffe. 2007/2008.
5. <http://www.nachwaxsenderohstoffe.de/>. Bericht über biologisch schnell abbaubare Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten. 2007/2008.
6. Фукс И.Г. Растительные масла и животные жиры – сырье для приготовления товарных смазочных материалов / И.Г. Фукс, А.Ю. Евдокимов, А.А. Джамалов, А. Лукса // Химия и технология топлив и масел. – 1992. – №4. – С. 34-39.
7. <http://www.ukroil.com.ua>
8. Поп Г.С. Мастильні матеріали з рослинних олій // Хім. пром-сть України. – 2006. – № 5. – С. 22-29.
9. Поп Г.С. Поверхнево-активні речовини та композиційні системи на основі рослинних олій і фосфатидів / Г.С. Поп, Л.Ю. Бодачівська, Р.Л. Вечерік // Хім. пром-сть України. – 2008. – № 3. – С. 33-37.
10. Поп Г.С. Стан, перспективи виробництва та застосування палив і мастильних матеріалів із рослинних олій // Катализ и нефтехимия. – 2003. – № 12. – С. 21-26.
11. Сіренко Т.О. Мастильна композиція. Патент України на вихід № 18077А / Т.О. Сіренко, Л.М. Кириченко, В.П. Свідерській // Промислова власність. – 1997. – № 5.
12. Сіренко Г.О. Антифрикційні властивості полікомпонентних композицій на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи під час мащення пари ароматичний поліамід - сталь / Г.О. Сіренко, Л.Я. Мідак, О.В. Кузишин, Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко // Полімер. журн. – 2008. – Вип.30. – № 4. – С. 338-344.
13. Сіренко Г.О. Дослідження рослинних олив у якості мастильних матеріалів / Г.О. Сіренко, О.Л. Сав'як // Полімер. журн. – 2006. – №1 (28). – С. 69-78.
14. Кириченко Л.М. Тріботехнічні характеристики нових мастильних композицій на основі хімічно модифікованої ріпакової олії / Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, Т.О. Сіренко // Проблеми сучасного машинобудування. – Хмельницький, 1996. – С. 142.
15. Кириченко В.В. Якісні мастильні біоматеріали з технічних олій. Стан і перспективи переробки / О.М. Полумбрик, В.І. Кириченко // Хім. пром-сть України. – 2008. – № 3. – С. 9-18.
16. ГОСТ 9490-75. Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
17. ГОСТ 30480-97. Обеспечение износостойкости изделий. Методы испытаний на износостойкость. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1997.
18. Обеспечение износостойкости изделий. Метод оценки фрикционной теплостойкости материалов. ГОСТ 23.210–80. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 187 с.
19. Оксененко А.Я. Насосы большой единичной мощности для КПО и уникального оборудования / [Оксененко А.Я., Харченко В.П., Дубнов И.Н., Жерняк А.И.]. – М.: ВНИИТЭМР, 1987. – 73 с.
20. Чихос Х. Системный анализ в трибонике. – М.: Мир, 1982. – 352 с.
21. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин / В.Д.Зозуля и др. – К.: Наук. думка, 1990. – 259 с.
22. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учебн. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1988. – 239 с.

Надійшла 02.11.2011