

DETERMINĂRI EXPERIMENTALE PENTRU TESTAREA LUBREFIANȚILOR BIODEGRADABILI ÎN TRANSMISILE MECANICE ALE UTILAJELOR DE CONSTRUCȚII

EXPERIMENTAL DETERMINATIONS FOR BIODEGRADABLE LUBRICANTS USED FOR MECHANICAL TRANSMISSION IN CONSTRUCTION EQUIPMENTS

Ș. I. univ. dr. ing. Monica VLASE¹, Ș. I. univ. dr. ing. Ioan Mihail SAVANIU²

^{1,2} Facultatea de Utilaj Tehnologic - Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania

Rezumat: Lucrarea prezintă un studiu comparativ asupra proprietăților reologice și tribologice ale uleiurilor clasice folosite în transmisiile mecanice și a uleiurilor biodegradabile cu funcționare multiplă. În acest sens, determinările experimentale s-au efectuat pe două uleiuri: unul biodegradabil cu proprietăți multifuncționale (BIOFLUM) și un ulei comercial SHELL – TEVELA 320 pentru angrenaje. Rezultatele au fost analizate în scopul de a stabili posibilitatea înlocuirii uleiurilor de referință cu uleiuri biodegradabile.

Cuvinte cheie: Fluid biodegradabil, proprietăți tribologice, proprietăți reologice, lubrifianț multifuncțional.

Abstract: The paper presents a comparative study on rheological and tribological properties of classic oils used in mechanical transmissions and of biodegradable lubricants with multifunctional properties. Thus, the experimental tests were carried out on two oils: one a biodegradable oil with multifunctional properties (BIOFLUM) and the other one a comercial oil, SHELL – TEVELA 320, used for gears. Finally, the results are analyzed in order to establish the possibility of replacing of the reference oils with the biodegradable lubricants.

Keywords: Biodegradable fluid, tribological properties, rheological properties, multifunctional lubricant.

1. INTRODUCERE

Lubrefianții, ca în orice domeniu de activitate industrială, comercială și domestică, au un impact asupra sănătății, siguranței oamenilor ce folosesc aceste uleiuri dar și asupra mediului. Lubrefianții prezintă un impact la orice nivel: al producției, folosirii și depozitării/evacuării acestora. Contaminarea solului prin scurgeri accidentale sau deliberate poate provoca accidente ecologice grave în zone de importanță majoră cum ar fi păduri, câmpuri agricole, zone miniere, zone populate și cursurile de apă.

Lubrefianții prietenoși mediului, (EFLs), așa cum sunt denumiți în mod frecvent în literatura de specialitate, mai sunt întâlniți și sub denumirea de lubrifianți adaptați la condițiile de mediu, (EALs), sau lubrefianți ecologici, (ECLs), sau ca lubrefianți biodegradabili, (BLs). Caracteristicile acestor lubrefianți, EFLs /1/: pot fi reciclați, sunt biodegradabili, au o durată de

viață lungă, sunt economici, toxicitate redusă, prezintă consum redus de energie și risc redus de poluare a apei, solului și aerului.

Lubrefianții prietenoși mediului sunt din ce în ce mai mult folosiți în Europa, mai ales în agricultura mecanizată, în echipamentele folosite la lucrările de terasamente și de construcții civile și industriale, motoare navale, în industria transporturilor rutiere și a căilor ferate.

Termenul de “bio-lubrefiant” a fost folosit aproape pentru toată gama uleiurilor EFLs, și anume /1/, /2/, /3/: uleiuri vegetale, uleiuri vegetale hidrogenate, uleiuri vegetale cu un conținut ridicat de acid oleic și esteri sintetici obținuți din uleiuri vegetale.

Scopul acestei lucrări este de a evidenția proprietățile reologice și tribologice ale noilor uleiuri biodegradabile ce pot fi folosite ca uleiuri hidraulice, uleiuri pentru angrenaje, uleiuri pentru fierăstraie mecanice, uleiuri pentru motoare în doi timpi. Proprietățile multifuncționale sunt obținute prin folosirea unor esteri speciali.

2. STAND PENTRU TESTAREA LUBREFIANȚILOR ÎN TRANSMISILE MECANICE ALE UTILAJELOR DE CONSTRUCȚII.

Standul are ca obiect de studiu influența lubrifianților biodegradabili asupra transmisiilor mecanice din componența utilajelor de construcții.

Întrucât cercetarea trebuia efectuată pe o transmisie mecanică a unui utilaj de construcții care să funcționeze în regim sever de șantier, s-a ales ca utilaj de construcții o betonieră cu amestecare prin cădere liberă cu capacitatea de 120 litri.

Din studiul comparativ realizat în ceea ce privește betonierele cu capacități cuprinse între 100-200 litri s-a constatat că în lanțul cinematic al acestora se regăsește doar o transmisie mecanică neprotejată – deschisă. La această categorie de betoniere, mișcarea de lucru principală, cea de rotație a cuvei malaxoare, este asigurată de un lanț cinematic format din: motor electric, transmisie prin curele (poli V, trapezoidale sau dințate), angrenaj conic pinion–coroană dințată.

Având în vedere cele expuse anterior, s-a proiectat un stand de încercare care are în componență o betonieră de 120 litri, modificată, pentru a satisface cerințele acestei lucrări.

Betoniera cu amestecare liberă achiziționată pentru efectuarea testelor are următoarele caracteristici:

- motor electric monofazat (tip ALMO, $P = 0,7$ kW, $n = 2.730$ rpm)
- transmisie cu curele poli V ($i = 12$);
- pinion din fontă ($z_1 = 12$);
- coroană dințată din material compozit ($z_2 = 144$);

Ținând cont de caracteristicile geometrice și mecanice ale betonierei, s-a realizat un stand de încercări, parcurgându-se următoarele etape:

- execuția desenului de relevu al betonierei achiziționate;
- determinarea puterii necesare la malaxare din considerente teoretice și repartizarea acesteia pe arborii lanțului cinematic;
- dimensionarea noului lanț cinematic al betonierei astfel încât să se obțină același regim de funcționare a betonierei;
- realizarea proiectului de stand cu ajutorul softului de proiectare în 3D SolidWorks 2011 (fig. 1);
- realizarea practică a standului de încercări (fig. 2 și fig. 3)

Determinări experimentale pentru testarea lubrefianților biodegradabili în transmisile mecanice ale utilajelor de construcții

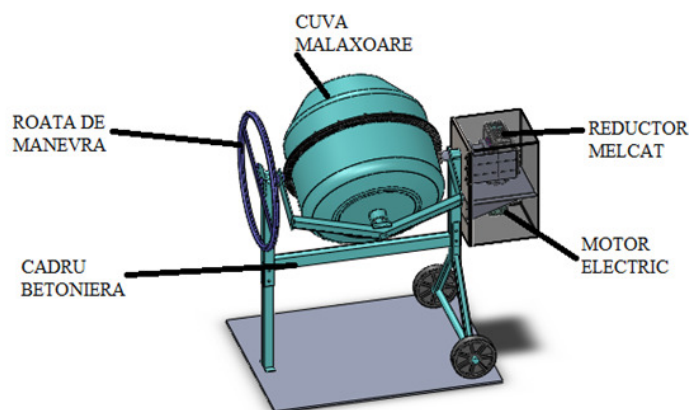


Fig. 1. Schema standului de încercare. (SOLIDWORKS 3D).

Modificările aduse betonierei constau în înlocuirea transmisiei prin curele cu o transmisie mecanică închisă formată dintr-un motoreductor melcat. Astfel, lanțul cinematic al standului de încercări este compus din:

- motor electric monofazat (tip NIEDERMEIER, $P = 1,1 \text{ kW}$, $n = 2.840 \text{ rpm}$)
- reductor melcat (tip NMRV 63, $i = 10$);
- pinion din fontă ($z_1 = 12$);
- coroană dințată din material compozit ($z_2 = 144$);
-

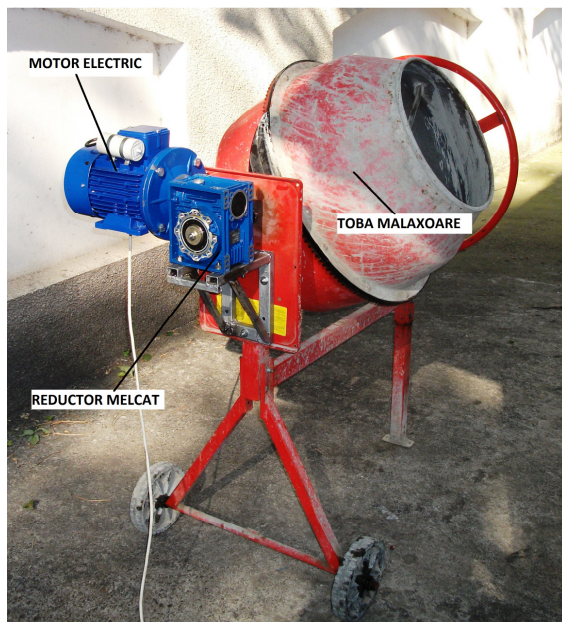


Fig. 2. Stand de încercare.

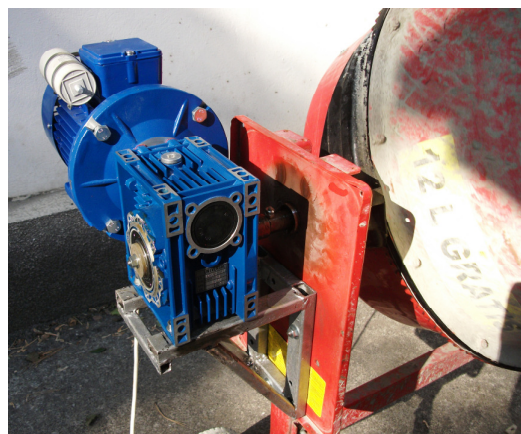


Fig. 3. Transmisie mecanică cu motoreductor melcat .

Pentru efectuarea încercărilor s-a folosit o rețetă de preparare a unui beton folosit la turnarea de șape în lucrările de construcții.

Rețeta de preparare a unui beton pentru șape C12/15 S3O 22

Trebuie cunoscute densitățile materialelor utilizate și care intră în rețeta betonului:

- ✓ ciment = 1.280 kg/mc = 1,28 kg/litru (1 găleată de 10 litri plină cu ciment = 12,80 kg de ciment)
- ✓ balast 0-31 mm = 1.700 kg/mc = 1,70 kg/litru (1 găleată de 10 litri plină cu balast = 17 kg de balast)
- ✓ nisip 0-3 mm = 1.300 kg/mc = 1,30 kg/litru (1 găleată de 10 litri plină cu nisip = 13 kg de nisip)
- ✓ pietrișuri sortate 7-16 mm = 1.550 kg/mc = 1,50 kg/litru (1 găleată de 10 litri cu pietriș = 15,5 kg de pietriș)
- ✓ pietrișuri sortate 16-31 mm = 1.650 kg/mc = 1,65 kg/litru (1 găleată de 10 litri cu pietriș = 16,50 kg de pietriș)
- ✓ betonul proaspăt preparat va avea între 2.300 – 2.400 kg/mc (1 găleată de 10 litri cu beton proaspăt = 23 kg)

Este posibil ca valorile medii să difere cu +/- 10% în funcție de umiditatea materialelor granulare.

Cantități pentru 1 mc de beton :

- ✓ ciment IAS 32,5 R – 6 saci și ½ de 50 kg – 325 kg
- ✓ nisip 0-4 mm – 44 găleți – 572 kg
- ✓ mărgăritar 4-8 mm – 20 găleți – 310 kg
- ✓ piatră 8-20 mm – 46 găleți – 759 kg
- ✓ apă orientativ – 19 găleți – 190 kg

Dozarea apei s-a făcut luând în calcul umiditatea naturală a agregatelor astfel încât să nu se depășească intervalul de tasare pentru S3, respectiv 80-120 mm, conform CP 012-2/2007.

Dozarea agregatelor s-a făcut cu găleți de 10 l. S-au folosit agregate de râu, sortate și uscate, ambalate în saci de rafie. Rețeta s-a adaptat la șarja de lucru a betonierei de șantier achiziționate, respectiv 0,10 mc, și anume:

- ✓ ciment IAS 32,5 R, furnizor Lafarge – 18 kg – 1,4 găleată
- ✓ balast 0-31 mm – 102 kg – 6 găleți ;
- ✓ apă orientativ – 20 kg – 2 găleți

3. ÎNCERCARI EXPERIMENTALE

Încercările experimentale s-au desfășurat în trei etape și anume:

- Etapa 1 – în cadrul acestei etape s-a utilizat în componența lanțului cinematic un reductor melcat cu lubrefiatul furnizat de către producător. Lubrefiantul utilizat este SHELL – TEVELA 320 în cantitate de 0,16 litri, și care pe parcursul lucrării va fi definit ca lubrefiant „ORIGINAL”;
- Etapa 2 – în cadrul acestei etape s-a utilizat în componența lanțului cinematic un nou reductor melcat, identic cu primul, și în care lubrefiantul „ORIGINAL” a fost înlocuit cu lubrefiatul biodegradabil furnizat de către firma producătoare – DESAN (lubrefiant ce face obiectul acestei lucrări). Acest lubrefiant este un fluid de răcire și ungere cu funcționare multiplă biodegradabil, în cantitate de 0,16 litri, și care pe parcursul lucrării va fi definit ca lubrefiantul „BIOFLUM”.

Determinări experimentale pentru testarea lubrefianților biodegradabili în transmisile mecanice ale utilajelor de construcții

- Etapa 3 – în cadrul acestei etape s-au efectuat determinări ale forței de frecare și respectiv coeficientului de frecare, pe instalația experimentală TM 260, pentru cele două uleiuri analizate (uleiul „ORIGINAL - BIOFLUM” și uleiul clasic pentru angrenaje SHELL – TEVELA 320).

Transmisia mecanică utilizată constă într-un motor electric monofazat și un reductor melcat (s-au achiziționat două reductoare melcate identice – unul pentru etapa 1 și al doilea pentru etapa a doua) caracterizat din punct de vedere constructiv prin:

- Carcasa reductorului este din aluminiu turnat prevăzută cu aripioare de răcire (fig. 4);
- Reductorul are, atât pe arborele de intrare cât și pe cel de ieșire, etanșarea asigurată cu manșete de rotație;
- Arborele melcat de intrare este de tip arbore pinion din oțel (fig. 5);
- Coroana melcată este din bronz turnat (fig. 6);
- Sistemul de lăgăruire, atât pe arborele de intrare cât și pe arborele de ieșire, este realizat cu rulmenți radiali cu bile pe un rând.

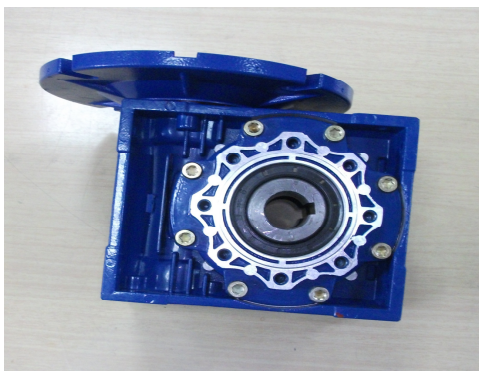


Fig. 4. Reductor melcat.

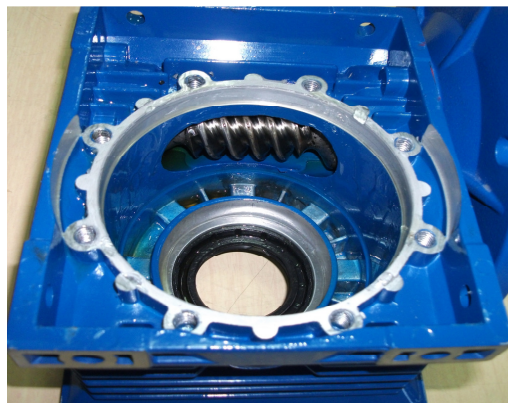


Fig. 5. Arborele pinion al reductorului melcat.



Fig. 6. Coroana dințată a reductorului melcat.

ETAPA 1: Reductor melcat lubrefiat cu ulei „ORIGINAL”

În cadrul acestei etape, betoniera a fost încărcată cu betonul preparat conform rețetei prezentate mai sus și a fost parcursă o perioadă de rodaj de 10 ore de funcționare. Ulterior, a fost efectuat testul de încercare propriu-zis care a constatat în:

- Încărcarea betonierei cu cantitatea și marca de beton enunțată anterior;

- Punerea în funcțiune și înregistrarea periodică a temperaturii, (pentru un interval de 45 minute de funcționare), la nivelul carcasei exterioare a reductorului, cu ajutorul unei camere foto cu termoviziune;
- Analiza fotografiilor termice și interpretarea rezultatelor.

Ca zone de înregistrare a temperaturilor au fost alese bosajele carcasei reductorului, atât pentru arborele de intrare cât și pentru arborele de ieșire, conform fig. 7 și fig. 8.

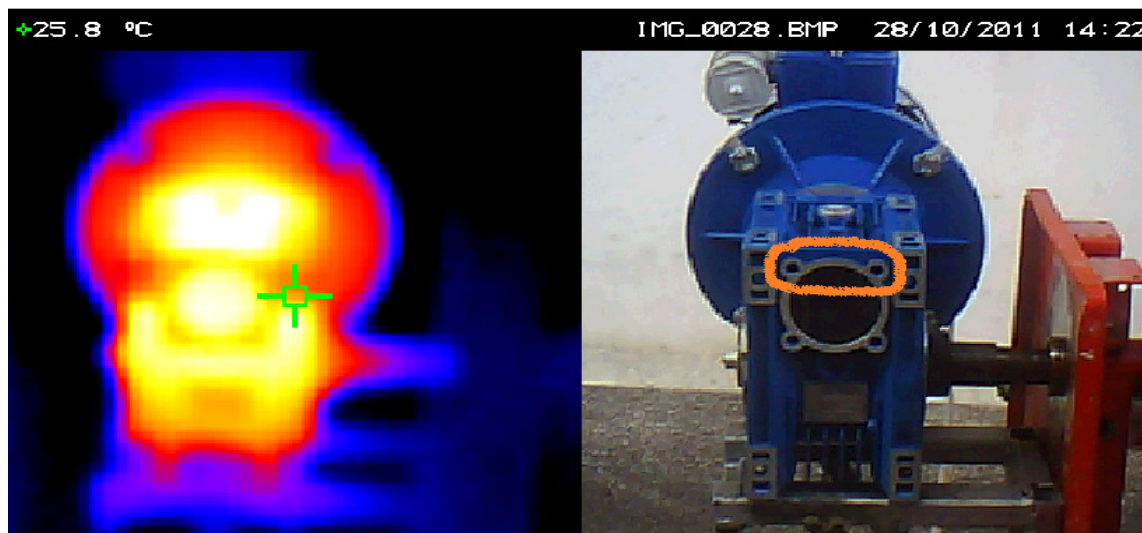


Fig. 7. Bosajul corespunzător arborelui de intrare al reductorului (zona marcată cu culoarea roșie).

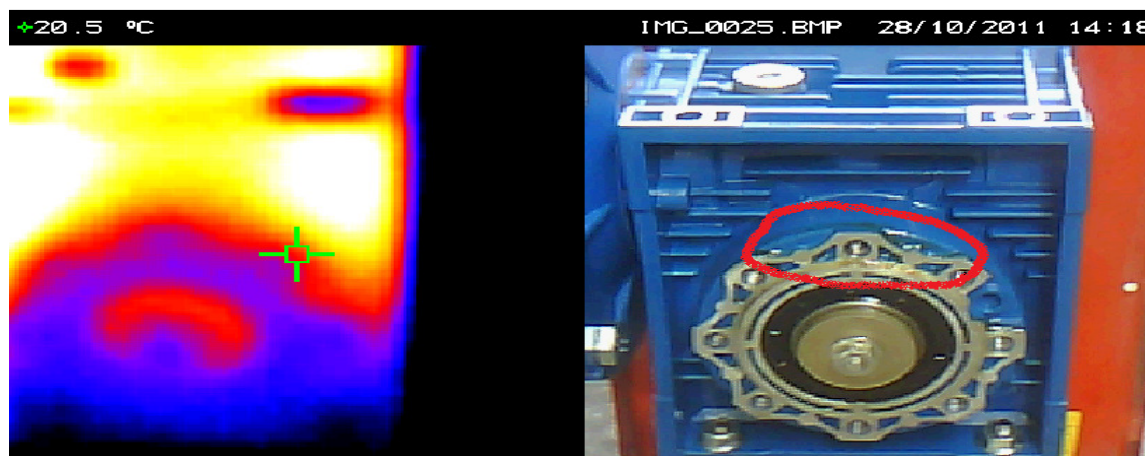


Fig. 8. Bosajul corespunzător arborelui de ieșire al reductorului (zona marcată cu culoarea roșie)

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul nr. 1 pentru zona arborelui de intrare și în tabelul nr. 2 pentru zona arborelui de ieșire. Interpretarea grafică a acestor rezultate este prezentată în digrama din fig. 9.

Determinări experimentale pentru testarea lubrefianților biodegradabili în transmisile
mecanice ale utilajelor de construcții

Tabelul nr. 1

Nr. crt.	Durata [minute]	Temperatura [grade Celsius]
1	0	14,60
2	10	30,00
3	14	30,90
4	17	35,70
5	19	36,40
6	23	38,00
7	27	39,80
8	30	42,60
9	34	42,80

Tabelul nr. 2

Nr. crt.	Durata [minute]	Temperatura [grade Celsius]
1	0	14,60
2	6	24,40
3	8	25,00
4	10	28,40
5	14	32,60
6	15	33,80
7	17	35,60
8	22	40,30
9	24	41,10
10	26	42,20
11	31	43,10
12	32	45,20

Obs.: Valorile temperaturilor din tabele au fost calculate ca o medie a temperaturilor din diferite puncte din zonele marcate cu roșu ale bosajelor.

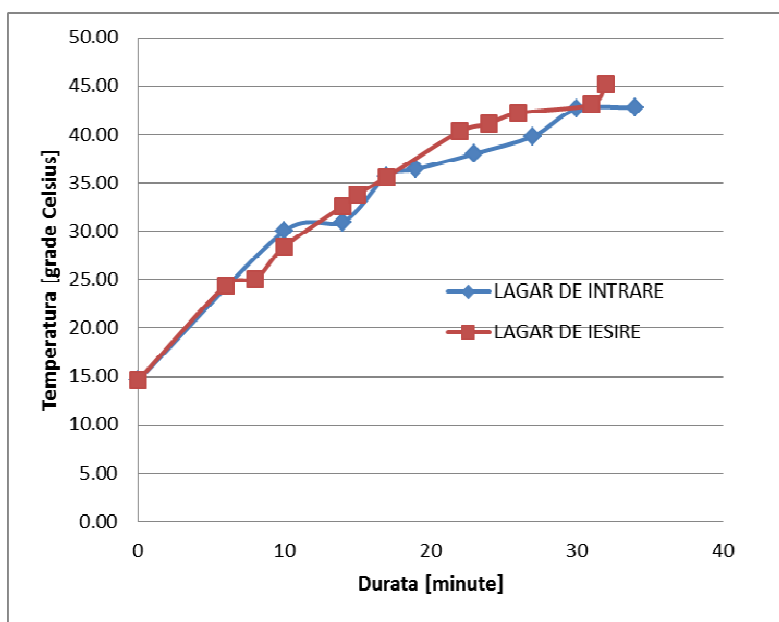


Fig. 9. Diagrama de variație a temperaturii corespunzător zonelor marcate pe carcasa reductorului.

ETAPA 2: Reductor melcat lubrefiat cu ulei „BIOFLUM”

În cadrul acestei etape, reductorul melcat a fost înlocuit cu unul identic cu cel folosit la prima etapă, la care s-a înlocuit uleiul original cu uleiul testat „BIOFLUM”. Betoniera a fost încărcată cu betonul preparat conform rețetei menționate anterior și a fost parcursă o perioadă de rodaj de 10 ore de funcționare. Ulterior, a fost efectuat testul propriu-zis, care a constatat în:

- Încărcarea betonierei cu cantitatea și marca de beton enunțată anterior;
- Punerea în funcțiune și înregistrarea periodică a temperaturii, (pentru un interval de 45 minute de funcționare), la nivelul carcasei exterioare a reductorului cu ajutorul unei camere foto de termoviziune;
- Analiza fotografiilor termice și interpretarea rezultatelor.

Zonele de înregistrare a temperaturilor au fost bosajele carcasei reductorului, atât pentru arborele de intrare cât și pentru arborele de ieșire, conform fig. 10 și fig. 11.

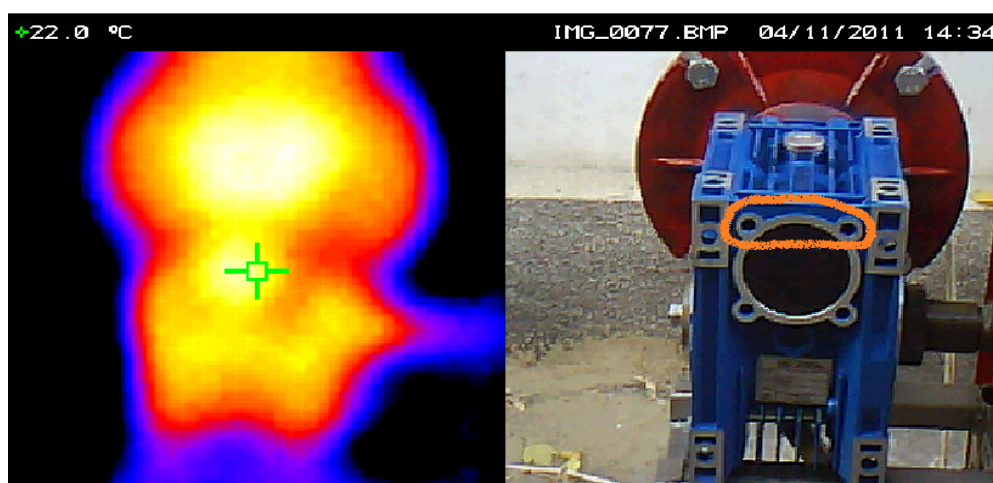


Fig. 10. Bosajul corespunzător arborelui de intrare al reductorului (zona marcată cu culoarea roșie).

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul nr. 3 pentru zona arborelui de intrare și în tabelul nr. 4 pentru zona arborelui de ieșire. Interpretarea grafică a acestor rezultate este prezentată în digrama din fig. 12.

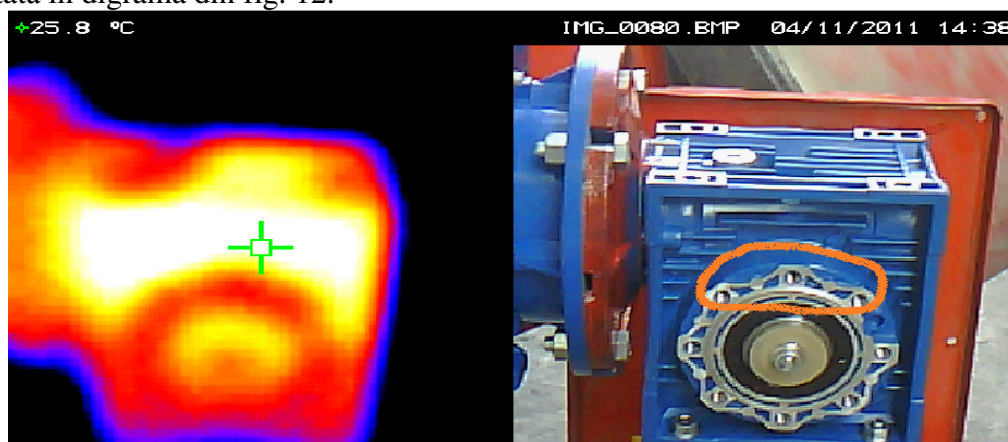


Fig. 11. Bosajul corespunzător arborelui de ieșire al reductorului (zona marcată cu culoarea roșie).

Determinări experimentale pentru testarea lubrefianților biodegradabili în transmisile mecanice ale utilajelor de construcții

Tabelul nr. 3

Nr. crt.	Durata [minute]	Temperatura [grade Celsius]
1	0	17,00
2	3	17,60
3	7	20,00
4	13	23,70
5	16	26,50
6	18	26,90
7	24	27,50
8	29	28,10
9	31	29,50

Tabelul nr. 4

Nr. crt.	Durata [minute]	Temperatura [grade Celsius]
1	0	17,00
2	9	20,50
3	13	24,70
4	16	26,90
5	19	27,40
6	24	28,10
7	29	30,90
8	31	31,60

Obs.: Valorile temperaturilor din tabele au fost calculate ca o medie a temperaturilor din diferite puncte din zonele marcate ale bosajelor.

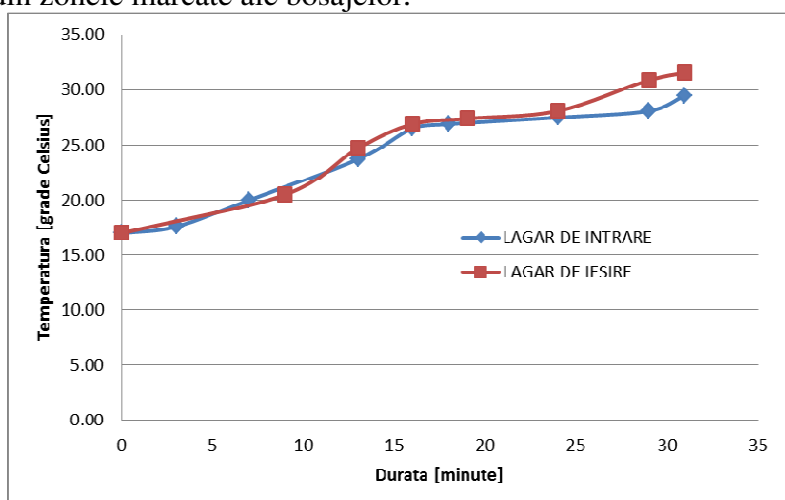


Fig. 12. Diagrama de variație a temperaturii corespunzător zonelor marcate pe carcasa reductorului.

4. STUDIU COMPARATIV AL REZULTATELOR OBTINUTE ÎN PRIMELE DOUĂ ETAPE

Pe baza rezultatelor obținute s-au întocmit diagrame comparative de variație a temperaturii cu perioada de funcționare pentru cele două uleiuri analizate. Rezultatele sunt prezentate în fig. 13 și fig. 14.

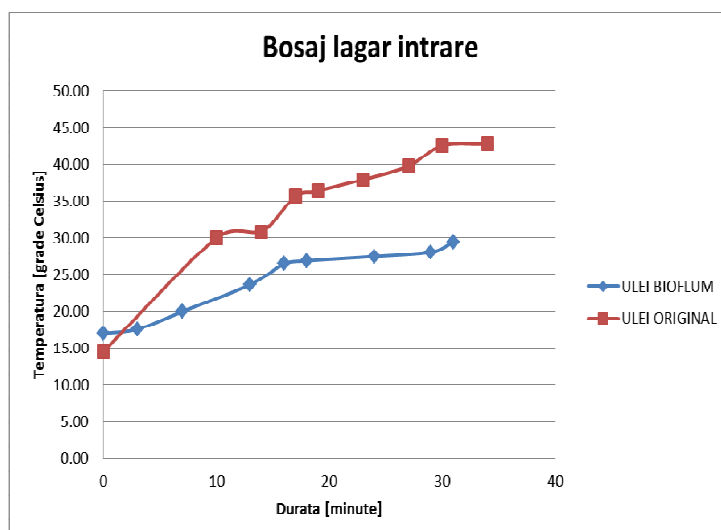


Fig. 13. Diagrama de variație a temperaturii corespunzătoare bosajului lagărului de intrare a reductorului pentru ambele uleiuri testate.

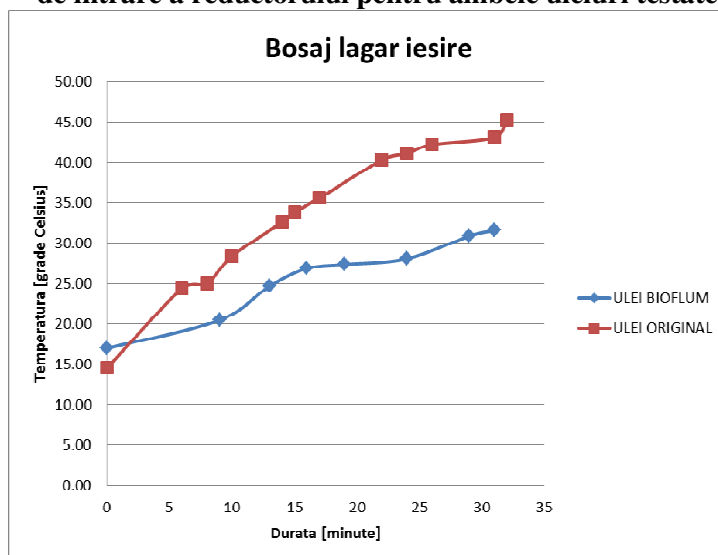


Fig. 14. Diagrama de variație a temperaturii corespunzătoare bosajului lagărului de ieșire a reductorului pentru ambele uleiuri testate.

5. DISCUȚII ȘI CONCLUZII

În cazul bosajului carcasei reductorului corespunzător arborelui de intrare s-a constatat:

- pentru ambele uleiuri se constată o creștere a temperaturii cu durata de funcționare și intrarea într-un regim de echilibru al temperaturii (palierul de temperatură atins pentru ambele uleiuri este corespunzător ultimei valori a temperaturii din grafic, respectiv 43 °C pentru uleiul „ORIGINAL” și 30 °C pentru uleiul „BIOFLUM”).
- temperatura în cazul utilizării uleiului „ORIGINAL” este mai ridicată față de cazul uleiului „BIOFLUM”, ceea ce ne indică o scădere a frecărilor la nivelul ansamblului arbore intrare, în cazul uleiului biodegradabil;
- gradientul creșterii temperaturii cu durata de funcționare a fost mai mare în cazul uleiului „ORIGINAL” față de uleiul „BIOFLUM”, ceea ce ne indică un consum de

Determinări experimentale pentru testarea lubrefianților biodegradabili în transmisile mecanice ale utilajelor de construcții

energie prin frecare mai mare în cazul uleiului „ORIGINAL” față de uleiul „BIOFLUM”. Astfel, randamentul transmisiei cu reductor melcat lubrefiat cu uleiul biodegradabil este mai bun.

În cazul bosajului carcasei reductorului corespunzător arborelui de ieșire s-a constatat:

- pentru ambele uleiuri se constată o creștere a temperaturii cu durata de funcționare și intrarea într-un regim de echilibru al temperaturii (palierul de temperatură atins pentru ambele uleiuri este corespunzător ultimei valori a temperaturii din grafic, respectiv 46 °C pentru uleiul „ORIGINAL” și 32 °C pentru uleiul „BIOFLUM”).
- temperatura în cazul utilizării uleiului „ORIGINAL” este mai ridicată decât cea în cazul uleiului „BIOFLUM”, ceea ce ne indică o scădere a frecărilor la nivelul ansamblului arbore ieșire în cazul uleiului biodegradabil;
- gradientul creșterii temperaturii cu durata de funcționare a fost mai mare în cazul uleiului „ORIGINAL” față de uleiul „BIOFLUM”, ceea ce ne indică un consum de energie prin frecare mai mare în cazul uleiului „ORIGINAL” față de uleiul „BIOFLUM”. Astfel, randamentul transmisiei cu reductor melcat lubrefiat cu uleiul biodegradabil este mai bun.

Comparând valorile temperaturilor înregistrate atât la arborele de intrare cât și la arborele de ieșire, s-a constatat că cele de la arborele de intrare sunt, pentru ambele uleiuri, mai mici decât la arborele de ieșire. Acest lucru se datorează faptului că în ansamblul arborelui de intrare, sistemul de lăgăruire are dimensiuni mai mici decât în cazul arborelui de ieșire.

Pentru intervalul de 45 de minute de funcționare avut în vedere, concluzia generală este că putem afirma că în cazul unei transmisii cu regim sever de frecare (cum este transmisia mecanică cu reductor melcat), uleiul „BIOFLUM” este superior uleiului „ORIGINAL”.

Pentru funcționarea pe o perioadă mai îndelungată de timp se recomandă efectuarea unor teste suplimentare de duranță, pentru a demonstra eventuala superioritate a uleiului „BIOFLUM”.

BIBLIOGRAFIE

1. Lamsa, M., Kosonen, K., Biohydraulics-true alternatives, 10th Scandinavian International Conference on Fluid Power SIFCP' 07, May 21-23, Tampere, Finland (2007), 183-188
2. Pascalede C., Innovative through biolubricants, 17th International Colloquium Tribology, TAE, Jan. 19-21, Germany (2010), 341-345
3. Whitby, R.D., Bio-lubricants: Applications and Prospects, 17th International Colloquium Tribology, TAE, Jan. 19-21, Germany (2010), 111-115