

## ELABORAREA ȘI OBTINEREA LUBRIFIANȚILOR SPECIALI ȘI TESTAREA PROPRIETĂȚILOR DE EXPLOATARE A ACESTORA

*Alexandru CRĂCIUN, Svetlana CRĂCIUN, Victor MORARU\*,  
Tudor SAJIN\*\*, Boris ALBERT*

*Universitatea de Stat din Moldova*

*\*Universitatea Tehnică a Moldovei*

*\*\*Institutul de Fizică Aplicată al AȘM*

The work is dedicated to development of composition and technology of plastic lubricant (PL) for joints with equal angular velocities production and determination of its tribological properties. It has been established that the proposed PL possesses tribologic advantages over the ubiquitously applied PL Automotive (Company LOBRD) very well known in the world and practically is not exceeded by PL ИІРУС-4 applied for the same tasks, currently produced in Ukraine and Russia.

The work contains data on the technology of obtaining and determination of the specific electrical resistance of an electroconductive lubricant. It has been established that both, according to the electro conductivity and exploitation properties, this lubricant exceeds analogues and prototypes.

### 1. Elaborarea, obținerea și testarea proprietăților tribologice ale lubrifianțului pentru articulații cu viteze unghiulare egale

#### Introducere

Actualmente, în țările CSI, pentru ungerea articulațiilor cu viteze unghiulare egale se utilizează LP ИІРУС-4 (TY 38YCCP 201312-81) [1], lubrifianț care funcționează în diapazonul de temperaturi de la  $-40^{\circ}\text{C}$  (și chiar  $-50^{\circ}\text{C}$ ) până la  $+120^{\circ}\text{C}$ . Lubrifianțul este rezistent la acțiunea apei; volatilitatea are valoare joasă (la temperatura  $+120^{\circ}\text{C} \approx 5\%$ , iar la  $150^{\circ}\text{C} - 6-10\%$  timp de 1 oră); se caracterizează prin stabilitate mecanică bună (indicele de distrugere 60); are indicii de antiuzură și antigripare înalți (indicele de gripare  $I_{gr} = 550-900$ ). Utilizarea acestui lubrifianț reduce de 5-10 ori uzura pieselor. Este efectiv chiar și pentru rulmenții cu ace ai articulațiilor cardanice cu viteze inegale. LP ИІРУС-4 este analogul LP MOLIKOT VN 2461C (firma DAW CORNING), RFG [1].

Deși compoziția lubrifianțului ИІРУС-4 se ține în secret, totuși, se cunoaște că din compoziția lui fac parte: mediul dispers format de uleiul petrochimic, faza dispersă (aditiv de îngroșare) – hidroxistearat de litiu (12-LioSt), precum și aditivi cu proprietăți antioxidante, de antigripare și de antifricțiune. După noi, acest lubrifianț conține așa adaosuri ca „Нафтaм-2” – aditiv antioxidant, praf de politetrafluoroetilenă (probabil) și praf de disulfură de molibden ( $\text{MoS}_2$ ) – aditivi de antigripare și de antifricțiune.

Un alt analog este LP Genuine Grease for Constant Velocity Joint produs de către firma GKN Automotive (LOBRD), care la fel conține în compoziția sa  $\text{MoS}_2$ .

#### 1.1. Obținerea lubrifianțului

La obținerea compozițiilor structurale ale lubrifianțului, componentele (volumul calculat pentru 1 kg) se introduceau în uleiul de rapiță în următoarea ordine: prima se introducea poliizobutilena care se topea la temperatura de  $90 \dots 95^{\circ}\text{C}$  timp de 20-30 min., după care se adăuga acidul 12-hidroxicaric în cantitate de 10,4 ... 12,2 %, iar după topirea completă a acestuia se adăuga soluția de hidroxid de litiu cu 10,8% LiOH.

Saponificarea s-a realizat la temperatura de  $90 \dots 95^{\circ}\text{C}$  timp de circa o oră, după care temperatura amestecului ulei-săpun s-a ridicat până la  $203 \dots 205^{\circ}\text{C}$  pentru fuziunea deplină a săpunului.

În timpul saponificării (neutralizării) acidului 12-hidroxicaric parțial are loc și saponificarea grăsimilor (din uleiul de rapiță). Totodată, o parte din acizii grași cu masa moleculară mare se descompun, formând acizi cu masa moleculară mai mică, care de asemenea formează săruri de litiu.

Răcirea lubrifiantului s-a efectuat în vasul de fierbere prin amestecare până când s-a atins temperatura de 80...100°C. În timpul răcirii, când temperatura a atins valoarea de 160°C, s-a introdus cantitatea calculată de antioxidant „Naftam-2”. În timpul procesului în lubrifiant se introducea sulfura de molibden, iar peste 2-3 ore după omogenizare lubrifiantul obținut se supunea testării.

## 1.2. Testarea proprietăților tribologice

Lubrifiantii GKN Automotive, LP IIIpyc-4 și lubrifiantul propus de noi pentru aceleași noduri de frecare au fost testați la mașina de frecare cu patru bile (MF4B), cu scopul de a determina proprietățile de antiuzură și antigripare, conform GOST 9490-75.

Proprietățile de antigripare ale LP se estimau după valoarea sarcinii critice –  $P_{cr.}$ , a indicelui de gripare –  $I_{gr.}$  și a 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 sarcină de sudare 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. 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  $P_i$ , 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.

Sarcină de sudare – 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:

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

unde  $\sum Q$  – 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 pe trepte 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 IIIX-9 cu duritatea HRC 60...62 și diametrul 12,7 mm. În timpul testărilor se menținea temperatura uleiurilor la valoarea 292...294 K. 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 –  $d_{uz.med.}$ , valoarea medie a măsurărilor a trei pete de uzură, fiecare dintre care a fost măsurată, de-alungul și de-alatul desenului de uzură, cu ajutorul microscopului MBC-2 cu grosimul sistemului optic egal cu 24.

Rezultatele testării lubrifiantului propus și a prototipurilor lui sunt prezentate în Tabelele 2 și 3 și pe Figura 1.

Pentru IIIpyc-4, conform [1]:  $P_{cr.} \geq 1000$  (1410-1580) N;  $P_{sud.} \geq 5000$  (7500-10000) N;  $I_{gr.} = 550-900$ . Rezultatele testărilor efectuate de noi pentru lubrifiantul IIIpyc-4 au fost următoarele:  $P_{cr.} \geq 690$  N;  $P_{sud.} \geq 6300$  N;  $I_{gr.} = 762$ .

Am propus un lubrifiant pentru articulațiile cu viteze unghiulare egale, în a cărei compoziție intră lubrifiantul plastic de bază, la fel elaborat de noi, și disulfura de molibden. În LP de bază am adăugat disulfura de molibden ДМИ-7 (ТУ РФ48-19-133-90) (Tab.1). Această substanță este utilizată în uleiurile și lubrifiantii ce funcționează la temperaturi de la 45°C până la 400°C. Domeniul de utilizări: pentru ungerea de lungă durată în mecanica exactă, în procesele de trefilare și închiriere în combinație cu uleiuri, precum și în calitate de adaosuri la lubrifiantii plastici pentru majorarea indicilor de lubrifiere, mai ales în nodurile de frecare, care funcționează la presiuni de contact înalte.

Tabelul 1

## Proprietățile fizico-chimice ale ДМИ-7

Parametrii	Norma conform PT
MoS <sub>2</sub> , % nu mai puțin	99,718
Si, % nu mai mult de	0,02
Fe, % nu mai mult de	0,10
Al, % nu mai mult de	0,024
Ca, % nu mai mult de	0,048
H <sub>2</sub> O, % nu mai mult de	0,50
oxizi de Mo, % nu mai mult de	0,09
Particule cu dimensiuni de 7 μm, % nu mai mult de	96

Rezultatele testărilor LP pentru articulațiile cu viteze unghiulare egale sunt prezentate în Figura 1 și în Tabelul 2 – evaluarea proprietăților de antiuzură, iar cele de antigripare – în Tabelul 3.

Analiza rezultatelor testărilor lubrifiantilor pentru articulațiile cu viteze unghiulare egale sunt prezentate în Tabelele 2 și 3.

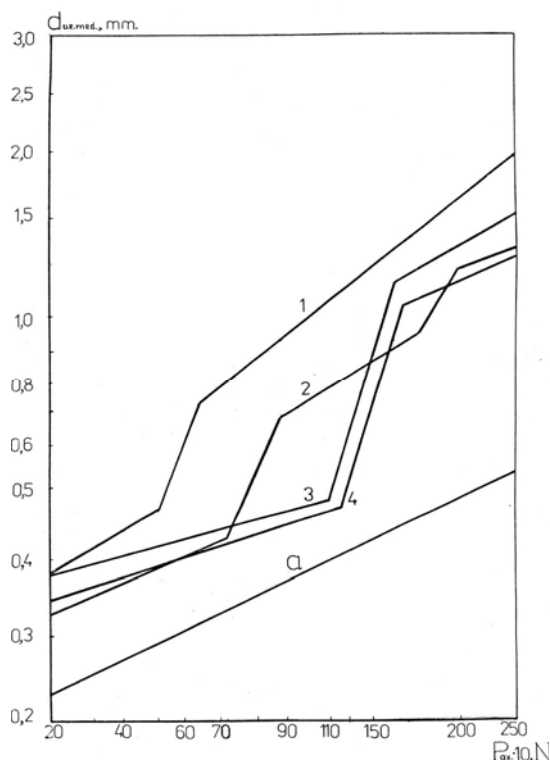


Fig.1. Dependenta dimensiunilor petelor de uzură funcție de sarcina axială pentru diferiți lubrifiantii plastici pentru articulațiile cu viteze unghiulare egale: a – linia Hertz; 1– GKN automotive; 2 – IIIpyc-4; 3 – LPB+5% MoS<sub>2</sub>; 4 – LPB+10% MoS<sub>2</sub>.

Tabelul 2

Valorile indicelui de gripare pentru LP cercetați

P <sub>ax</sub> , N	P <sub>i</sub> ·d <sub>i</sub>	IIIpyc- 4		GKN automotive		PLB+5% MoS <sub>2</sub>		PLB+10% MoS <sub>2</sub>			
		Q	I <sub>gr.</sub>	Q	I <sub>gr.</sub>	Q	I <sub>gr.</sub>	Q	I <sub>gr.</sub>		
200	48,0	145,45	762,0 ΣQ =18295. n = 24	126,3	432,0 ΣQ =7352. n= 17	129,7	672,0 ΣQ =13442 n= 20	137,1	758,0 ΣQ =16680 n=22		
250	65,0	191,2		166,7		171,0		180,5			
320	89,6	256,0		208,3		229,7		242,2			
400	116,0	313,5		263,6		290,0		305,2			
500	160,0	426,7		340,4		390,2		410,2			
630	220,5	537,8		306,25		525,0		537,8			
790	300,2	577,3		411,2		667,1		698,1			
890	347,1	518,0		377,3		754,6		771,3			
1000	400,0	519,5		408,2		851,0		869,5			
1120	459,2	567,0		433,2		918,4		956,7			
1260	541,8	637,4		501,7		860,0		950,5			
1410	634,5	843,2		528,8		712,9		857,4			
1580	742,0	439,5		608,2		720,4		764,9			
1780	854,4	899,4		694,6		689,0		724,0			
2000	1020,0	803,2		622,0		739,2		843,0			
2240				665,6		792,4		910,0			
2510	1164,8	910,0		691,0		909,2		994,2			
2820	1382,0	1071,3		Sudarea bilelor		945,6		Sudarea bilelor		1074,2	Sudarea bilelor
3150	1579,2	1059,9				1105,9				1189,2	
3550	1879,0	1261,0				1041,1				1127,9	
3980	2507,4	1370,2								1205,6	
4250	2720,0	1409,3								934,2	
4470	2950,2	1528,6									
4730	3169,1	1600,5									
5010	3407,0	1310,4									
6300	Sudarea bilelor										

Tabelul 3

Caracteristicile de bază pentru LP cercetați

Nr. crt.	Indicele	Lubrifianti plastici			
		IIIpyc-4	GKN auto- motive	LP B+5% MoS <sub>2</sub>	LPB+10% MoS <sub>2</sub>
1	Sarcina critică , P <sub>cr.</sub> , N	690	630	1260	1410
2	Sarcina de sudare, P <sub>sud</sub> , N	6300	2820	3980	4470
3	Indexul de gripare, I <sub>gr.</sub> , N	762,0	432	672	758

2. Elaborarea, obținerea și testarea lubrifiantului electroconductibil

Introducere

Acești lubrifianți sunt destinați pentru îmbunătățirea conductibilității, stabilizarea rezistenței electrice de contact, diminuarea uzurii abrazive și a electroeroziunii. Ei sunt depuși în strat subțire pe contactele electrice.

Utilizarea lubrifiantilor permite a micșora forța presiunii de contact și, respectiv, a micșora dimensiunile dispozitivelor de contact. De regulă, lubrifiantii sub formă de paste sunt utilizați în dispozitivele cu contacte de curenți slabi de comutare, de conexiune și de montaj al aparatului radio, în sistemele de telecomunicații, MEC ș.a.

În Rusia se produce un lubrifiant special pentru automobile – КСБ (ТУ 38 УССР 2-01-115-76), utilizat în comutatorul semnalizatorului de viraj al automobilelor. Pentru îmbunătățirea conductibilității electrice lubrifiantul conține pudră de cupru ПМС-20 în cantitate de 10% (mas.). În afară de aceasta, se produce și pasta 164-39 (Електросил-1с) (ТУ 6-02-989-77), care se caracterizează prin rezistență specifică joasă – mai puțin de  $10^9$  Ohm-cm și până la  $10^{13}$  Ohm-cm. Lubrifiantul ВНИИ НП-248 (ТУ38 УССР 101643-76) posedă rezistență specifică înaltă –  $10^{12}$ – $10^{13}$  Ohm-cm [1]. Acești lubrifianți sunt utilizați în tele- și radioaparatură.

### 2.1. Obținerea lubrifiantului

Cu scopul măririi electroconductibilității lubrifianților plastici pe bază de săpun în compoziția lor se introduce praf de argint, wolfram, cadmiu, cupru și aliajele lui. Lubrifiantul, care conține în compoziția sa argint, este un lubrifiant scump, iar cel cu conținut de cadmiu este toxic.

S-a propus un LP electroconductibil cu următoarea compoziție, în % de mas.:

ulei din semințe de rapiță .....	78,2...71,2
12-hidroxistearat de litiu (săpun de litiu) .....	12,0...14,0
pudră de cupru (ПМС-20) .....	5,0...10,0
aditiv antioxidant „Naftam-2” .....	0,6...0,8
ameliorator de viscozitate „Poliizobutilenă П-20” .....	3,0...4,0.

Pentru obținerea lubrifiantului au fost propuse trei compoziții structurale (Tab.1), care au fost pregătite după metoda temperaturii înalte – temperatura maximă 203-205°C. Compozițiile structurale ale lubrifiantului elaborat se introduceau în uleiul din semințe de rapiță în următoarea ordine: mai întâi se încălzea poliizobutilena, care se topea la temperatura de 90...95°C timp de 20-30 min., apoi la ea se adăuga acidul 12-hidroxistearic, iar după topirea completă a acestuia se adăuga și soluția de hidroxid de litiu.

### 2.2. Determinarea rezistenței specifice electrice a deferitelor compoziții de lubrifiant electroconductibil propus

Rezistența electrică opusă de către o coloană a mostrei cu lungimea de  $l$  se determina cu ajutorul milivoltmetrului electrometric conform schemei prezentate în Figura 2 pe mostrele de lubrifiant amplasate în cilindrul din plastic 1 cu diametrul 12,2 mm. Înălțimea coloanei de lubrifiant 5 din ambele părți vine în contact cu plăcile din cupru 4 comprimate de către limitatorul 2. La discurile 4 sunt racordate cablurile 3, cu ajutorul cărora instalația se conecta consecutiv în lanțul electrometric (Fig.3).

În timpul măsurărilor se determina valoarea rezistenței coloanei de lubrifiant –  $R_x$ .

Cu ajutorul sursei de curent continuu 1 de tip Б5-47 se fixa valoarea tensiunii în circuit egală cu 1 V. Pentru determinarea valorii  $R_x$  în fiecare experiment cu ajutorul milivoltmetrului 2 de tip RTF-J-51 (Fig.3) se măsoară valoarea tensiunii din circuit, iar în baza formulei (7) se calcula valoarea  $R_x$ :

$$R_x = 1 - \Delta U / \Delta U \cdot R_{et}, \text{ Ohm}, \quad (7)$$

unde 1 V – valoarea tensiunii care alimentea circuitul de măsurare;

$\Delta U$  – scăderea tensiunii în circuitul de măsurare;

$R_{et}$  – valoarea rezistenței etalon egală cu  $10^8$  Ohm.

Rezistența electrică era măsurată pentru: lubrifiantul ce nu conținea pudră de cupru și pentru lubrifiantul ce conținea 5 și 10% (mas.) pudră de cupru de tipul ПМС-20. Apoi se recalcula după valoarea obținută rezistența electrică specifică conform formulei:

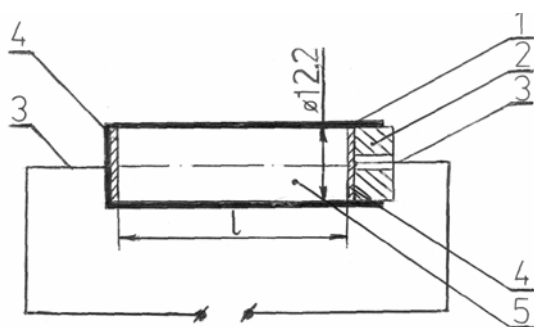
$$\rho = R_x \cdot S / l_1 \quad \text{Ohm} \cdot \text{cm}, \quad (8)$$

unde:  $\rho$  – rezistența specifică a materialului, din care este confecționat conductorul;

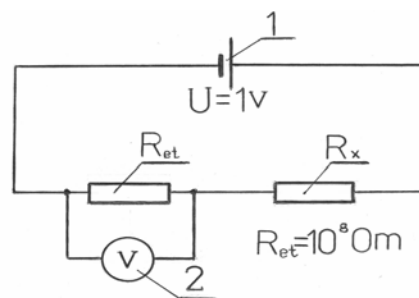
$R$  – rezistența conductorului Ohm;

$l_1$  – lungimea conductorului (a coloanei mostrei de lubrifiant), cm;

$S$  – aria secțiunii transversale a conductorului,  $\text{cm}^2$ .



**Fig.2.** Dispozitiv pentru determinarea rezistenței electrice a lubrifianților electroconductibili:  
1 – cilindru din plastic; 2 – șablon de presare; 3 – conductori;  
4 – discuri de cupru; 5 – lubrifianțul testat.



**Fig.3.** Schema principală de determinare a rezistenței electrice a LP electroconductibil:  
1 – sursă de curent continuu de tip B5-47;  
2 – milivoltmetru electrometric de tipul RTF-J-51.  
 $R_{et}$  – rezistență etalon;  $R_x$  – rezistența măsurată (a coloanei de lubrifianț în cilindru din plastic).

Pentru toate mostrele de lubrifianț valoarea  $S$  este constantă și egală cu  $1,17 \text{ cm}^2$ . Pentru fiecare poziție cu un anumit conținut de pudră de cupru și lungimea fixată  $l$  măsurările s-au efectuat de câte trei ori, fiecare la temperatura aerului în încăperea de  $20^\circ\text{C}$ .

Valorile obținute pentru rezistența electrică specifică sunt prezentate în Tabelul 4.

**Tabelul 4**

**Valorile rezistenței specifice electrice a deferitelor compoziții de lubrifianț electroconductibil propus**

Nr. crt.	Cantitatea de pudră de cupru ПМС-20 în lubrifianț, %	Lungimea pistonului de lubrifianț, cm	$\Delta U$ , V	$R_x$ , Ohm	$\rho$ , Ohm · cm
1	0	3,9	0,019	$5,16 \cdot 10^9$	$1,55 \cdot 10^9$
			0,020	$4,90 \cdot 10^9$	$1,47 \cdot 10^9$
			0,019	$5,16 \cdot 10^9$	$1,55 \cdot 10^9$
2	5	2,7	0,088	$1,036 \cdot 10^9$	$0,45 \cdot 10^9$
			0,090	$1,01 \cdot 10^9$	$0,43 \cdot 10^9$
			0,089	$1,02 \cdot 10^9$	$0,44 \cdot 10^9$
3	10	3,1	0,117	$0,75 \cdot 10^9$	$0,28 \cdot 10^9$
			0,116	$0,76 \cdot 10^9$	$0,29 \cdot 10^9$
			0,117	$0,75 \cdot 10^9$	$0,28 \cdot 10^9$

**Tabelul 5**

**Proprietăți de bază ale lubrifianților electroconductibili [1,2]**

Nr. crt.	Indicii	Lubrifianți			
		ВНИИ НП 248	Пасра 164-39	КСБ	Propus
1	Limita de rezistență, $Pa$ la temperatura de: + $20^\circ\text{C}$ + $50^\circ\text{C}$ + $80^\circ\text{C}$	350	390	550	830
		270	320	300	450
		180	350	100	280
2	Stabilitatea coloidală, %	$\leq 8,0$	$\leq 4,0$	$\leq 8,0$	10,75
3	Indicele de distrugere, %	50,0	30,0	80,0	25
4	Evaporarea în timp de 1 oră la $150^\circ\text{C}$ , %	0,7	5,7	2,4	0,1
5	Rezistența electrică specifică, $Ohm \cdot cm$	$10^{12} \dots 10^{13}$	$\leq 10^9$	-	$< 10^9$
6	Proprietățile de lubrifiere: - sarcina critică (de gripare), $N$ ; - sarcina de sudare, $N$	790	Lipsește	700	1410
		2820	3550	2250	2510
7	Intervalul temperaturilor de utilizare, $^\circ\text{C}$	- 60 ... +200	- 60 ... + 150	- 30 ... +110	-40 ... +130

**Concluzii**

1. Lubrifianții pentru articulațiile cu viteze unghiulare egale propuși depășesc după proprietățile antiuzură și antigripare lubrifianțul GKN Automotive utilizat pe larg în lume.

2. Lubrifianții propuși întrec lubrifianțul ШРУС-4 după valorile sarcinii de gripare de 1,8-2,0 ori, au valorile pentru sarcina de sudare de 1,4-1,6 ori mai mici și sunt egali după valoarea indicelui de gripare.

3. În baza concluziilor 1 și 2 considerăm drept oportună recomandarea acestui lubrifianț pentru producere în industrie.

Analiza valorilor rezistenței electrice specifice și a proprietăților de bază ale lubrifianților electrici de contact permit a face următoarele concluzii (Tab.4 și 5):

✓ După electroconductibilitate, lubrifianțul propus întrece lubrifianți ВНИИ НП-248, pasta 164-39 și КСБ produși în prezent.

✓ Acest lubrifianț este superior lubrifianților menționați și după majoritatea proprietăților reologice.

**Referințe:**

1. Синицын В.В. Пластичные смазки в СССР. - Москва: Химия, 1984.
2. В.В.Синицын. Пластичные смазки в СССР. Ассортимент. - Москва: Химия, 1979, с.162,163,179.

*Prezentat la 12.03.2010*