

## ARGUMENTAREA SELECTĂRII COMPOZIȚIEI, TEHNOLOGIA DE OBTINERE ȘI CERCETAREA PROPRIETĂȚILOR TRIBOLOGICE ALE UNUI LUBRIFIANT PLASTIC MULTIFUNCȚIONAL NOU

*Alexandru CRĂCIUN, Svetlana CRĂCIUN, Victor MORARU\**

*Universitatea de Stat din Moldova*

*\*Universitatea Tehnică a Moldovei*

The paper is dedicated to the selection of a disperse environment and polyfunctional ingredients of a plastic lubricant (PL), development of a technology of lubricant production and analysis of its tribological properties.

The work demonstrates that the proposed PL possesses tribologic advantages over the ubiquitously applied PL Litol-24.

### Introducere

În ultimul timp, în lume a sporit considerabil interesul față de utilizarea în practică a uleiurilor vegetale (UV) și a produselor rezultate de pe urma prelucrării lor în calitate de materiale de lubrifiere. Acest interes are ca suport, în primul rând, creșterea prețurilor la sursele energetice de natură petrochimică, precum și creșterea rentabilității cultivării plantelor oleaginoase, din care și sunt obținute diferite uleiuri vegetale, care, la rândul lor, sunt materii de bază din care pot fi obținuți atât carburanții de motoare, cât și materialele de lubrifiere – uleiuri și lubrifianți plastici (LP). Anual, începând cu anul 1990, se atestă o creștere cu câte 10% a producerii uleiurilor și lubrifianților pe bază de UV.

În SUA, uleiurile tehnice sunt obținute din soia, în Germania – din rapiță. Din produsele rezultate de pe urma prelucrării lor sunt obținute uleiuri industriale, de transmisie, precum și uleiuri pentru industria energetică, inclusiv cele pentru transformatoare. Deși în prezent sinecostul componentelor obținuți din materia vegetală este mai mare decât cel al analogilor petrochimici, totuși creșterea ulterioară a prețului la petrol va conduce la faptul că biouleiurile vor avea un preț egal cu al celor de natură petrochimică.

Deci, inițierea producerii proprii a materialelor de lubrifiere din materie biologică corespunde întru totul intereselor economice ale Republicii Moldova. Această direcție este economic rentabilă, atât pentru țările dezvoltate, cât și pentru cele în curs de dezvoltare, care vor avea posibilitatea de a substitui materiale de lubrifiere petrochimice (sintetice) importate cu materiale de lubrifiere obținute din producția agricolă proprie.

În Republica Moldova, drept materii regenerabile pentru obținerea diferitelor materiale de lubrifiere pot servi semințele de rapiță, ricină, deșeurile producerilor oenologice, de la uzinele de conserve: semințe de poamă, roșii, sămburii de la culturile fructifere – vișini, prune, caise, piersici.

### Selectarea componentelor pentru LP multifuncțional

Scopul principal pe care ni l-am propus a fost identificarea unui ulei vegetal ce ar fi putut să substituie uleiul mineral din compoziția LP, care are rolul de mediu de dispersie. Această înlocuire trebuia să conducă la obținerea unor proprietăți tribologice cu valori mai superioare decât ale prototipului LP multifuncțional Литол-24, care este considerat drept unul dintre cei mai buni lubrifianți din Europa.

Inițial, am estimat proprietățile tribologice ale unui șir de UV; ca rezultat, am dedus că cel mai bun UV este cel obținut din semințe de rapiță [1].

Masele moleculare ale UV sunt destul de mari (~ 900) [2], ceea ce le conferă o volatilitate redusă chiar și la valori considerabile ale vidului, astfel asigurându-se atât utilizarea lor de sine stătătoare în calitate de materiale de lubrifiere, cât și în calitate de medii disperse la producerea LP cu eficacitate înaltă pentru funcționarea în condiții obișnuite și în condiții de vid: avioanele ce zboară la înălțimi înalte și obiectele cosmice.

În baza analizei compozițiilor diferitelor LP produși în Rusia, Ucraina, de un șir de companii din Europa de Vest și SUA [3], am stabilit că în compoziția LP multifuncțional propus trebuie să intre 4 componente cu următorul conținut (% de masă):

- 1) ulei din semințe de rapiță 80,3 ... 84,3;
- 2) săpun de litiu al acidului 12-hidroxistearic 11,0 ... 15,0;
- 3) ameliorator de îngroșare «Полиизобутилен П-20» 3,7 ... 4,1;
- 4) aditiv antioxidant «Нафтам-2» 0,6 ... 1,0.

Pentru evaluarea proprietăților reologice și tribologice ale LP și selectarea compoziției optime s-au pregătit cinci compoziții, prezentate în Tabelul 1. Din rezultatele obținute pentru proprietățile reologice ale LP multifuncțional [4] am stabilit că cele mai reușite sunt compozițiile 3 și 4.

Considerent din care aceste două compoziții au fost selectate pentru determinarea ulterioară a proprietăților tribologice.

**Tehnologia de obținere a LP**

Obținerea se efectua prin încărcarea concomitentă (*in situ*) a tuturor componentelor după metoda temperaturilor înalte (la temperatura maximă ~205°C (mai sus de 200°C)).

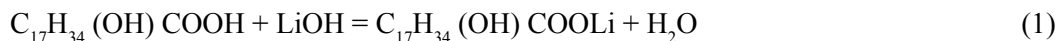
Consecutivitatea de încărcare a componentelor (pentru obținerea a 1 kg produs gata) este următoarea: în uleiul de rapiță se introduce poliizobutilena Π-20, care se dizolva în ulei timp de 20-30 min., la temperatura de 90-95°C; la amestecul obținut se adaugă acidul 12-hidroxistearic (C<sub>18</sub>H<sub>36</sub>O<sub>3</sub>); după dizolvarea completă a acidului se încarcă soluția de hidroxid de sodiu cu 10,8% LiOH.

**Tabelul 1****Compoziții ale lubrifianului plastic multifuncțional**

Nr. crt.	Denumirea componentelor	Compoziții, % masă				
		1	2	3	4	5
1	Ulei de rapiță	84,3	83,3	82,3	81,3	80,3
2	12-hidroxistearat de litiu	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0
3	Ameliorator de îngroșare – poli-izobutilenă Π-20	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1
4	Aditiv antioxidant - «Нафтам 2»	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Saponificarea este efectuată la temperatura de 90-95°C timp de 1 oră, după care temperatura amestecului săpun-ulei se mărește până la valoarea de 203-205°C și procesul este realizat până la topirea completă a săpunului.

Cantitatea de LiOH necesară pentru obținerea a 1 kg de săpun de litiu al acidului 12-hidroxistearic se calculează din raportul stoichiometric al reacției:



Conform ecuației reacției (1), cantitatea de LiOH care trebuie luată în lucru este de 0,14 kg. Practic, substanța se ia în exces – 0,18...0,20 kg, ceea ce asigură o saponificare mai completă a uleiului de rapiță (scindarea chiar și a acizilor cu masă moleculară mare), dar, totuși, uleiul are reacția acidă, adică conține acizi grași liberi.

Excesul de LiOH este necesar pentru: a asigura saponificarea completă a acidului 12-hidroxistearic; a neutraliza uleiul de rapiță; a obține un lubrifian cu reacție slab bazică.

La saponificarea (neutralizarea) acidului 12-hidroxistearic parțial are loc și saponificarea trigliceridelor din uleiul de rapiță. Se presupune că o parte din acești acizi grași (cu masă moleculară mare) se descompun cu formare de acizi cu masă moleculară mică, care la fel formează săruri de litiu. Acest proces durează în timp.

Răcirea inițială a lubrifianului este realizată în aparatul de fierbere, prin amestecare, până se atinge valoarea de circa 100-80°C. În timpul răcirii, la temperatura de circa 160°C, în topitură se introduce cantitatea de aditiv antioxidant «Нафтам-2» calculată. Răcirea finală a lubrifianului este efectuată în răcitoare speciale. Durata acestei etape este de 24 ore.

Omogenizarea se efectuează imediat după răcire în omogenizator, iar pentru cantități mici de lubrifian – în mașina de frecare cu trei valțuri. După 2-3 ore de la omogenizare se pot face măsurări privind proprietățile reologice și de lubrifiere. După necesitate, lubrifianul este supus deaerării și filtrării.

**Cercetarea proprietăților tribologice ale LP multifuncțional**

Proprietățile de antigripare ale LP se estimau după valoarea sarcinii critice –  $P_{cr}$ , indicelui de gripare –  $I_{gr}$  și sarcinii de sudare –  $P_{sud}$ . Primele două mărimi erau calculate din valorile obținute în timpul testării la mașina de frecare cu patru bile (MF4B), precum și din dependența  $d_{med.uz.} = f(P_{ax})$ . Sarcina de sudare  $P_{sud}$  era determinată experimental. Se consideră drept sarcină de sudare sarcina minimă, la care are loc oprirea automată a MF4B, când se atinge momentul de frecare 12 N·m sau când are loc sudarea bilelor. Sarcină critică ( $P_{cr}$ ) se consideră acea sarcină, la care diametrul mediu al petelor de uzură de pe bilele inferioare se află în domeniul de valori stabilit pentru uzura limită ( $d_r + 0,15$ ) pentru solicitarea dată și a cărei majorare până la următoarea valoare a sarcinii din șirul sarcinilor conduce la mărirea diametrului mediu al petelor de uzură cu cel mult 0,1 mm.

Pentru determinarea indicelui de gripare ( $I_{gr}$ ) mai întâi se calculează valoarea sarcinii arbitrare după formula:

$$Q = P_{ax} d_r / d_{med.uz.} \quad (2)$$

unde:  $P_{ax}$  – sarcina axială, N;

$d_r$  – diametrul platoului deformat elastic după Hertz pentru sarcina  $P$ , mm;

$d_{med.uz.}$  – diametrul mediu al petei de uzură la sarcina  $P_p$  mm ( $P_i$  – sarcina axială a testării  $i$ ).

Valoarea produsului  $P_i \cdot d_r$  constantă pentru testarea cu sarcina prestabilită este prezentată în GOST 9490-75.

Sarcina de sudare este sarcina minimă, la care are loc oprirea automată a MF4B, când se atinge momentul de frecare  $12 N \cdot m$  sau când are loc sudarea bilelor.

La calcularea  $Q$  se consideră că  $d_r = d_{med.uz.}$  pentru intervalul cuprins între sarcina inițială (200 N) până la valoarea critică, fără efectuarea testărilor. Indicele de gripare se calculează după formula:

$$I_{gr.} = \Sigma Q / n, \quad (3)$$

unde:  $\Sigma Q$  – suma valorilor sarcinii arbitrare de la cea inițială până la cea care a precedat sudarea;  $n$  – numărul de testări.

Frecvența de rotație a bilei de sus –  $1440 \text{ min}^{-1}$ ; forța de solicitare axială se mărea treptat până se atinge sudarea completă a bilelor; durata unei singure testări – 10 s; sarcina de uzură se stabilea după variația bruscă a diametrelor petelor de uzură pe bilele inferioare, precum și prin calcule. Pentru fiecare sarcină axială s-au făcut câte trei testări; înainte de următoarea încercare toate bilele se aranjau astfel, încât ele contactau pe suprafețe noi (neuzate) și se adăuga o nouă cantitate de ulei. S-au utilizat bile din oțel ШХ-9 cu duritatea HRC 60...62 și diametrul 12,7 mm. În timpul testărilor temperatura uleiurilor se menținea la valoarea 292...294K. Înainte de fiecare încercare bilele se prelucrau cu benzină și se uscau prin tamponare cu vată medicală.

Drept indicatori evaluativi ai proprietăților de antiuzură au servit valorile diametrelor petelor de uzură, care se formează pe bilele inferioare –  $d_{uz.med.}$  valoare medie a măsurărilor a trei pete de uzură, fiecare dintre care a fost măsurată, de-a lungul și de-a latul desenului de uzură, cu ajutorul microscopului МБС-2 cu grosimentul sistemului optic egal cu 24.

Indicatorii de bază ai LP cercetați sunt prezentate: în tabelul 2 – proprietățile de antiuzură, în tabelele 3 și 4 – valorile pentru indicii de gripare, forța critică și forța de sudare, care caracterizează proprietățile de antigripare ale LP elaborat (compozițiile 2, 3 și 4) și ale analogului – lubrifianul Литол-24 (GOST 21150-75), precum și ale lubrifianului cu multiple utilizări produs în SUA și întrebuințat la automobilele europene și americane.

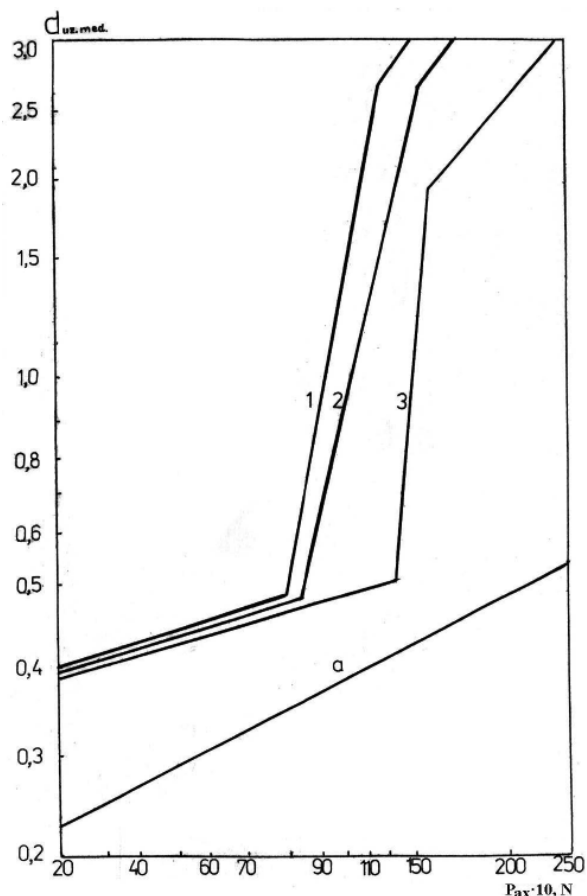
Dependențele  $d_{uz.med.} = f(P_{ax.})$  pentru LP cercetați sunt prezentate în figurile 1 și 2 și în tabelele 2-4. După datele pentru Литол-24 prezentate în [5], sarcina critică (sarcina de gripare)  $P_{cr.} \geq 630$  (630-800) N și sarcina de sudare  $P_{sud.} \geq 1410$  (1600-2240) N. În procesul de testare, de către noi au fost stabilite valorile  $P_{cr.}$  și  $P_{sud.}$  pentru diferiți LP (Tab. 4).

Tabelul 2

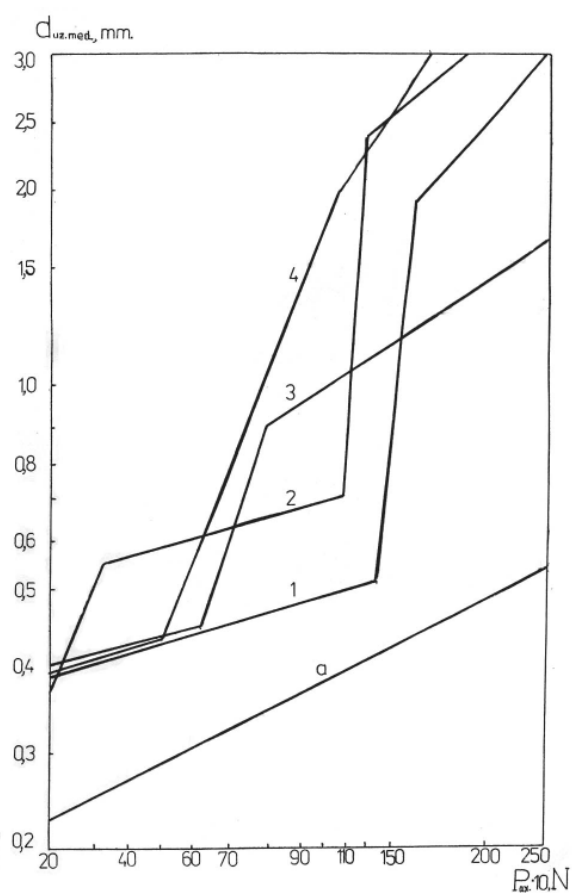
## Proprietățile de antiuzură ale LP cercetați

Sarcina axială $P_{ax.}$ , N	Compoziția 4	Compoziția 4.1	Литол-24	Compoziția 2	Compoziția 3
	Diametrul petelor de uzură, $d_{uz.med.}$ , mm				
200	0,38	0,37	0,38	0,40	0,39
250	0,39	0,43	0,39	0,415	0,40
320	0,40	0,50	0,40	0,43	0,41
400	0,41	0,57	0,41	0,45	0,43
500	0,42	0,58	0,42	0,47	0,45
630	0,43	0,60	0,67	0,50	0,47
790	0,45	0,62	0,98	0,54	0,49
1120	0,49	2,28	2,10	0,80	0,60
1260	0,52	2,50	2,25	1,15	1,05
1410	0,55	2,71	2,40	1,36	1,10
1580	1,86	2,81	2,90	1,70	1,18
1780	2,36	3,05	3,05	2,62	1,63
2000	2,50	Sudarea bilelor	3,20	Sudarea bilelor	2,70
2240	2,65		Sudarea bilelor		Sudarea bilelor
2510	Sudarea bilelor				

Notă: compoziția 4.1 este aceeași compoziție 4, dar după păstrare îndelungată.



**Fig.1.** Dependenta valorilor petelor de uzura în funcție de sarcina axială pentru diferiți lubrifianți plastici: a – linia lui Hertz; 1 – compoziția 2; 2 – compoziția 3; 3 – compoziția 4.



**Fig.2.** Dependenta valorilor petelor de uzura în funcție de sarcina axială pentru diferiți lubrifianți plastici: a – linia lui Hertz; 1 – lubrifiantul plastic propus (compoziția 4); 2 – lubrifiantul plastic propus (compoziția 41); 3 – LP din SUA; 4 – LP Литол-24.

**Tabelul 3**

**Valorile indicelui de gripare pentru LP cercetați**

P <sub>ax</sub> , N	P <sub>i</sub> ·d <sub>r</sub>	Compoziția 4		Compoziția 4.1		Литол - 24		Compoziția 2		Compoziția 3		
		Q	I <sub>gr.</sub>	Q	I <sub>gr.</sub>	Q	I <sub>gr.</sub>	Q	I <sub>gr.</sub>	Q	I <sub>gr.</sub>	
200	48,0	126,3	506,0 ΣQ=7083. n=14	129,7	250,0 ΣQ=3002. n=12	126,3	254,0 ΣQ=3307 n=13	120,0	313,3 ΣQ=3759,4 n=12	123,0	363 ΣQ=4717 n=13	
250	65,0	166,6		151,2		166,6		156,6		162,5		
320	89,6	224,0		179,2		224,0		208,3		218,5		
400	116,0	282,9		203,5		282,9		257,7		269,8		
500	160,0	381,0		275,9		380,9		340,4		355,5		
630	220,5	512,8		367,5		329,1		441,0		469,1		
790	300,2	667,1		484,2		306,3		555,9		612,6		
1120	459,2	918,4		201,4		218,7		433,8		578,5		
1260	541,8	1041,9		216,7		240,8		347,8		380,9		
1410	634,5	1153,6		235,0		264,4		337,6		417,4		
1580	742,6	399,2		264,2		256,0		318,7		389,2		
1780	854,4	362,0		292,6		280,1		242,2		280,8		
2000	1020,0	408,0		Sudarea bilelor		318,8		Sudarea bilelor		Sudarea bilelor		Sudarea bilelor
2240	1164,8	439,5										
2510	Sudarea bilelor											

Notă: la efectuarea testărilor suplimentare la P<sub>ax</sub>, egală cu 890 și 1000 N, pentru compoziția 4 indicele de gripare crește până la 540.

Tabelul 4

## Caracteristicile de bază pentru LP cercetați

Nr crt.	Indicele	Lubrifianți plastici				
		Compoziția 4	Compoziția 4.1	Литол-24	Compoziția 2	Compoziția 3
1	Sarcina critică, $P_{cr}$ , N	1410	1120	630	890	890
2	Sarcina de sudare, $P_{sud}$ , N	2510	2000	2240	1580	1780
3	Indexul de gripare, $I_{gr}$ , N	506-540	250	254	313	363

Rezultatele: lubrifianțul pe bază de litiu, clasa GC-LB (după clasificarea NLGI), se recomandă a fi utilizat în rulmenții anvelopelor automobilelor, mai ales pentru anvelopele cu frâne cu discuri. Poate fi exploatat în diapazonul de temperatură de la  $-18^{\circ}\text{C}$  până la  $+180^{\circ}\text{C}$ .

Analiza rezultatelor prezentate în tabelele 2 și 4 indică la avantajele certe ale compoziției 4 a lubrifianțului plastic elaborat. După proprietățile de antiuzură și antigripare, această compoziție întrece considerabil prototipul său – lubrifianțul cu multiple utilizări Литол-24.

**Concluzii**

1. Lubrifianțul plastic elaborat cu mediul dispers din ulei de rapiță se caracterizează prin eficacitate înaltă, practic după toate caracteristicile (parametrii) de exploatare și întrece prototipul – lubrifianțul plastic Литол-24.

2. După toți parametrii, care caracterizează proprietățile de lubrifiere, lubrifianțul plastic elaborat (compoziția 4) depășește considerabil lubrifianțul Литол-24 și poate fi recomandat pentru a-l substitui, fiind și multifuncțional.

3. Lubrifianțul se recomandă pentru a fi produs la scară industrială.

**Referințe:**

- Надыкта В.Д., Муртазалиева М.К. Теоретические аспекты и практические рекомендации по хранению семян рапса. Серия 20. Масложировая промышленность. Обзорная информация. - Москва: АгроНИИ-ТЭИПП, 1988, с.3-7.
- Щербаков В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья. - Москва: Пищевая промышленность, 1979. - 336 с.
- Craciun A., Moraru V., Craciun S., Bunduchi E., Corotcov I., Albert B. Raport științific (m/s). Proiectul „Elaborarea și studiul materialelor noi de lubrifiere de înaltă eficacitate în baza uleiului de rapiță”. - Chișinău: CEP USM, 2008. - 96 p.
- Крачун А., Морару В., Джембрий А., Крачун С., Бундуки Е., Коротков И. Определение основных реологических свойств новой многоцелевой пластичной смазки (ПС) // Studia Universitatis. - 2008. - Nr.7(17). - P.191-199.
- Синицын В.В. Пластичные смазки в СССР. - Москва: Химия, 1984. - 190 с.

Prezentat la 17.11.2008