

## CERCETĂRI PRIVIND PIERDERILE ENERGETICE ÎN LAGĂRELE AXIALE ALE POMPELOR SUBMERSIBILE

S. Dîntu, conf.univ., dr.; I. Manoli, conf.univ., dr.  
Universitatea Tehnică a Moldovei

### INTRODUCERE

Cercetarea comportamentului unui obiect, adică descoperirea tabloului integral al modului de funcționare, este considerată ca cea mai complexă formă de cercetări științifice [1]. La evidențierea acestui tablou un loc important îl ocupă descrierea funcțională, în care se pune accentul pe interdependența dintre parametri.

Scopul lucrării este de a completa integritatea tabloului de comportare funcțională a lagărului axial cu o caracteristică energetică.

### CONSIDERAȚII GENERALE

Se știe, că pentru o mașină cea mai integră caracteristică energetică este randamentul mecanic. Cât privește o parte constituentă a mașinii, de exemplu, subansamblul lagărului de alunecare, atunci eficacitatea energetică poate fi apreciată prin pierderile energetice la funcționare. Informația despre aceste pierderi ar fi utilă la selectarea materialelor pentru subansamblul în cauză.

La funcționarea lagărului axial o parte din energia mecanică se disipează în formă de pierderi. Aceste pierderi sunt determinate de mecanismul interacțiunii celor trei componente ale sistemului: talpă, lubrifianț, placă de reazem, fig. 1.

Conform [2], dacă considerăm mișcare laminară a fluidului între plăci  $Re < 10^5$ , atunci momentul de frecare din ambele părți ale discului mobil (talpă, în cazul dat):

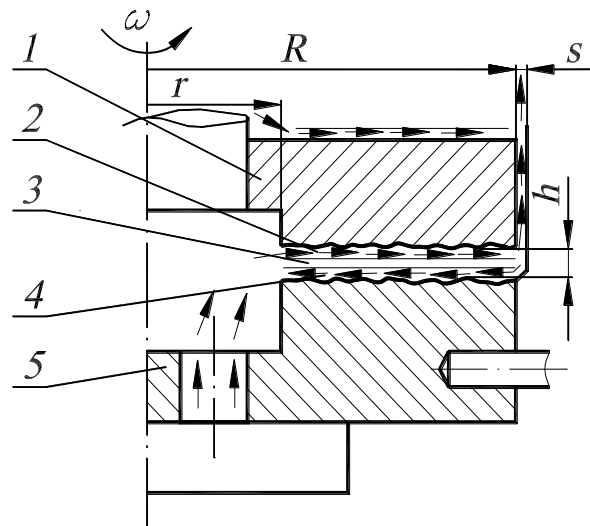
$$2M = \frac{\pi \omega R^4 \mu}{h}, \quad (1)$$

iar coeficientul momentului forțelor de frecare:

$$C_M = 2\pi \frac{R}{h} \frac{1}{Re}, \quad (2)$$

unde  $h$  este grosimea curentă a peliculei de lubrifianț.

În cazul valorilor foarte mici  $Re$  coeficientul  $C_M = K / Re$ , unde valoarea empirică  $K$  depinde atât de raportul  $h/R$ , cât și de  $s/R$ .



**Figura 1.** Schema mișcării lubrifianțului în lagărul axial: 1 – talpă; 2, 4 – strat superficial de lichid; 3 – peliculă de lubrifianț; 5 – placă de reazem.

După cum menționează Schlichting [2], caracterul mișcării torentului de lichid depinde mult de  $h$ . La un joc mare între disc și reazem, pe fiecare element se formează stratul superficial  $\delta$  (spațiul e mai mare comparativ cu stratul superficial de câteva ori). Lichidul în stratul superficial de pe discul mobil sub acțiunea forțelor centrifuge este aruncat spre periferie, iar cel de pe placa fixă se mișcă invers, spre centru. Între straturile superficiale se află stratul de lichid în care viteza radială nu este considerabilă și care se rotește cu o viteză unghiulară  $\approx \omega/2$ .

În cazul plăcii de reazem segmentate vor exista și perturbări locale ale peliculei de lubrifianț cauzate de canalele radiale și sectoarele oblice ale segmentelor. În afara pierderilor energetice în torentul de lichid, vor exista și pierderi de energie în aspect tribotehnic cauzate de posibila lubrifiere imperfectă a suprafețelor de contact. Puterea pierdută prin frecare a fost determinată pe parcursul experimentelor în lagăre axiale de diferite tipodimensiuni și cuple de materiale. A fost necesar să fie elaborat un criteriu comun de estimare pentru toate variantele de experimentare.

În calitate de criteriu a fost fixată suprafața condițională de contact determinată de tipodimensiunea lagărului:

$$S = \pi(D^2 - d^2) / 4, \text{ cm}^2. \quad (3)$$

Pierderile totale prin frecare P au fost apreciate ca:

$$P = M_{fr} \cdot \omega, \text{ kW}. \quad (4)$$

Valoarea P raportată la S, numită putere specifică:

$$P_{sp.} = P/S, \text{ W/cm}^2 \quad (5)$$

a fost acceptată în calitate de criteriu la estimarea pierderilor energetice.

## PRELUCRAREA DATELOR, REZULTATE, DISCUȚII

După materialele din care sunt fabricate plăcile de reazem lagărele au fost repartizate în trei grupe:

- din cauciuc cu inserție metalică;
- din umpluturi (fluoroplast saturat cu ingrediente din pulbere);
- din materiale dure sinterizate.

Prelucrarea statistică a datelor experimentale a fost efectuată în acceptarea ipotezei repartiției normale a valorilor. Au fost estimate mediile și intervalul lor de încredere la nivelul de semnificație 0,05. Ca exemplu, în tabelul 1 sunt prezentate dinamica pierderilor energetice și prelucrarea datelor experimentale pentru lagărele axiale cu elemente din umpluturi.

Estimarea mediilor (fig. 2) a demonstrat că, în general, pierderile energetice sunt diferite în grupele de cuple examinate.

Aplicând analiza de regresie au fost determinate relațiile empirice între sarcina specifică și pierderile energetice specifice pentru fiecare grup de materiale, fig. 3.

Pentru cuple cu elemente din cauciucuri a fost obținută relația:

$$w = 3,02p + 6,17. \quad (6)$$

Pentru cuple cu elemente din umpluturi a fost obținută relația:

$$w = 4,94p + 3,09. \quad (7)$$

Pentru cuple cu elemente din materiale sinterizate dure a fost obținută relația:

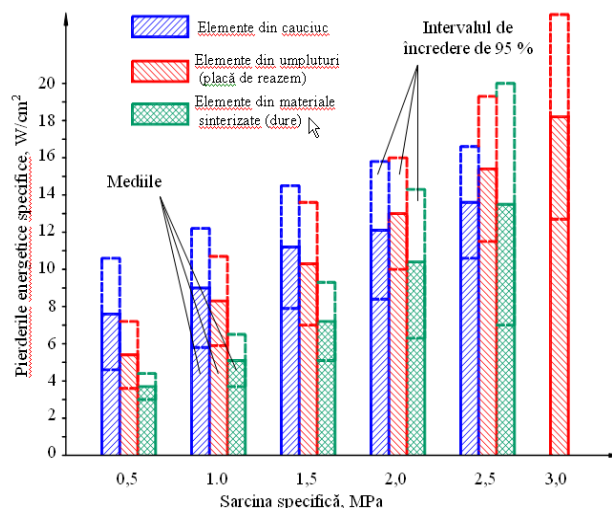
$$w = 2,66 \cdot e^{0,66 \cdot p}. \quad (8)$$

Pentru intervalul de sarcini specifice 0,5...1,5 MPa pierderile în lagărele de cauciuc prevalează, comparativ cu pierderile în celelalte grupe. La creșterea sarcinii pierderile se nivelează, iar pentru

valori mai mari de 2MPa devin mai mici, în comparație cu pierderile în cuplele cu umpluturi.

**Tabelul 1.** Dinamica pierderilor energetice în cuplele cu elemente din umpluturi

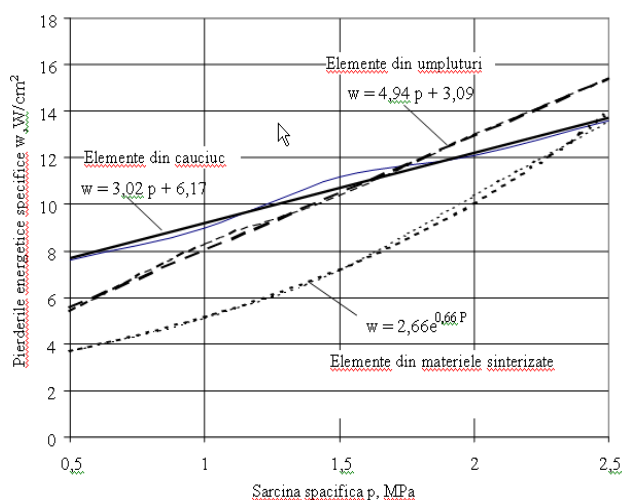
Placa de reazem	Talpa	Pierderile energetice (kW) în funcție de sarcina specifică (MPa)					
		0,5 MPa	1,0 MPa	1,5 MPa	2,0 MPa	2,5 MPa	3,0 MPa
7B-2A	CG-T	1,05	1,4	1,6	1,75	2,6	3,44
	Oxid de titan	0,24	0,48	0,56	1,04	1,28	2,0
	Oț.12X18H10T	0,52	0,84	1,2	1,6	1,6	1,68
	Oț.95X18	0,48	0,72	1,12	1,28	1,34	1,6
	Oț.14X187H2	0,48	0,68	1,2	1,24	1,32	1,52
	BH20Г44	0,10	0,12	0,2	0,28	0,44	0,56
Aliaj titan-mag.	0,32	0,72	0,8	0,88	1,12	1,2	
KB	CG-T	0,25	0,4	0,62	0,8	1,0	1,1
	Oxid de titan	0,4	0,48	0,65	0,76	0,95	1,16
	Oț.12X18H10T	0,52	0,55	0,64	0,8	0,88	0,92
	Oț.95X18	0,32	0,4	0,5	0,64	0,76	0,8
	Oț.14X187H2	0,48	1,04	1,2	1,32	1,44	1,6
	BH20Г44	0,2	0,24	0,48	0,56	0,64	0,72
Aliaj titan-mag.	0,32	0,4	0,62	0,76	0,78	0,8	
Statisticile	n	14	14	14	14	14	14
	$\bar{X}$	0,405	0,62	0,777	0,979	1,153	1,364
	S	0,226	0,340	0,426	0,412	0,530	0,732
	$\Sigma x$	5,68	8,68	10,89	13,71	16,15	19,1
	$\Sigma x^2$	2,97	6,884	10,839	15,633	22,29	33,04
	$\sigma$	0,218	0,327	0,411	0,397	0,511	0,706
	$t_{0,95}$	2,160	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16
	$t_{0,05} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	0,126	0,189	0,237	0,229	0,295	0,407
La o unitate de suprafață, W/cm <sup>2</sup>	$\bar{x}$	5,4	8,3	10,4	13,0	15,4	18,2
	$t_{0,05} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	1,7	2,52	3,16	3,05	3,93	5,44



**Figura 2.** Pierderile energetice în lagărele axiale.

Această legătură se află în concordanță cu caracterul descendent al variației coeficientului de frecare în cuplele de cauciuc, stabilit în majoritatea cercetărilor [3, 4]. La sarcini mici predomină, probabil, frecarea între rugozitățile suprafețelor de contact în prezența numai a unui strat superficial

de frontieră a lubrifianului (apei). La creșterea sarcinii, datorită elasticității cauciucului apare pana de lubrifian, care se menține stabilă până la valorile limită ale sarcinii.



**Figura 3.** Dependentele pierderilor energetice specifice de sarcina specifică.

În intervalul  $p=2...2,5$  MPa pierderile energetice variază neesențial, fiind cauzate, în temei, de frecarea în filmul de lubrifian.

Pentru grupul cuplelor neomogene (placă de reazem – umplutură de fluoroplast) se observă o creștere monotonă (aproximativ liniară) a pierderilor energetice la majorarea sarcinii. Dependența se datorează proprietăților tribotehnice ale fluoroplastului [5]. Acestor materiale le este propriu fenomenul pseudofluidității (recristalizării) sub acțiunea sarcinii și temperaturii. De exemplu, la fluoroplast, la creșterea temperaturii de la 25°C până la 100 °C, tensiunea la întindere se micșorează de două ori (de la 14,2 MPa până la 6,7 MPa), cu revenirea la condiții inițiale după încetarea solicitării. Din aceste considerente, creșterea monotonă a pierderilor la solicitare se datorează prioritar majorării ariei efective de contact a suprafețelor de frecare.

Caracterul pierderilor energetice în cuplele din materiale sinterizate dure se explică univoc în aspect tribotehnic. La nivel de microstructură suprafață de lucru a elementului din material sinterizat prezintă o rețea extradură din carburi, boruri sau nitrizi, impregnată cu particule de grafit liber. Grafitul contribuie la menținerea valorilor minime ale coeficientului de frecare la sarcini considerabile, inclusiv și în condițiile lubrifierii imperfecte. Numai la solicitări extremale, atunci când în contactele elementare de fricțiune apar temperaturi instantanee mari (cca. 1500 °C), care provoacă topirea unor componente și îmbogățirea stratului superficial cu elemente nedorite, de

exemplu, siliciu – coeficientul de frecare se mărește, respectiv cresc și pierderile energetice.

Datorită acestui fapt lagărele axiale din materiale sinterizate pot funcționa cu pierderi energetice moderate la sarcini considerabile. Există informație despre funcționare satisfăcătoare a lagărului axial din CT-T lubrifiat cu apă la sarcini de circa 20 MPa [6].

## CONCLUZII

Totalizând cele expuse, conchidem:

1. Pierderile energetice în lagărele axiale cu patine fixe au în cauză atât particularitățile mișcării torentului de lubrifian, cât și natura proceselor tribotehnice la contactarea elementelor.

2. În lagărele de cauciuc pierderile energetice sunt mai mari în intervalul sarcinilor 0,5...1,5 MPa; se manifestă o stabilitate de pierderi în intervalul sarcinilor de 1,5...2,5 MPa; pentru sarcini mai mari de 2,5 MPa lagărele de cauciuc sunt inaplicabile.

3. Lagăre din materiale neomogene (polimere cu umpluturi) manifestă o creștere monotonă a pierderilor în intervalul 0,5...3 MPa; la sarcini majorate pierderile energetice sunt considerabile.

4. Lagărele din materiale dure sinterizate au cele mai mici pierderi energetice; subansamblul păstrează capacitatea de funcționare (în aspectul pierderilor admisibile) și la sarcini specifice mult mai mari de 3 Mpa.

## Bibliografie

1. **Dudița, F., Diaconescu, D.** Optimizarea structurală a mecanismelor. Editura Tehnica, București, 1987, 312 p.
2. **Schlichting, G.** Teoria pogranic'nogo sloya. Moskva, Iz-vo Nauka, Fizmatgiz, 1974, 708 s.
3. **Davidov, A.** Rezinovye podshipniki v mashinostroenii. Leningrad, Mashinostroenie, 1968, 188 s.
4. **SKTBN, Laboratoriya uzlov trenia.** OKE 126.249 Otchet., Razrabotka metoda kontrolya kolec iz silicizirovannogo grafita s czel'u povysheniya nadyozhnosti skvazhinnyh elektronasosov. Tema 15-74. Chișinău, 1974.
5. **Semionov, A., Savinskii, Iu.** Metallofloroplastovye podshipniki. Moskva, Mashinostroenie, 1976, 312 s.
6. **Tarabanov, A., Kostikov, V.** Silicizirovannyj grafit. Moskva, Metallurgia, 1977, 208 s.

Recomandat spre publicare: 10.02.2009