

DETERMINĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA COMPORTĂRII TRIBOLOGICE A UNOR MEDII DE UNGERE

Florin Petrescu – prof.univ.dr.ing. – UTCB
Anton Davidescu – conf.univ.dr.ing. – UTCB
Monica Vlase – s.l.dr.ing. – UTCB

Abstract. The main goal of this paper is the testing of a methodology of tribological behaviour determination of some lubricants depending on the load and velocity, at the lubricated interface with a lubricant layer.

Programul experimental are ca obiectiv principal aplicarea unei metodologii de determinare a comportării tribologice a unor lubrifianți în funcție de încărcare și viteză la nivelul contactului protejat de pelicula de lubrifianț.

Cuantificarea procesului de frecare, în condițiile precizate s-a făcut prin determinarea coeficientului de frecare și respectiv a forței de frecare pentru fiecare caz particular aplicat.

Lubrifianții supuși determinărilor experimentale au fost după cum urmează:

- 5 W 30 Premium, proaspăt și uzat, notate în planul experimental cu L1 respectiv L2;
- M 30 Super 2, proaspăt și uzat, notate în planul experimental cu L3 și respectiv L4;
- H 46, proaspăt și uzat, notate în planul experimental cu L5 și respectiv L6;
- Ulei pentru prelucrări mecanice prin așchiere, notat în planul experimental cu L7.

Despre lubrifianții uzați se cunosc următoarele:

- lubrifianțul 5 W 30 Premium s-a utilizat 10.000 km într-un motor cu ardere internă care avea un rulaj parcurs de 36.000 km;
- lubrifianțul M 30 Super 2 a funcționat 8.300 km într-un motor cu un rulaj parcurs de 47.000 km;
- lubrifianțul H 46 a fost folosit circa 6.500 h la o instalație hidraulică (cilindrii de presiune înaltă);
- lubrifianțul pentru așchiere a fost utilizat la o mașină unealtă pentru danturare prin frezare, cu freză melc-modul timp de 3.000 ore.

Determinările experimentale s-au realizat pe tribotestul cu cuplă de frecare știft – disc, prezentat în fig. 1 și 2.



Fig. 1

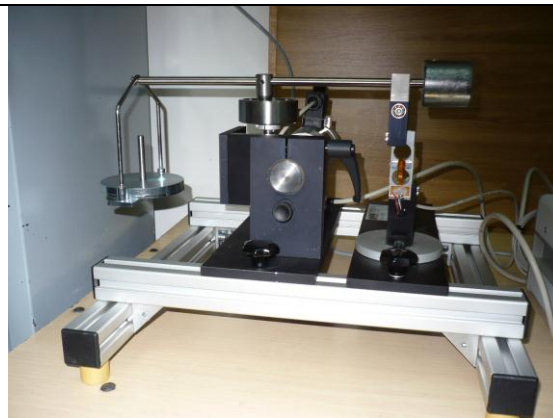


Fig. 2

În principiu tribotestul este alcătuit din:

- 1 – motor de acționare;
- 2 – cutie de viteze;
- 3 – cupla știft – disc;
- 4 – sistemul de încărcare;
- 5 – sistemul de măsurare a forței de frecare (traductor de forță);
- 6 – unitatea electronică de control și măsurare.

Motorul de acționare are următoarele caracteristici:

- tip AC
- turație nominală 3.000 rot/min
- moment 18,5 Nm
- putere 58 W.

Cutie de viteze

- tip – reductor melcat
- raport de transmisie 15
- moment 6,2 Nm
- turație maximă 5.000 rot/min.

Senzor de viteză

- tip – traductor rotativ adițional
- număr de impulsuri 6/rot.
- semnal exterior 0 – 5 V
- tensiune de lucru 24 V

Cupla știft - disc

Discul este realizat dintr-un oțel inoxidabil, călit, cu diametrul de 40 mm, suprafața activă fiind prelucrată prin rectificare.

Știftul poate fi realizat din diverse materiale, în funcție de scopul experimentărilor și are un diametru de 4 mm.

Observație: În cazul de față s-a utilizat un știft din oțel cu suprafața frontală, de contact, lustruită.

Sistemul de încărcare este de tip pârghie cu greutăți atașate de 20 N, 10 N și 5 N și raport de transmisie 2 : 1. Sarcina maximă suportată este de 80 N.

Sistemul de măsurare a forței de frecare

Forța de frecare se măsoară tensometric, cu ajutorul unui reductor de forță, în funcție de încărcare și viteză.

Unitatea electronică de control și măsurare permite stabilirea și vizualizarea treptei de viteză dorite precum și măsurarea forței de frecare. Cunoscând încărcarea corespunzătoare forței de frecare se calculează coeficientul de frecare.

Rezultatele experimentale obținute

Forța de frecare s-a măsurat, pentru cei șapte lubrifianți (L1 ... L7) în funcție de încărcare și viteză.

Treptele de încărcare (încărcarea normală F_n [N]) utilizate au fost: 10, 20, 30, 40 și 50 N.

FIȘA NR.1-MĂSURĂTORI TRIBOLOGICE (TRIBOMETRU ȘTIFT-DISC)

VALORILE FORȚEI DE FRECARĂ DE ALUNECARE- F_f [N]						
Lubrifiant	Turația-n[rot/min] Viteza-[m/s]	Încărcarea normală - F_n [N]				
		10	20	30	40	50
L1 5W30 (proaspăt)	82/0,15	1,2	2,5	3,8	5,1	6,5
	109/0,20	1,1	2,3	3,5	4,8	6,0
	136/0,25	0,9	2,0	3,1	4,4	5,6
	163/0,30	0,9	1,8	2,8	4,0	5,1
	190/0,35	1,1	2,3	3,5	4,8	6,0
L2 5W30 (uzat)	82/0,15	1,1	2,4	3,8	5,1	6,5
	109/0,20	1,1	2,2	3,5	4,8	6,1
	136/0,25	1,0	2,0	3,3	4,6	5,7
	163/0,30	0,8	1,8	2,9	4,2	5,3
	190/0,35	0,7	1,6	2,5	3,8	4,9
L3 M30 (proaspăt)	82/0,15	0,7	1,3	1,4	1,4	1,8
	109/0,20	0,6	1,0	1,1	1,2	1,6
	136/0,25	0,5	0,7	0,9	1,1	1,5
	163/0,30	0,5	1,2	2,1	4,3	5,2
	190/0,35	1,0	1,9	2,5	3,9	4,7
L4 M30 (uzat)	82/0,15	0,9	1,8	2,1	2,1	2,2
	109/0,20	0,7	1,5	1,6	1,5	1,7
	136/0,25	0,6	0,4	1,5	1,4	1,5
	163/0,30	0,6	1,2	2,4	3,0	3,8
	190/0,35	0,7	1,8	2,8	3,8	4,6
L5 H46 (proaspăt)	82/0,15	1,0	2,2	3,2	4,1	4,9
	109/0,20	1,0	2,0	2,9	3,5	4,2
	136/0,25	0,9	1,9	2,5	3,1	3,6
	163/0,30	0,9	1,7	2,3	2,6	3,2
	190/0,35	0,8	1,6	1,9	2,3	2,6
L6 H46 (uzat)	82/0,15	1,0	2,1	3,0	3,9	4,8
	109/0,20	1,2	2,4	3,3	4,3	5,2
	136/0,25	1,2	2,5	3,5	4,3	6,7
	163/0,30	1,3	2,6	3,7	4,8	6,6
	190/0,35	1,3	2,6	3,7	4,8	6,7
L7 Ulei pentru așchiere (danturare)	82/0,15	1,2	2,3	3,2	3,8	5,3
	109/0,20	1,2	2,3	3,0	3,8	5,0
	136/0,25	1,1	2,2	2,6	3,3	4,2
	163/0,30	1,0	1,9	2,3	2,7	3,8
	190/0,35	1,0	1,8	2,1	2,6	3,1

FIȘA Nr.2-MĂSURĂTORI TRIBOLOGICE (TRIBOMETRU ȘTIFT-DISC)

VALORILE COEFICIENTULUI DE FRECARE DE ALUNECARE- μ_f						
Lubrifiant	Turația-n[rot/min] Viteza-[m/s]	Încărcarea normală - F_n [N]				
		10	20	30	40	50
L1 5W30 (proaspăt)	82/0,15	0,12	0,125	0,126	0,127	0,130
	109/0,20	0,11	0,115	0,116	0,120	0,120
	136/0,25	0,09	0,100	0,103	0,110	0,112
	163/0,30	0,09	0,090	0,093	0,100	0,102
	190/0,35	0,11	0,115	0,116	0,120	0,120
L2 5W30 (uzat)	82/0,15	0,11	0,120	0,127	0,127	0,130
	109/0,20	0,11	0,110	0,117	0,120	0,122
	136/0,25	0,10	0,100	0,110	0,115	0,114
	163/0,30	0,08	0,090	0,097	0,105	0,106
	190/0,35	0,07	0,080	0,083	0,095	0,098
L3 M30 (proaspăt)	82/0,15	0,07	0,065	0,047	0,035	0,036
	109/0,20	0,06	0,050	0,037	0,030	0,032
	136/0,25	0,05	0,035	0,030	0,027	0,030
	163/0,30	0,05	0,060	0,070	0,107	0,104
	190/0,35	0,10	0,095	0,083	0,097	0,094
L4 M30 (uzat)	82/0,15	0,09	0,090	0,070	0,052	0,044
	109/0,20	0,07	0,075	0,053	0,037	0,034
	136/0,25	0,06	0,020	0,050	0,035	0,030
	163/0,30	0,06	0,060	0,080	0,075	0,076
	190/0,35	0,07	0,090	0,093	0,095	0,092
L5 H46 (proaspăt)	82/0,15	0,10	0,110	0,107	0,102	0,098
	109/0,20	0,10	0,100	0,097	0,087	0,084
	136/0,25	0,09	0,095	0,083	0,077	0,072
	163/0,30	0,09	0,085	0,077	0,065	0,064
	190/0,35	0,08	0,080	0,063	0,057	0,052
L6 H46 (uzat)	82/0,15	0,10	0,105	0,100	0,097	0,096
	109/0,20	0,12	0,120	0,110	0,107	0,104
	136/0,25	0,12	0,125	0,117	0,107	0,134
	163/0,30	0,13	0,130	0,123	0,120	0,132
	190/0,35	0,13	0,130	0,123	0,120	0,134
L7 Ulei pentru așchiere (danturare)	82/0,15	0,12	0,115	0,107	0,095	0,106
	109/0,20	0,12	0,115	0,100	0,095	0,100
	136/0,25	0,11	0,110	0,087	0,082	0,084
	163/0,30	0,10	0,095	0,077	0,067	0,076
	190/0,35	0,10	0,090	0,070	0,065	0,062

Vitezele folosite au fost (viteze măsurate pe un diametru de contact Ø35 mm):

- 82 rot/min (0,15 m/s)
- 109 rot/min (0,20 m/s)
- 136 rot/min (0,25 m/s)
- 163 rot/min (0,30 m/s)
- 190 rot/min (0,35 m/s)

Valorile măsurate(în contextul precizat) ale forței de frecare sunt înscrise în FIȘA Nr. 1.

Valorile calculate ale coeficientului de frecare sunt trecute în FIȘA Nr. 2.

Variațiile coeficientului de frecare cu viteza și încărcarea sunt transpuse grafic în fig. 3-11 (în lucrare sunt prezentate selectiv, dintr-un total de 22 de grafice).

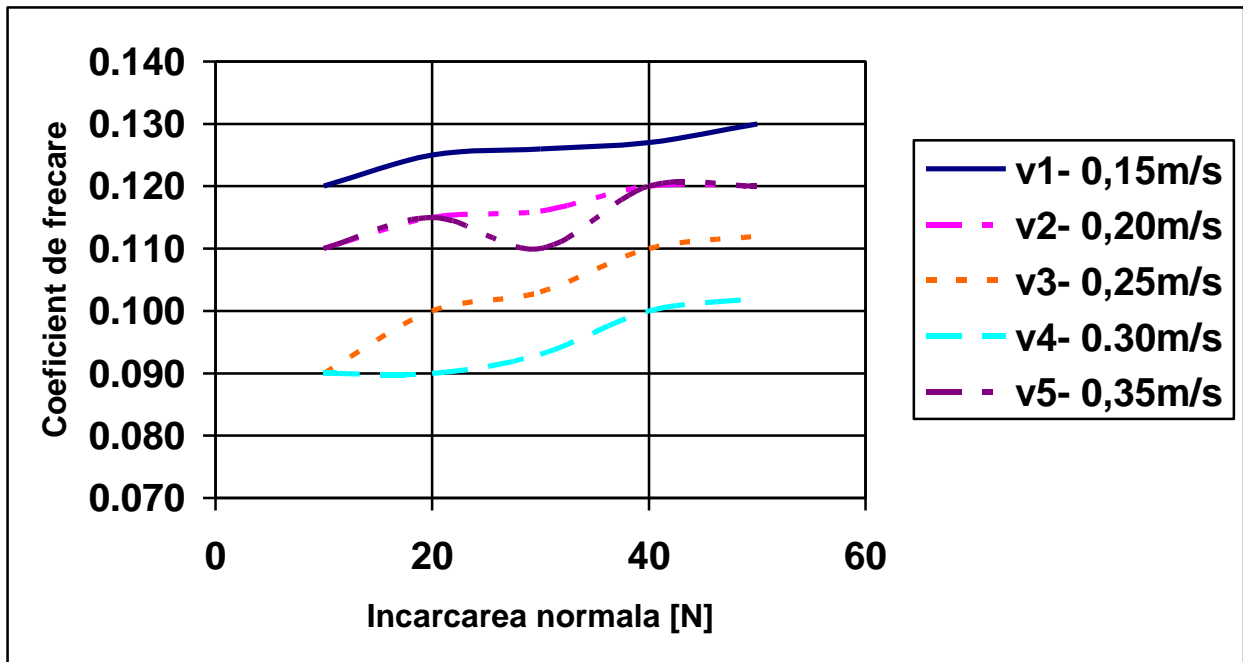


Fig.3 Variația coeficientului de frecare cu viteza și încărcarea, pentru lubrifiantul L1 (5W30- proaspăt)

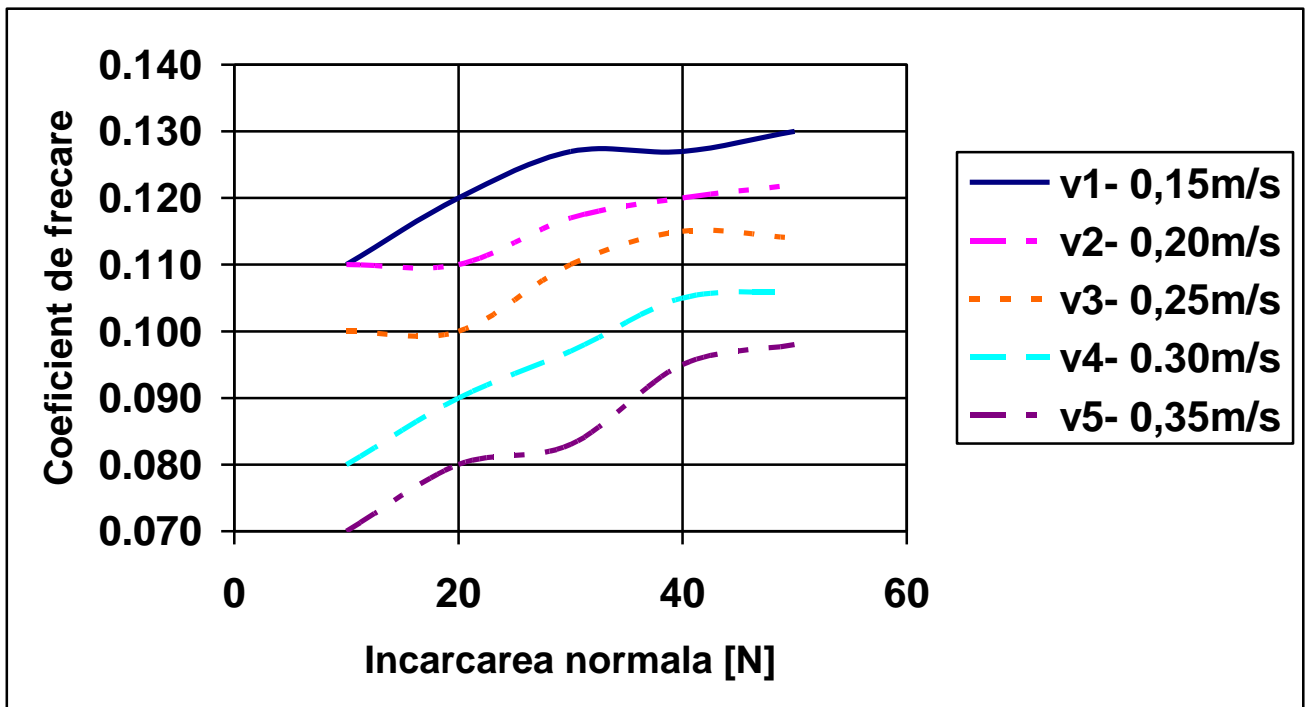


Fig.4 Variația coeficientului de frecare cu viteza și încărcarea, pentru lubrifiantul L2 (5W30- uzat)

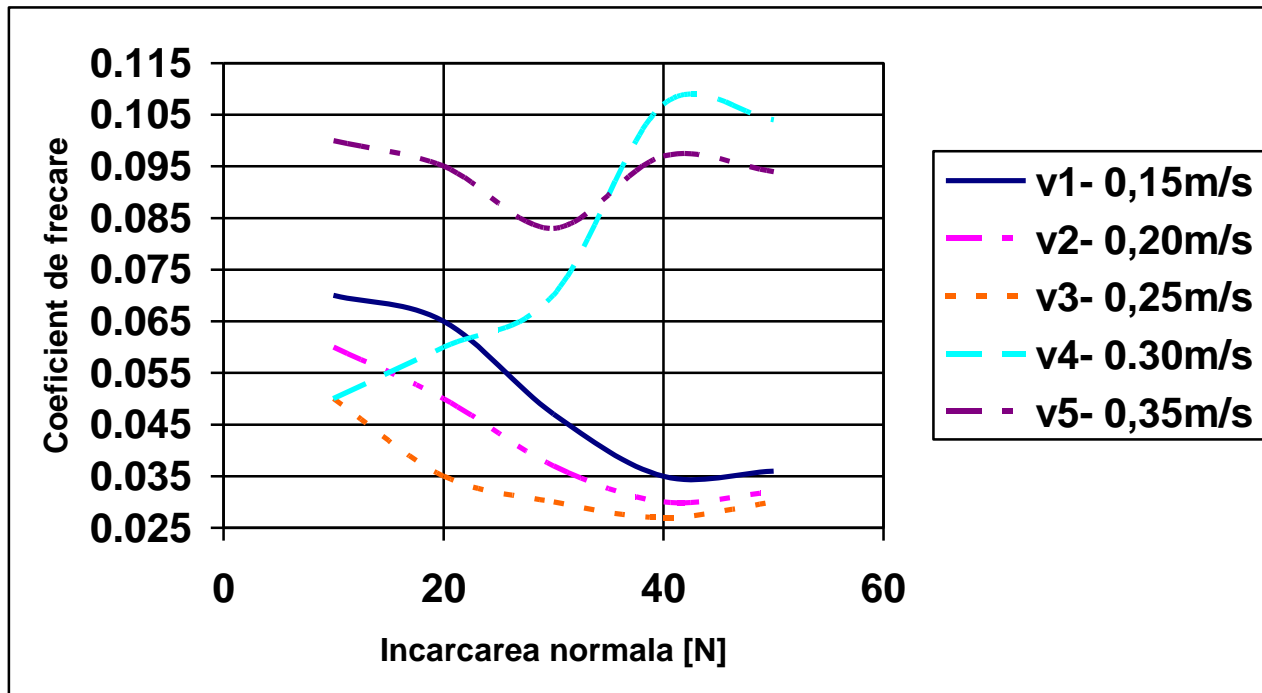


Fig.5 Variația coeficientului de frecare cu viteza și încărcarea, pentru lubrifiantul L3 (M30- proaspăt)

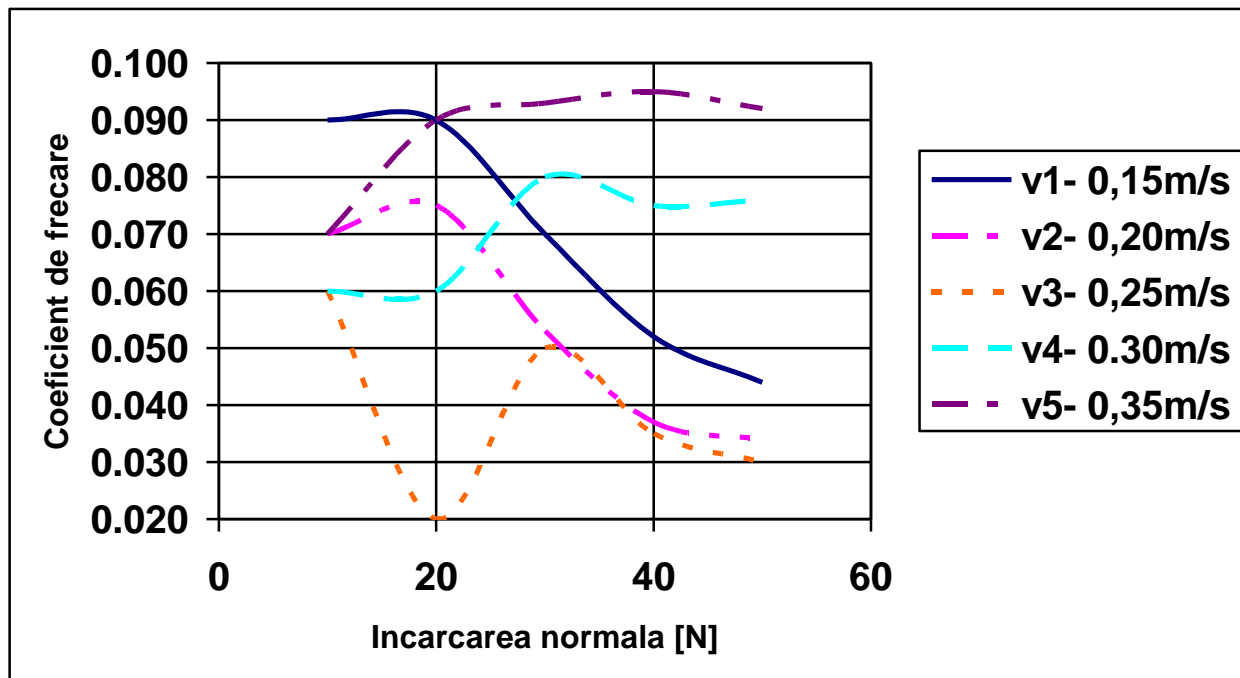


Fig.6 Variația coeficientului de frecare cu viteza și încărcarea, pentru lubrifiantul L4 (M30- uzat)

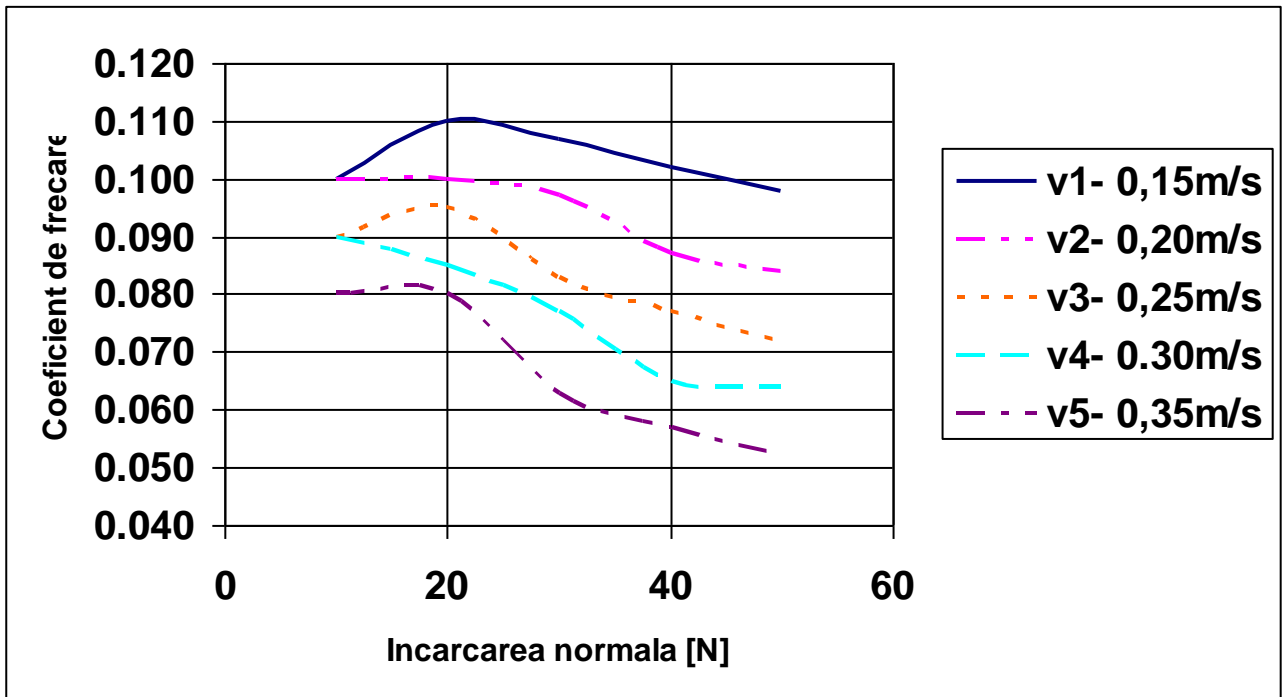


Fig.7 Variația coeficientului de frecare cu viteza și încărcarea, pentru lubrifianțul L5 (H46- proaspăt)

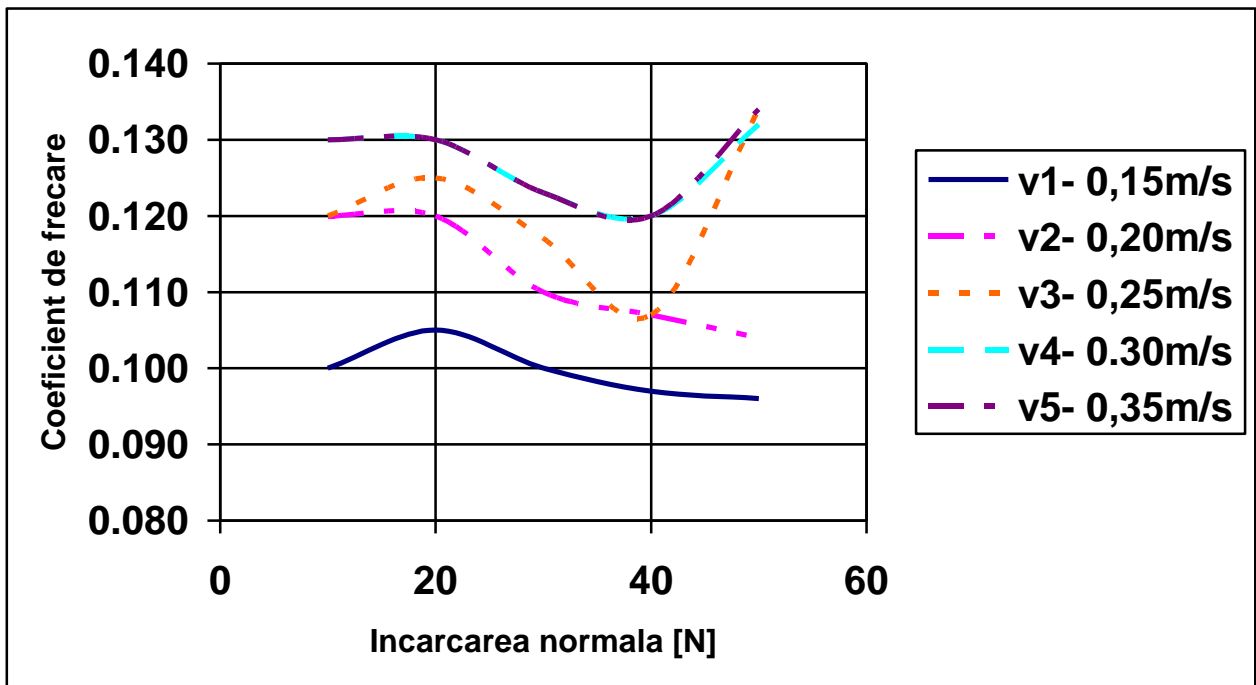


Fig.8 Variația coeficientului de frecare cu viteza și încărcarea, pentru lubrifianțul L6 (H46- uzat)

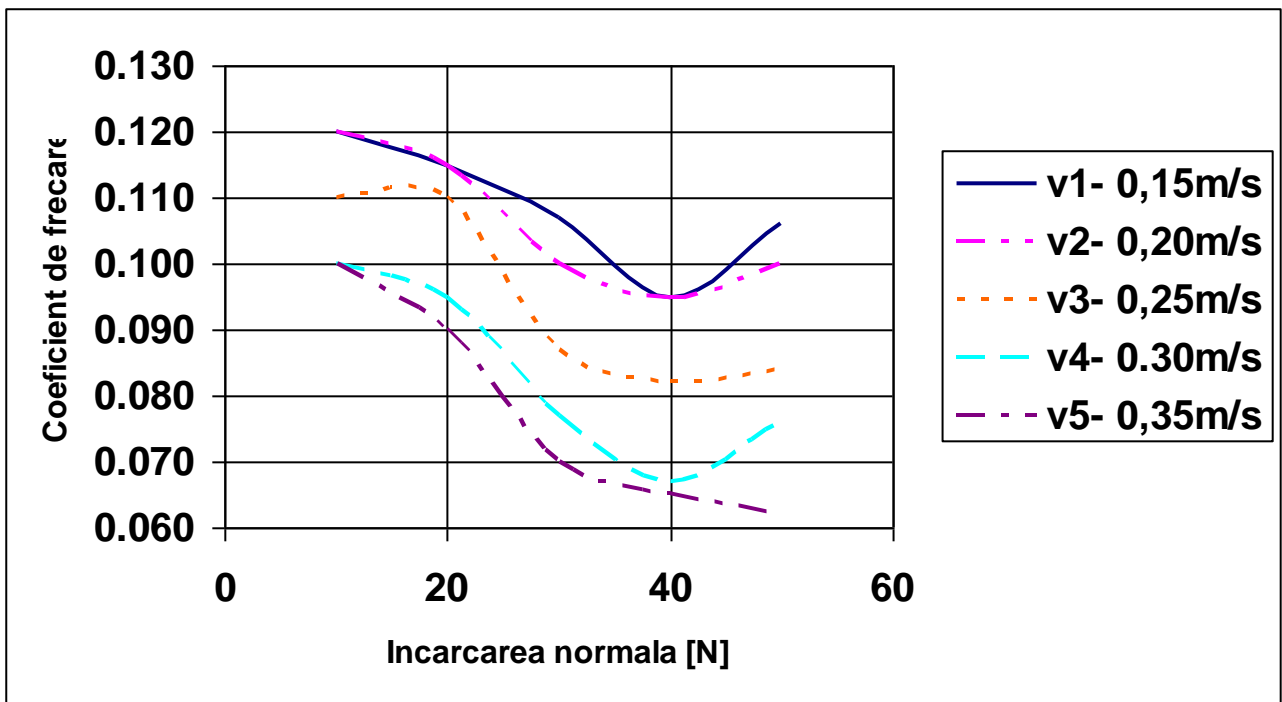


Fig.9 Variația coeficientului de frecare cu viteza și încărcarea, pentru lubrifianțul L7 (ulei pentru așchiere)

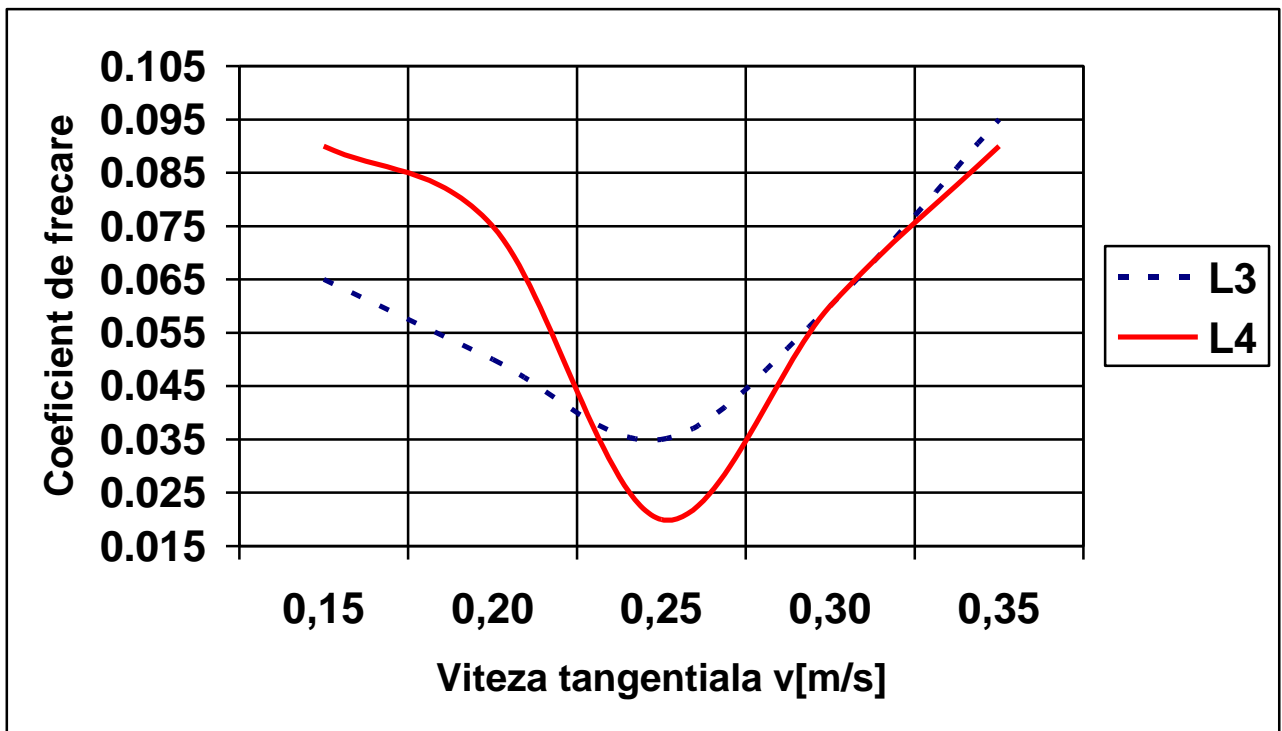


Fig.10 Variația coeficientului de frecare în funcție de viteză, pentru L3 și L4 cu $F_n=20$ N.

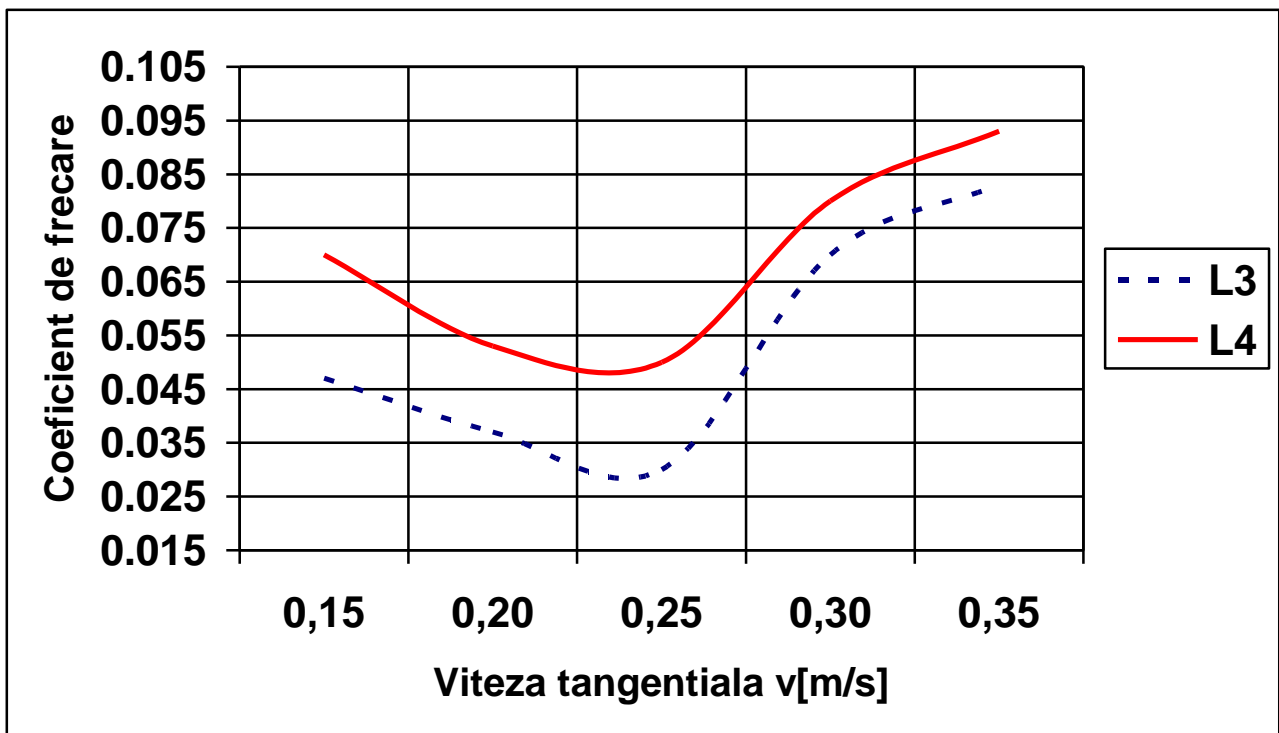


Fig.11 Variația coeficientului de frecare în funcție de viteză, pentru L3 și L4 cu $F_n=30$ N.

Concluzii

1. Privitoare la influența încărcării și vitezei asupra forței de frecare

- Pentru uleiul 5W30-proaspăt (L1)
 - i. Forța de frecare scade cu creșterea vitezei pentru primele 4 trepte de viteză (0,15m/s; 0,20m/s; 0,25m/s; 0,30m/s)
 - ii. Viteza de 0,35m/s reprezintă un prag critic la care forța de frecare crește
 - iii. Pentru fiecare viteză forța de frecare crește cu sarcina
- Pentru uleiul 5W30-uzat (L2)
 - i. Forța de frecare scade cu creșterea vitezei pentru fiecare treaptă a încărcării și crește cu creșterea încărcării
 - ii. Pragul de viteză critică nu s-a mai produs în acest caz
- Pentru uleiul M30-proaspăt (L3)
 - i. Pragul vitezei critice este atins la $v=0,3$ m/s
 - ii. Viteza de 0,35m/s (valoare peste pragul critic) provoacă creșterea F_f pentru încărcările de 10, 20 și 30N iar pentru încărcările de 40 și 50N se produce scăderea forței de frecare
 - iii. Forța de frecare crește cu încărcarea pentru fiecare treaptă de viteză
- Pentru uleiul M30-uzat (L4)
 - i. Pragul vitezei critice este atins la $v=0,3$ m/s
 - ii. După această viteză forța de frecare crește la toate cele cinci trepte de încărcare
 - iii. Forța de frecare crește cu încărcarea pentru fiecare viteză
- Pentru uleiul H46-proaspăt (L5)
 - i. Forța de frecare scade cu creșterea vitezei la toate treptele de încărcare
 - ii. Forța de frecare crește cu încărcarea pentru fiecare viteză
- Pentru uleiul H46-uzat (L6)
 - i. Forța de frecare crește cu viteza pentru fiecare treaptă de încărcare
 - ii. Forța de frecare crește cu încărcarea pentru fiecare treaptă de viteză

- Pentru uleiul de aşchiere (L7)
 - i. Forţa de frecare scade cu viteza pentru fiecare încărcare
 - ii. Forţa de frecare creşte cu încărcarea pentru fiecare viteză

2. Privitoare la influenţa încărcării şi vitezei asupra coeficientului de frecare

- Se observă o uşoară creştere a coeficientului de frecare de alunecare, odată cu creşterea încărcării, pentru lubrifianţii L1 şi L2. Explicaţia noastră este prezenţa perioadei de rodaj între suprafeţele active ale elementelor cuplei cinematice ştift-disc, perioadă ce a corespuns experimentării celor doi lubrifianţi.
- Pentru ceilalţi lubrifianţi L3-L7 coeficientul de frecare are o uşoară tendinţă de scădere, odată cu creşterea încărcării, urmând un trend ascendent pentru încărcări ce depăşesc 40N.
- Privind variaţia coeficientului de frecare cu viteza, tendinţa generală este de micşorare a valorii coeficientului de frecare odată cu creşterea vitezei, cu excepţia vitezei v5 la L1, a vitezelor v4 şi v5 la L3,L4 şi L6. Explicaţia acestor comportamente este motivată prin eventuala manifestare a gripajului incipient în jurul vitezelor (0,30-0,35)m/s, viteze ce pot fi considerate drept critice, în contextul dat.
- Diagramele ce privesc comportarea coeficientului de frecare comparativ la perechile de lubrifianţi “proaspăt-uzat”, pun în evidenţă comportamentul tribologic favorabil lubrifianţilor proaspeţi în detrimentul celor uzaţi, dar şi aici există excepţii. Excepţiile se manifestă la lubrifianţii L1 şi L2, unde lubrifiantul uzat (L2) produce coeficienţi de frecare mai mici. Explicaţia acestui comportament este dată de faptul că experimentările au fost demarate cu lubrifiantul L1, suprafeţele de contact ale cuplei ştift-disc nefiind acomodate reciproc din punct de vedere al stării microgeometrice. Aceste elemente au condus la valori ale coeficientului de frecare mai mari pentru lubrifiantul proaspăt (L1) faţa de cel uzat (L2).