

# **CERCETARI APLICATIVE PRIVIND DURABILITATEA LUBRIFIANTILOR INDUSTRIALI**

**Radulescu Alexandru**, Conf.dr.ing., Universitatea POLITEHNICA din Bucuresti  
**Radulescu Irina**, Drd.ing., S.C. I.C.T.C.M. S.A. Bucuresti

## **ABSTRACT**

The paper propose a method for diagnosing the wear degrees of lubricants based on the determination of the rheological properties, more precisely the reducing of the viscosity values during the working time. An experimental stand was design and realised, according to squeeze film theory. Experimental results are analyzed and conclusions regarding the durability and the reserve of life for the analyzed lubricants are presented.

## **1. INTRODUCERE**

Una dintre problemele de actualitate ale economiei mondiale, privita in toate aspectele, este cresterea continua a cantitatilor de deseuri si reziduri ce rezulta in urma activitatilor umane, cu un impact ecologic devastator asupra mediului inconjurator. Statele industrializate, cu forta economica impresionanta, au initiat programe in valoare de sute de milioane sau miliarde de dolari pe an, pentru a preveni, combate si opri degradarea ecosistemului terestru. In acest sens, o atentie deosebita se acorda problemei gestionarii deeurilor petroliere, din mai multe puncte de vedere: evitarea risipei de combustibili si lubrifianti, recuperarea si reconditionarea lubrifiantilor, crearea de combustibili ecologici sau de lubrifianti biodegradabili etc, [3].

In acest sens, lucrarea de fata propune o metoda de diagnosticare rapida a lubrifiantilor lichizi (utilizati la automobile, aparate de zbor, nave maritime, locomotive precum si la diferite instalatii), pornind de la ideea ca schimbul de ulei se impune a fi facut atunci cand uleiul este complet uzat si nu dupa recomandarile teoretice ale producatorului. Stabilirea momentului de inlocuire a uleiului este destul de dificila deoarece acesta depinde de factori greu de controlat. In unele cazuri, la automobile, uleiul se schimba mai frecvent decat este necesar, pentru a avea certitudinea ca eficacitatea uleiului nu a fost complet epuizata. Un astfel de procedeu nu este daunator din punct de vedere tehnic, dar este costisitor.

Degradarea uleiului in timpul serviciului depinde, in afara de durata de functionare a motorului, de multi alti factori. Exista doua cauze principale ale degradarii uleiului care reclama schimbarea sa: oxidarea si impurificare. La temperaturi ridicate de functionare, uleiurile cu stabilitate termo-oxidanta scazuta formeaza depuneri de carbune si de lacuri, precum si acizi corosivi. In ceea ce priveste impurificarea, aceasta se datoreaza condensarii vaporilor de combustibil si apa precum si particulelor de rugina sau metalice provenite din uzura motorului, [5], [6].

Gradul de impurificare si durata de utilizare a uleiului depind de conditiile de exploatare, de calitatea uleiului, de constructia si de starea tehnica a motorului. Aprecierea stadiului de degradare si a momentului de schimbare a uleiului se fac prin analiza periodica a caracteristicilor lui fizico-chimice (Fig.1). Uleiul se considera degradat (uzat) atunci cand caracteristicile lui au atins anumite valori limita stabilite pentru fiecare tip de motor de catre constructor. Principalii parametri considerati in acest sens sunt: densitatea, viscozitatea, continutul de combustibil, punctul de inflamabilitate, culoarea, insolubilele in pentan, insolubilele in benzen, cenusa, continutul de apa, aciditatea si bazicitatea uleiului, [8].

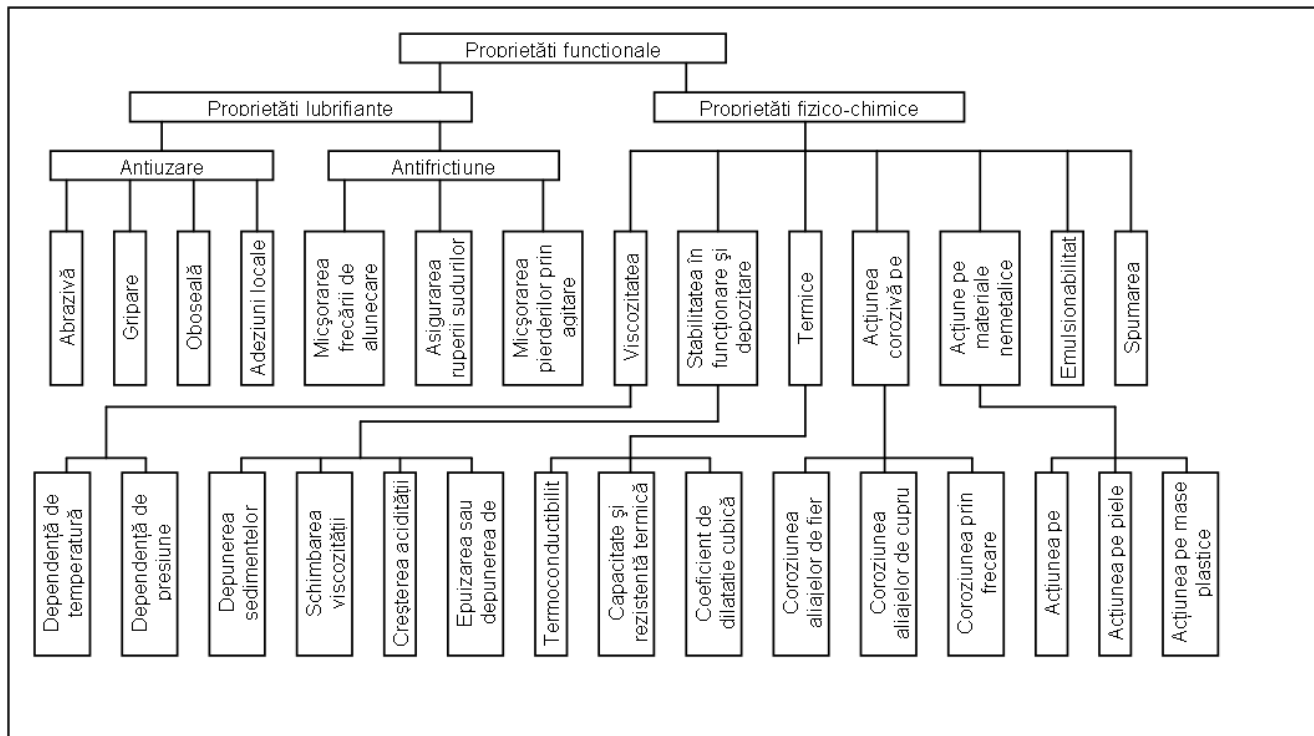


Fig. 1 Caracteristicile fizico-chimice ale uleiurilor, [8]

In acest sens se propune identificarea si dezvoltarea unei noi metode de diagnosticare rapida a lubrifiantilor lichizi cu ajutorul fenomenului de expulzare a peliculei de lubrifiant (squeeze-film). Metodologia de estimarea gradului de uzura a lubrifiantului utilizeaza o teorie originala de calcul a distantei in sensul unei norme in spatiile multivectoriale. Metoda propusa pentru diagnosticare este originala, foarte rapida si foloseste pentru diagnosticare o cantitate foarte mica de lubrifiant (circa 10 ml), putandu-se preciza intr-un timp scurt gradul de uzura din punct de vedere al proprietatilor acestuia in conditiile unei curgeri hidrodinamice, [2], [4], [7].

## 2. INSTALATIA EXPERIMENTALA

Standul experimental utilizat pentru realizarea determinarilor experimentale este un reogoniometru Weissenberg modificat, format din urmatoarele elemente principale (fig. 2):

- Unitatea de lucru centrala;
- Sistemul de antrenare a discului superior, corespunzator cuplei de frecare;
- Sistemul de actionare electrica si comanda a motorului;
- Traductorii de presiune;

- Traductorul de deplasare;
- Sistemul de achizitie si prelucrare a datelor.

In figura 3 se prezinta de asemenea un detaliu privind constructia si amplasarea traductoarelor de presiune si de deplasare.

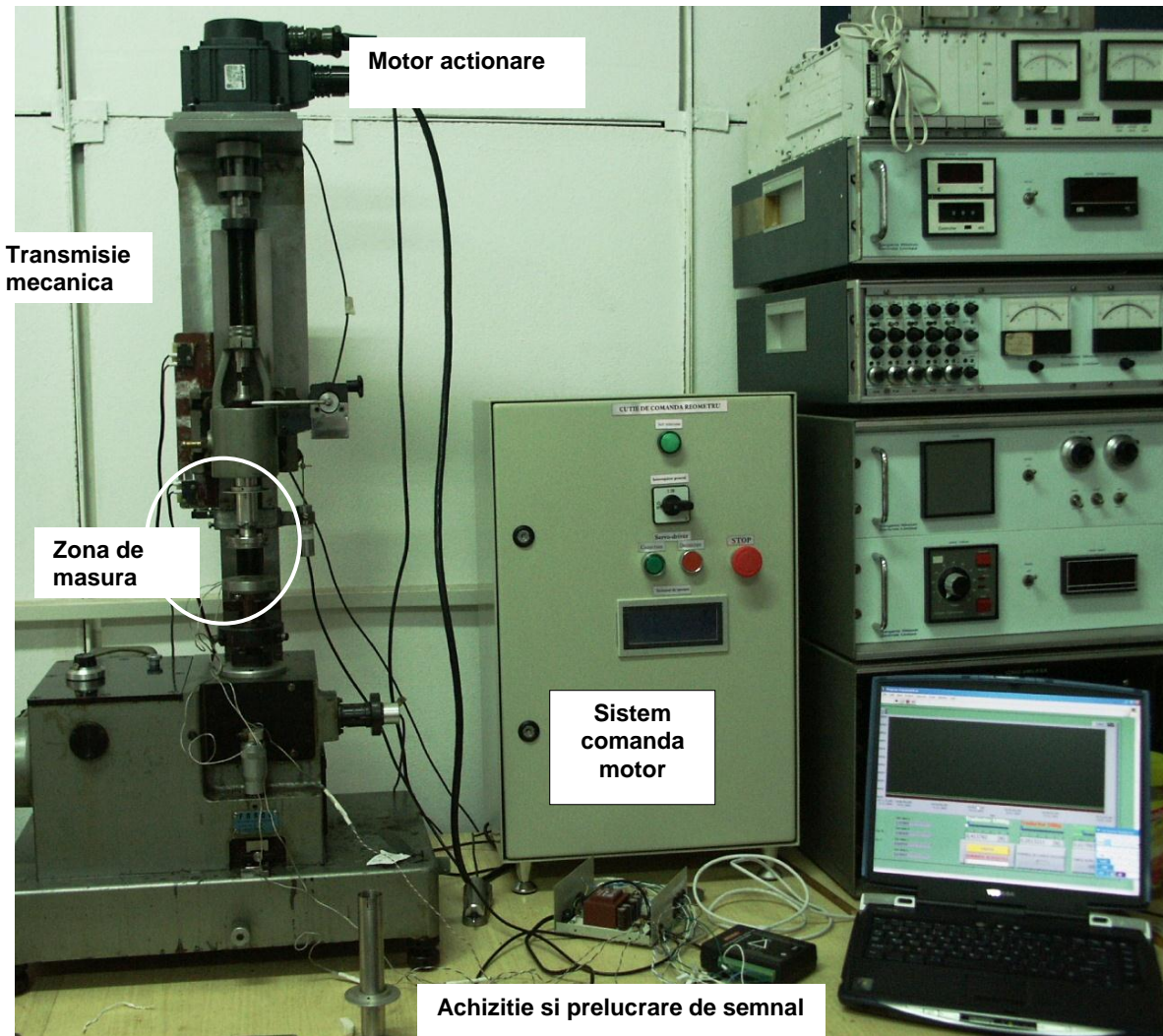


Fig. 2 Instalatie experimentală pentru testarea lubrifianților

Pentru achiziția și prelucrarea numerică a datelor experimentale a fost utilizat software-ul LabVIEW, [1]. Măsurarea semnalelor preluate de la cele trei traductoare de presiune și de la traductorul de deplasare a fost realizată cu ajutorul unei plăci de achiziție de date NI USB-6008. Încărcând pe rând, fiecare din cele trei traductoare, cu o sarcină de 200 g, au fost obținute următoarele relații de conversie a semnalului electric în unități de presiune, respectiv de deplasare (tab. 1):

Tab. 1 Relații de conversie a semnalului electric

Traductor deplasare	Traductor presiune		
	Lateral	Median	Central
$d \text{ [mm]} = \frac{u \text{ [V]} - 1,76746}{0,36295}$	$p \text{ [bar]} = \frac{u \text{ [V]} - 0,535}{1,0135}$	$p \text{ [bar]} = \frac{u \text{ [V]} - 0,805}{1,27893}$	$p \text{ [bar]} = \frac{u \text{ [V]} - 0,804}{1,32424}$

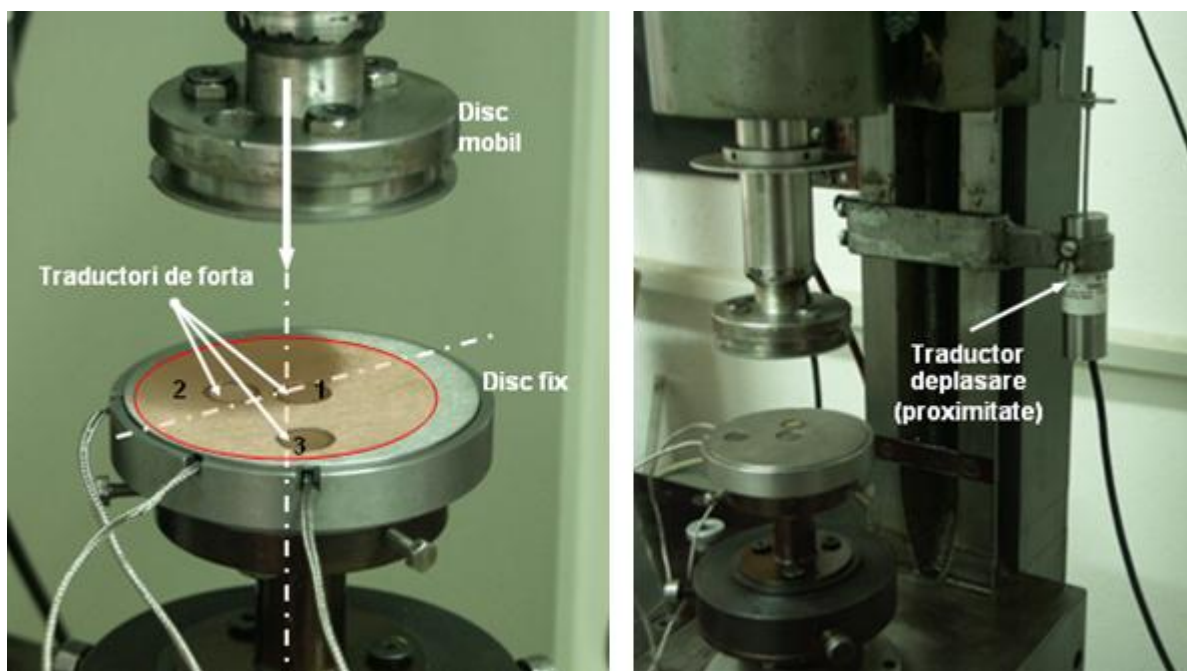


Fig. 3 Detaliu de amplasare traductoare

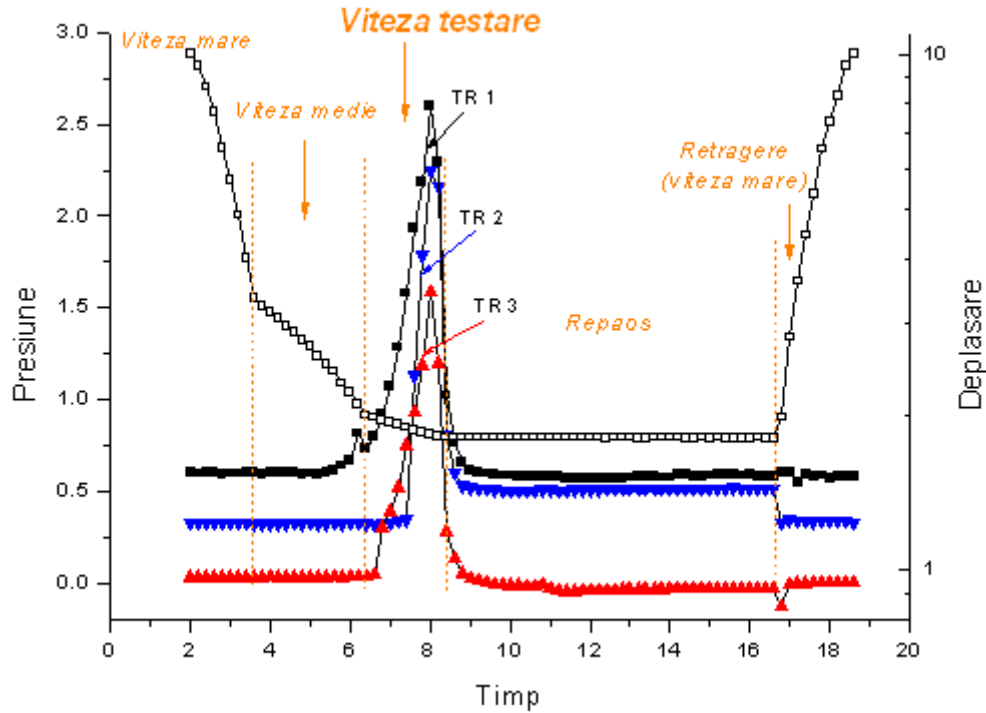
### 3. REZULTATE

În protocolul de testare s-a stabilit folosirea a 4 viteze de coborare a discului superior mobil, cea de-a treia viteză fiind cea folosită pentru testarea reologică propriu-zisă. În timpul expulzării filmului de lubrifiant, se înregistrează valoarea instantanee a presiunii în trei puncte de măsură de pe placă inferioară (dispuse la distanțe diferite față de centrul plăcii) și se trasează variația presiunii în timp, după schema de încărcare prezentată în figura 4. Forma acestor curbe este dată, pentru o viteză constantă de coborare a plăcii superioare, de funcția de vâscozitate a fluidului și de elasticitatea acestuia (dacă este cazul). Prin integrarea distribuției de presiuni se obține forța totală (și variația acestei mărimi în timp), un parametru de control important în stabilirea uzurii lubrifiantului.

În prima fază de calibrare a aparatului experimental s-a folosit drept fluid de lucru glicerina, cunoscut pentru proprietățile sale reologice remarcabile – fluid perfect newtonian, cu vâscozitate constantă indiferent de gradientul de viteză. Ciclul de încărcare propus pentru trasarea curbelor de expulzare specifice fluidelor proaspete și uzate este compus din:

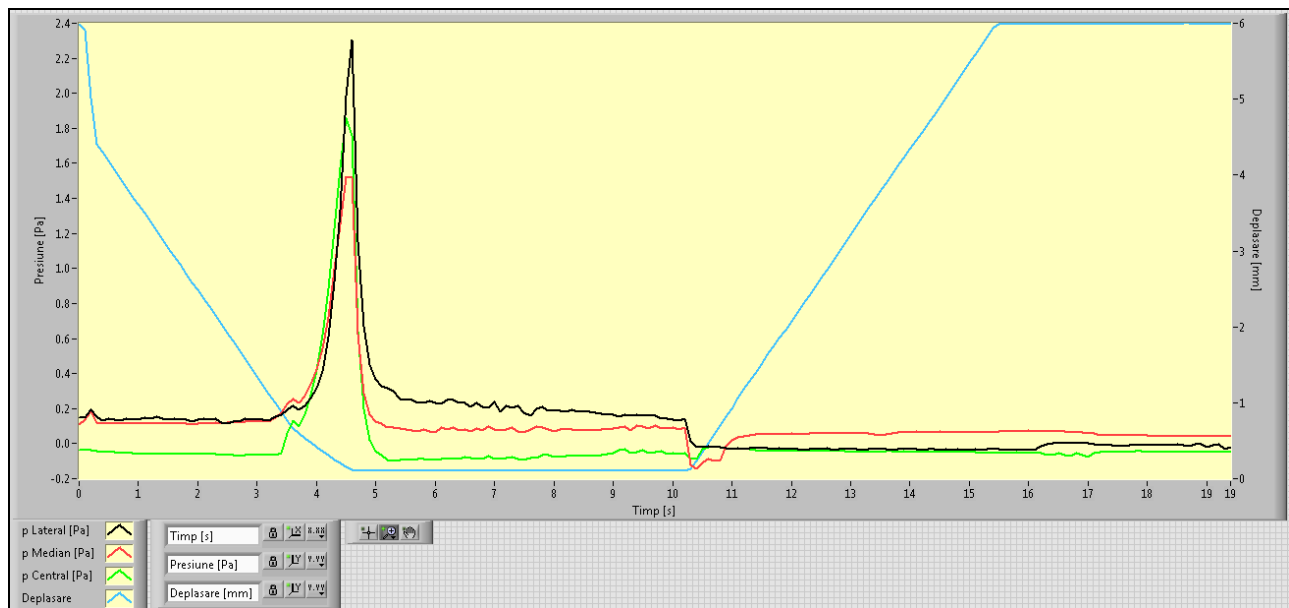
- Coborare de la grosimea de film de 6 mm până la grosimea de 4 mm cu viteză de expulzare mare de 10 mm/s;
- Coborare de la grosimea de film de 4 mm până la grosimea de 0.6 mm cu viteză de expulzare medie de 1 mm/s;
- Coborare de la grosimea de film de 0.6 mm până la grosimea de 0.1 mm cu viteză de expulzare mică, pre-programată la valorile de 0.25, 0.50, 0.75 și 1 mm/s;
- Menținerea la grosimea minimă de film pe o perioadă de 5 s;
- Retragerea la poziția inițială (grosime de film de 6 mm) cu viteză medie de 1 mm/s.

Pe parcursul acestui ciclu, zona de măsurare de interes este cea de viteză minimă (zona a treia), unde se manifestă cu precădere particularitățile fenomenului de expulzare și apare diferența netă între fluidul proaspăt și uzat. În această zonă se observă apariția unor presiuni maxime, cu valori de ordinul MPa, dar și a fenomenului de depresiune și de cavitație pe cursa de ridicare a plăcii superioare.

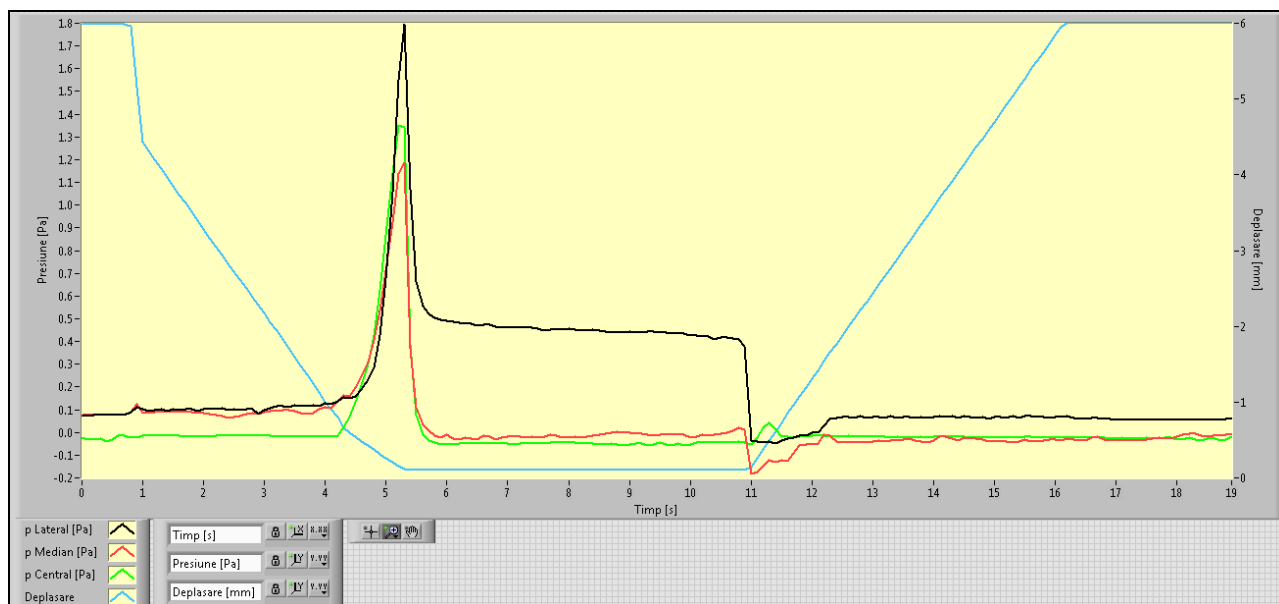


**Fig. 4** Variatia deplasarii placii mobile si variatia presiunii inregistrata pe placa fixa de cei trei traductori de forta (fluid testat glicerina, viscozitate 0.56 Pa·s; in grafic scarile sunt calitative)

Fluidele de lucru testate au fost uleiul de motor 15W40 si uleiul hidraulic HLP 46, in stare proaspata si uzata, [8]. In figurile 5 si 6 sunt prezentate doua exemple specifice de achizitii de date privind variatia presiunii in filmul de lubrifiant, pentru uleiul 15W40 in stare proaspata sau uzata, la o viteza de expulzare de 0,50 mm/s si temperatura de 20 °C.

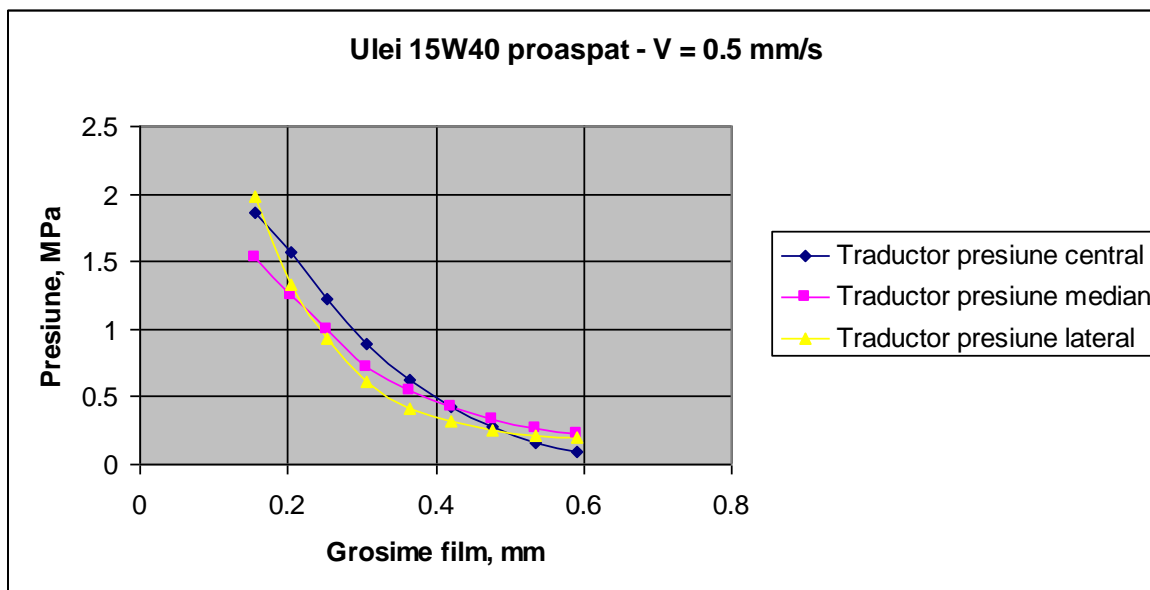


**Fig. 5** Achizitie de date pentru presiunea din filmul de lubrifiant si deplasarea semicuplei mobile (ulei 15W40 in stare proaspata)



**Fig. 6** Achizitie de date pentru presiunea din filmul de lubrifiant si deplasarea semicuplei mobile (ulei 15W40 in stare uzata)

Pentru a se pune in evidenta diferenta dintre comportamentul fluidului proaspăt și al celui uzat, se vor trasa curbele de expulzare corespunzătoare vitezei minime (variația presiunii din film în funcție de grosimea filmului de lubrifiant), pentru toate cele trei traductoare de presiune dispuse pe stand. Pentru cele două achiziții de date prezentate în figurile 5 și 6, rezultatele au fost prelucrate și analizate, rezultând curbele finale caracteristice (figurile 7 și 8). Se pot observa clar diferențele de comportament dintre uleiurile proaspete și uzate, remarcându-se în special valorile obținute pentru presiunea maximă din filmul de lubrifiant.



**Fig. 7** Variația presiunii în funcție de grosimea filmului de lubrifiant (ulei 15W40 în stare proaspătă)

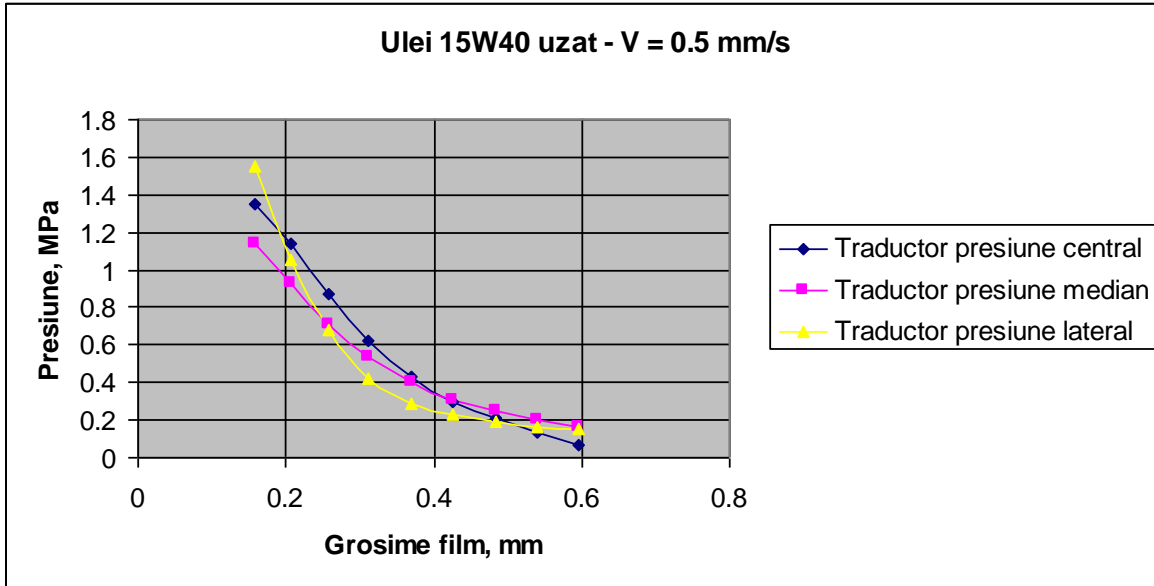


Fig. 8 Variatia presiunii in functie de grosimea filmului de lubrifiant (ulei 15W40 in stare uzata)

#### 4. CONCLUZII

Standul experimental realizat are drept componenta principala un dispozitiv de masurare original, cuplat cu un sistem de achizitie si prelucrare de date. Utilizand o cantitate mica din lubrifiantul de diagnosticat si doua semicuple plane orizontale – una fixa inferioara si una mobila superioara, se inregistreaza variatia in timp a grosimii filmului de lubrifiant cu ajutorul unui traductor de proximitate, in timp ce presiunea din film este determinata cu trei traductoare dispuse radial.

Curba de squeeze-film astfel inregistrata constituie „amprenta” lubrifiantului utilizat, „amprenta” ce depinde de o multitudine de factori printre care si gradul de uzura al lubrifiantului. Au fost realizate teste de expulzare comparativa pentru uleiurile proaspete si uzate, constatandu-se o legatura directa intre distributia de presiuni si gradul de uzura al lubrifiantilor. Cu cat lubrifiantii sunt mai uzati, cu atat presiunile maxime din film au valori mai reduse in comparatie cu lubrifiantul proaspat. De asemenea, gradul de acuratete al raspunsului dinamic obtinut este mult mai mic fata de cazul fluidelor proaspete.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1]. Arsenoiu, L., Savu, T., Szuder, A., Bazele programarii in LabVIEW, Ed. Printech, Bucuresti, 1999.
- [2]. Briant, J. s.a., Propriétés rhéologiques des lubrifiants, Ed. Technique, Paris, 1985.
- [3]. Lefevre, R., Graissage et Tribotechnique, I, Inst. Franc. Petrole, Paris, 1975.
- [4]. Radulescu, Al.V. "The grease squeeze film between circular plates", BALKANTRIB '93, Sofia, oct.1993, p.484-491
- [5]. Salvendy, G., Handbook of Industrial Engineering, Section 13.6, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1982.
- [6]. Walters K., Rheometry, Chapman&Hall, London, 1975.
- [7]. \*\*\* The rheology of lubricating greases, ELGI, Amsterdam, 2000.
- [8]. \*\*\* Catalog de Produse Petroliere, PECCO, 1993