

# **LEGATURA DINTRE PERFORMANTELE TEHNOLOGICE ALE INCARCARTOARELOR DE ULTIMA GENERATIE SI DURABILITATEA ELEMENTELOR IN MISCARE ALE MASINII(PARTEA A-II-A)**

Prof. Univ. Dr. Ing. Sarbu Laurentiu – [laurentiusarbu\\_utcb@yahoo.com](mailto:laurentiusarbu_utcb@yahoo.com)  
Facultatea Utilaj Tehnologic  
Universitatea Tehnică de Construcții București

## **Abstract:**

It begins by connecting a law of distribution the given system for calculating the feasibility parameters, then it shows the calculus of the fatigue life of the movable element in the tyres self-propelled machine used in construction. The calculus method of the fatigue life for the machine parts rely on the theory of cumulation phenomena of the fatigue faults. By this justification, the whole process is determined; known for the process of “narrow band” type. For the new generation machines, there is overviewed the technological performances as well as the designing conditions of its components, that is axes jointed metallic structure, joint mechanism of the equipment, and the technical solutions used to improve the productivity, durability and the handlingness of the machine.

## **1.INTRODUCERE.**

In categoria mașinilor autopropulsate de transportat basculabile pentru constructii – drumuri (MATBC), de tip articulat, sunt cuprinse utilaje performante, precum încărcătoarele pentru manipularea materialelor (fig.1) și dumperele pentru șantier( fig.2), care pot transporta materialul în cupă sau benă.

Dumperile articulate pentru transportul materialelor în șantiere (fig.2), folosesc în general ansambluri verificate precum :motoare diesel, foarte performante, punți motoare, transmisii hidrodinamice, sisteme de acționare și frâne de încetinire (frâna de motor si retarder pe transmisie), suspensii pentru cabine, sau scaunul operatorului de la încărcătoare. Studiul vibrațiilor unui utilaj de transportat pe acest ciclu, se face cu ajutorul unor modele dinamice simplificate, având un anumit număr de grade de libertate, în alegerea căroră, se ține seama de scopul urmărit prin calcul și de numărul deplasărilor permise de legăturile existente între diferite subsansambluri.

Pentru aceste utilaje se dau condițiile de testare pentru tractorul de baza care intra in alcatuirea lor, și pentru încercarea la fiabilitate și durabilitate a subsansamblurilor și structurilor componente.

## **2. INCERCAREA MAȘINII DE TRACȚIUNE PE STANDURI ÎN CONDIȚII DE LABORATOR [5,6].**

Daca se fac încercări de fiabilitate sau durabilitate, regimul se alege pe baza spectrelor de solicitare înregistrate în exploatare sau pe piste de poligoane de încercare pentru condiții de funcționare caracteristice tipului dat de utilaj (de tractorul industrial care stă la baza construcției

mașinii). Tractorul industrial etalon pentru executarea încercărilor de tracțiune, lucrează cu diferite echipamente ca: încărcător, dumper, buldozer sau screper. În figura 8 este indicată caracteristica potențială de lucru și bilanțul energetic al tractorului etalon cu puterea de 60kW.

Pentru obținerea caracteristicilor de tracțiune experimentale a tractoarelor industriale trebuie avut în vedere[5]:

1.pentru tractorul industrial este caracteristică zona patinării ridicată de la 7-100%, dar în această zona se obține o încărcare stabilă destul de greu;

2.tractorul industrial funcționează într-un interval larg al condițiilor de teren, de la nisip la argilă plastică, de la roca spartă până la suprafețe de beton, dar pentru aceasta este necesară determinarea indicatorilor de tracțiune – aderență pe unul din câteva pământuri din întreg spectrul.;

3.la experimentarea tractoarelor industriale nu se reușește să se ridice caracteristicile în toate treptele, deoarece în condițiile de modificare a timpului se destabilizează condițiile de teren, și ca urmare se modifică intervalele de executare a experimentărilor. Încercările de tracțiune sunt reglementate după Gost 23734-79.și metode de încercare prescripții generale STAS 6926/1-1990. Metodologia încercărilor de tracțiune accelerate a tractoarelor industriale, bazându-se pe folosirea caracteristicilor de banc de încercare a motorului STAS 6653-1987 (transmisie mecanică TM), sau a agregatului motor termic- transformator hidraulic (transmisie hidromecanică THM), pe curba experimentală de patinare, pentru determinarea punctelor de control și calculul ulterior al caracteristicilor de tracțiune.

Metodologia are următoarele etape:

**I. Ridicarea caracteristicilor de banc.** Pentru tractorul cu TM se ridică caracteristica de turație a motorului, iar pentru THM caracteristica de ieșire a roții turbinei transformatorului hidraulic.

**II. În condiții de teren se determină calitățile de aderență ale propulsiei și câteva puncte de control în concordanță cu metoda adoptată la încercările de tracțiune.** Tractorul se încearcă pe pistă prin frânare, prin intermediul elementului traductor, cu ajutorul dispozitivului de încărcare sau cu alt tractor. Se fixează indicațiile traductorului cu aparatura de înregistrare, sincron cu indicațiile traductorului de turație al arborelui cotit al motorului, al roților conducătoare a tractorului și a roții de măsurare a drumului parcurs. Se execută încărcarea continuă cu decelerarea tractorului de frânare ( încercări la decelerare a vehiculelor cu motoare diesel SR ISO 7644-1998)

**III.Se calculează caracteristica de tracțiune folosind rezultatele încercărilor în teren și pe banc.** Pe baza încercărilor în teren se determină turația motorului și a roții turbinei, viteza teoretică și reală, coeficientul de patinare și forța de tracțiune la cârlig, după care se trasează grafic  $p(F_{cr})$ .

La frânarea tractorului prin metoda decelerării trebuie considerată forța de inerție a mișcării de transport a maselor tractorului.

$$F_{cr} = F_{crT} - m_g \cdot j \quad (2.1)$$

Unde:  $F_{crT}$  - forța măsurată de traductor, în N;

$m_g$  - masa agregatului, în kg;

$j$ - acerelariția , în  $m/s^2$

În acest caz decelerarea tractorului , în  $m/s^2$ , este:

$$j = (V_{ti} - V_{ti-1}) / \Delta t \quad (2.2)$$

unde:  $V_{ti}$ ,  $V_{ti-1}$  – viteza reală a tractorului, în m/s;

$T$  – intervalul de timp între măsurători.

Pe baza caracteristicii de banc a motorului sau a caracteristicii de ieșire a agregatului motor diesel- transformator hidraulic, se determină grafic momentul de torsiune  $M_m$  al motorului sau al roții turbinei corespunzător turației  $n$  a motorului sau  $n$  a turbinei.

Prin valorile găsite  $M_m$  sau  $M$  se determină forța tangențială convențională fără să se țină seama de randamentul transmisiei la roțile conducătoare ale mașinii cu TM sau THM.:

$$F_{Rt} = \frac{M_m \cdot i}{r_R}; \quad F_{Rt} = \frac{M_T \cdot i}{r_R} \quad (2.3)$$

Iar raza roții motoare :

$$r_R = \frac{S}{2 \cdot \pi \cdot n_R} \quad (2.4)$$

Unde:

$S$  - drumul parcurs de tractor, în m;  $n_R$  - numărul de rotații al roților conducătoare ale tractorului pe drumul  $S$ .

Rezultatele obținute se trec într-un tabel, apoi se trasează grafic relațiile  $F_{Rt}$  ( $F_{cr}$  și  $n_T / n_R$ ) pentru tot intervalul forței de tracțiune. În continuare graficele se folosesc pentru determinarea lui  $F_{cr}$  prin puncte cu metoda grafo-analitică.

La frânarea tractorului prin metoda decelerării trebuie ținut seama de forțele de inerție. Atunci forța de tracțiune convențională este:

$$F_{Rt} = \frac{M_m \cdot i}{r_R} + j \left( m_g + \frac{J_T i^2}{r_R^2} \eta_{cr} \right) \quad (2.5)$$

Unde:  $J_t$  - momentul de inerție al maselor în rotație ale motorului sau la roata turbinei.

Diferența dintre  $F_{Rt}$  și  $F_{cr}$  reprezintă suma forțelor de tracțiune pentru deplasarea tractorului  $F_r$  și frecărilor  $F_f$  în partea mecanică a transmisiei.

Această diferență se numește *pierdere a forței de tracțiune sub sarcină*:

$$F_{pts} = F_{Rt} - F_{cr} = F_r + F_f \quad (2.6)$$

În continuare se face trasarea caracteristicilor:

- Se dă orice turație a arborelui cotit pe caracteristica de turație a motorului pe banc sau pe caracteristica de ieșire motor-transformator hidraulic. În punctul dat, prin metoda grafo-analitică se determină pentru: transmisia mecanică TM - puterea motorului  $P_m$ , momentul  $M_m$ , consumul orar de combustibil  $C_h$  și consumul specific de combustibil  $C_e$ . Pentru transmisia hidromecanică THM, se determină turația motorului  $n$  consumul orar de combustibil  $C_h$  și consumul specific de combustibil  $C_e$ .

- Forța convențională de tracțiune se determină cu relația (2.1 și 2.2). După graficul  $F$  ( $F_{cr}$ ) prin metoda grafo-analitică se determină  $F_{cr}$ . Se determină patinarea  $p$  corespunzătoare  $F_{cr}$  după graficul  $F(F_{cr})$ , conform metodologiei de calcul indicată în lucrarea [5].

Ciclul de lucru este format din 4 operații principale: încărcare, transportul mașinii încărcate, descărcare și transportul mașinii fără sarcină.

Procesul de solicitare aleatoriu al mașinii se produce pe toată durata celor 4 timpi de lucru și poate fi considerat ca un sistem de vibrație în linie continuu. Procesul de tipul „banda îngustă”, reprezintă 30-40 % cicluri grele, pe durata unui ciclu tehnologic de lucru. Factorul de încărcare, media patrată și amplitudinea încărcării pe roata sunt date în tabelul 3 [4].

Pentru încărcătorul articulat pe pneuri DK-2,8D, Cat 950H (sau 966H), masa încărcării pe roata determinată experimental, este de 4600 kg la o viteză de transport de 7,5 km/h. S-a analizat factorul de încărcare  $\beta_{ef}$ , în procesul de lucru cu o încărcare de 30-40% pe ciclu de transport, care este alcătuit dintr-o cursă de transport cu încărcătură și una în gol.

**Factorul de încărcare, media pătratică a încărcării și amplitudinea încărcării pe roată.**  
**Tabelul 3 [4,7].**

Tip masină	Roți	Coeficient banda ingusta	Media patratice a incarcarilor pe ordonata 1000 daN		Amplitudinea încărcării x1000 daN		
			Experiment.	Calculat	Medie Experiment.	Medie pătratică Calculat	Calculat
DK-2,8D	punte față	1,34	3,94	2,87	4,94	2,71	2,58
(950H)	punte spate	1,31	2,76	1,97	3,46	1,85	1,81

Schema cu ajutorul careia se determina sarcinile posibile de ridicat, pentru masina echipata cu cupa (fig.11) sau furca, ia in considerare: bascularea incarcaturii, capacitatea de transport in teren, si respectiv, starea de dotare tehnica a masinii, care se refera la masina standard echipata cu pneuri lestate cu apa/contragreutate sau masina echipata numai cu pneuri lestate cu apa[9]. In urma determinarii prin calcul a stabilitatii masinii si a verificarii incarcarilor prin masuratori, rezulta sarcinile posibile de ridicat si transportat.

### 3. INCERCĂRILE DE DURABILITATE PE STAND ȘI ACCELERAREA ACESTORA.

Incercările accelerate pe stand, permit să se obțină cele mai rapide informații despre durabilitatea ansamblurilor unui utilaj. Standul trebuie să asigure realizarea regimurilor de solicitare cu precizie și stabilitate maximă, după programul stabilit. Accelerarea încercărilor se poate realiza prin următoarele metode[6]:

- prin intensificarea regimurilor de încărcare prin mărirea numărului de încercări în unitatea de timp;
- prin intensificarea influenței mediului înconjurător (temperaturi, umiditate, etc);
- prin utilizarea unor medii abrazive create artificial (la încercarea tractoarelor industriale pe diferite piste de încercare).

Pentru reducerea timpului și volumului de lucru, se poate folosi dependența uzurii funcție de timp sau parcurs, recurgând la curbele de uzură ale pieselor cercetate.

La utilizarea metodelor de încercare accelerată se determină coeficientul de trecere de la încercările pe stand la condițiile normale de exploatare:

$$K_d = \frac{K}{h} \quad (3.1)$$

Unde: h- reprezintă durabilitatea piesei sau ansamblului pe stand, determinată în ore sau după numărul de cicluri de lucru, iar K durabilitatea acestei piese în condiții de exploatare kilometri parcursi.

La încercările de durabilitate pe stand se pot aplica 3 tipuri de programe de încărcare:

- a) încărcare constantă ( încărcare ciclică cu amplitudine constantă sau moment de torsiune constant);
- b) încărcare variabilă, în trepte (încărcare ciclică cu variații în trepte a amplitudinii sau a variației momentului de torsiune), într-o ordine stabilită a accelerării solicitărilor;
- c) încercare cu variație aleatoare (cel mai adesea prin reproducerea regimurilor de încărcare în exploatare).

In timp ce, în cazul încercărilor de drum se determina, de obicei, durabilitatea mai multor subansambluri simultan, la încercările pe stand acest lucru se face pentru un singur subansamblu sau piesa, cea ce permite în fiecare caz în parte alegerea programului optim, atât ca nivel de solicitare, cât și succesiune a aplicării ei.

#### 4. METODE STATISTICE DE STABILIRE A NIVELURILOR DE SOLICITARE.

Din cercetările regimurilor de solicitare ale ansamblurilor, pe încărcătoare sau dumpere, se obțin date de baza pentru alcătuirea programului de încărcare pe stand și pentru calculul durabilității pieselor. Datele cercetărilor se pot prezenta sub formă de histograme, funcții de densitate de probabilitate (pentru patinarea roților, aderența, distanța de transport, etc.) tabele de corelații, înregistrări magnetice care se utilizează direct în programarea sarcinilor pe stand.

Pentru fiecare ansamblu al mașinii se stabilesc parametrii de bază care determină regimul de solicitare al acestuia[6].

Pentru determinarea regimului de solicitare al punților motoare sunt necesare funcțiile de repartiție ale momentului de torsiune pe arborele conducător al transmisiei principale și pe arborii planetari, precum și relațiile dintre vitezele unghiulare ale roților planetare, forțele și momentele care acționează asupra grinzii punții motoare. Pentru arborii planetari și pentru grinda punții motoare trebuie în plus și numărul de cicluri de solicitare pe km parcurs.

Pentru toate ansamblurile transmisiei se măsoară turația arborilor conducători sau viteza mașinii. Spectrul de solicitare al eforturilor unitare la un arbore planetar de automobil este prezentat în fig.12[6]

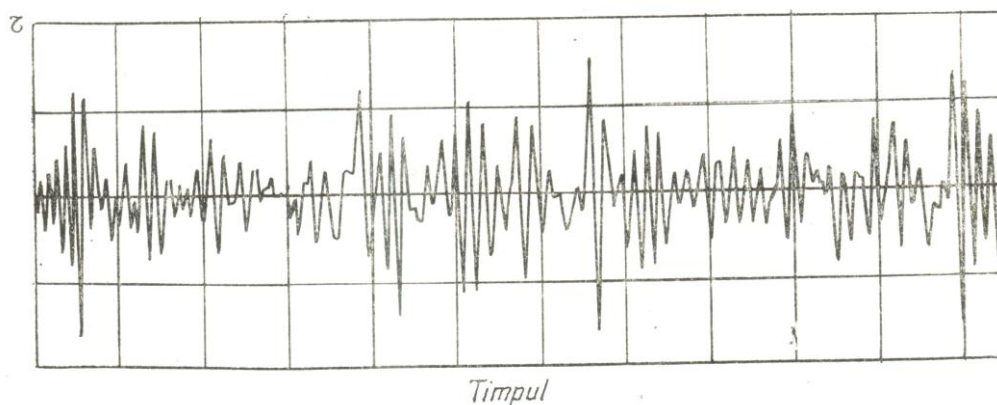


Fig.12 [6]

La cadru și cabina utilajului, se măsoară eforturile unitare într-o serie de puncte prin accelerațiile verticale și orizontale, iar la amortizoare și repartiția mișcărilor relative ale cilindrului și tijei.

Pentru frânare se determină funcțiile de repartiție a forțelor aplicate pe pedala de frână (sau la presiunea din cilindrii și camerele de frână), lucrul mecanic de frecare din frâne și temperaturile tamburilor sau discurilor de frână. Pentru frânare se folosește STAS 11960-1989.

#### 5. PRELUCRAREA STATISTICĂ A ÎNREGISTRĂRILOR REGIMURILOR DE SOLICITARE.

Solicitările ce apar în elementele agregatelor mașinii în timpul exploatării sunt de obicei funcții aleatoare de timp. Un exemplu edificator, este oscilograma variației în timp a eforturilor unitare din arborele planetar al unui automobil, fig.12.

Această prelucrare a spectrului de solicitare se poate face după două grupe de metode:

- a) – metoda de sistematizare directă a înregistrării proceselor aleatoare după criteriile stabilite și
- b) – metode ale teoriei funcțiilor aleatoare.

În primul caz, dacă există aparate speciale clasificatoare, metodele din grupa a), permit obținerea rapidă a rezultatelor (inclusiv chiar în timpul încercărilor pe parcurs), sub forma accesibilă calcului de oboseală, adecvate întocmirii unor programe de încercare deterministe pe stand.

Metodele din grupa b), sunt mai complexe, dar oferă principial posibilitatea determinării funcțiilor de repartiție a amplitudinilor solicitărilor, în funcție de proprietățile statistice cunoscute ale parametrilor de intrare (de exemplu ale microprofilului drumului) și de proprietățile dinamice ale

sistemului funcțional cercetat. Din cele peste 20 de metode de sistematizare directă, câteva constituie chiar obiectul direct a DIN 45667.

## 6. METODELE DE ELABORARE A PROGRAMULUI DE ÎNCERCĂRI.

Programul încercărilor pe stand a ansamblurilor mașinii se realizează pe baza histogramei sau funcției de repartiție a spectrului de solicitare înregistrat în timpul deplasării vehiculului în condiții tipice de șantier[6].

S-au întocmit condițiile de exploatare tipice pentru fiecare grupă de mașini, adică tractor industrial care lucrează în agregat cu diferite echipamente ca: buldozer, încărcător, dumper, notate prescurtat aici MATBC.

La încercările de sarcină ciclică constantă este posibilă forțarea acestora prin creșterea nivelului sarcinii și a frecvențelor sale de aplicare.

Nivelul sarcinii poate fi mărit până în momentul în care caracterul defecțiunilor piesei încercate pe stand corespunde aceluiași defecțiuni în regim de exploatare. Pentru determinarea valorii optime a sarcinii este necesar ca, prin cercetări preliminare să se obțină funcțiile de repartiție ale sarcinilor din exploatare  $f(\sigma)$  și curba de oboseală pentru piesa cercetată.

Durabilitatea piesei în condiții de exploatare (în cicluri de lucru) poate fi determinată cu formula:

$$N_e = \frac{a_k \cdot \sigma_r^m \cdot N_e}{\int_{\sigma_{\min}}^{\sigma_{\max}} f(\sigma) \sigma^m d\sigma} \quad (6.1)$$

În care:  $a_k$  - coeficientul de corecție al însumării liniare a deteriorărilor ( $a_k = 1$ );

- $\sigma_r$  - limita de oboseală a piesei cercetate;
- $N_e$  - numărul de bază al ciclurilor de solicitare ( $N_e = 10^6 \dots 10^7$ );
- $m$  - indicele de pantă.

După curbele de oboseală se stabilesc eforturile unitare ce corespund numărului de cicluri care se aleg pentru determinarea nivelului sarcinii pe stand.

Pentru forțarea nivelului de încărcare se mărește sarcina, luându-se ca număr de baza al ciclurilor  $N_x < N_e$ ,  $N_x$  fiind ales în funcție de tipul piesei încercate.

De exemplu, pentru arcuri din foi, se ia  $N_x = (1 \dots 3) 10^5$ , pentru sistemul de decuplare al ambreiajului  $N_x = (5 \dots 10) 10^5$ . Cu ajutorul curbei de oboseală se poate obține și efortul unitar corespunzător:

$$\sigma_x = \sigma_c m \sqrt{\frac{N_e}{N_x}} \quad (6.2)$$

$N_x$  trebuie să fie mai mic decât limita de curgere a materialului respectiv. Coeficientul de forțare a încărcării în timp:

$$K_f = N_e \cdot Z_o / (N_x Z_e) \quad (6.3)$$

Unde:  $Z_e$ ,  $Z_o$  - reprezintă numărul de cicluri de sarcină ale piesei în unitatea de timp în condiții de încărcare pe stand și respectiv media obținută în exploatare. Coeficientul de trecere de la încercările pe stand la condițiile normale de exploatare, adică prin raportarea durabilității obținute în condiții de exploatare la cea obținută pe stand, relația (3.1). Pe cale experimental-analitică, coeficientul de trecere de la o formă de încărcare la alta fiind egal cu raportul dintre durabilitatea obținută prin calcul pentru condiții de exploatare și durabilitatea determinată pe cale experimentală [6].

Se acordă atenție programelor de solicitare în trepte (blocuri) care reflectă mai veridic regimurile de solicitare din exploatare pe standurile de încercare. Din program se elimină sarcinile mici care nu influențează rezistența la oboseală a pieselor. Valoarea acestora nu depășește 10-20% din valorile maxime obținute. În condiții de exploatare, sub influența lor rezultă eforturi unitare care nu depășesc 50% din limita de oboseală a piesei cercetate.

Sarcinile maxime la programul în trepte sunt limitate de valorile maxime stabilite în regim de exploatare. Gama de lucru a sarcinilor se divizează pe  $K$  intervale,  $K \geq 10$  trepte. La fiecare treaptă a programului, efortul unitar se ia egal cu valoarea lui din centrul fiecărui interval. Numărul ciclurilor de încărcare în fiecare treaptă:

$$Z_i = Z_s \int_{\sigma_i}^{\sigma_{i+1}} f(\sigma) d\sigma \quad (6.4)$$

Unde:  $Z_s$ - este valoarea medie posibilă a numărului de cicluri de încărcare până la deteriorarea piesei pe stand, valoarea  $Z_s$  poate fi determinată aproximativ prin relația (6.1).

Este recomandabil ca programul de încărcare să se împartă în  $K_c$  blocuri, limitându-se de obicei  $K_c > 10$ . Numărul ciclurilor de încărcare la fiecare treaptă de sarcina într-un anumit bloc

$$Z_{ib} = \frac{Z_i}{K_x} \quad (6.5)$$

Caracteristicile statistice ale regimului de lucru al părții de program folosite la încercări trebuie să corespundă cu caracteristicile statistice ale întregului regim de exploatare (lucru menționat în partea I).

## 7. CONCLUZII.

Construcția metalică a masinilor autodeplasabile de transport basculabile pentru construcții (MATBC) de tip articulată, se comportă ca un „sistem banda îngustă” cu proprietăți înalte de filtraj. Marimea de ieșire a unui sistem oscilant cu un grad de libertate, excitat de o forță aleatoare staționară în timpul regimului tranzitoriu, este un proces nestaționar, care prezintă o importanță deosebită pentru aprecierea calitativă a sistemului și pentru studiile de fiabilitate, în cazul sistemelor cu porniri și opriri dese [1].

Procesul de solicitare aleatoriu al masinii pe toată durata celor 4 timpi de lucru poate fi considerat ca un sistem de vibrații în linie continuu. Procesul de lucru de tipul „sistemul banda îngustă”, reprezintă 30-40 % cicluri grele de solicitare aleatorii, pe durata unui ciclu tehnologic de lucru, pentru care corespunde un factor de încărcare de 1,34 pe roțile din față, și respectiv, de 1,31 pe roțile din spate [4].

Pentru stabilitatea masinii, la deplasarea cu sarcină în teren accidentat, încărcarea dinamică maximă care va acționa asupra masinii, ia în considerare un coeficient  $S=2$ . Pentru deplasare în teren compact nivelat, coeficientul este  $S=1,25$ , adică, regimul pentru demarare –franare în timpul transportului. Astfel, se asigură stabilitatea necesară masinii în condiții de siguranță, eliminând riscul rasturnării ei.

La deplasarea încărcătorului în teren accidentat cu paletă, coeficientul de siguranță se ia  $S=1,67$ , iar pentru teren compact nivelat  $S=1,25$ , (vezi valorile indicate în tabelele **1** și **2**), conform DIN 8313, pentru bascularea și operarea capacității cupei sau pentru manipularea paletelor cu ajutorul furcilor. Modelele de încărcătoare Gehl dețin certificat de stabilitate a masinii conform normelor EN 474-3/1996 și EN 474-4/1996 [10].

În unele cazuri, pentru modelarea încercărilor pe stand a masinii sau a subsansamblurilor (pieselor), se folosește procesul de modelare aleatoriu elaborat după caracteristicile statistice cunoscute ale regimului real de exploatare, cum ar fi de exemplu: funcția de repartiție, funcția de corelație, densitatea spectrală, etc. Aceasta se face, de exemplu, cu programul pus în acțiune pe

stand prin dispozitive servohidraulice, comandate prin aparatura electronică (de exemplu standul Hydropuls ) [6].

Blocurile electronice de comanda- control ale mașinii, asigură în prezent protecția totală a structurii, elementelor de transmisie și optimizarea exploatarei cu un consum redus de combustibil, reglarea regimului de exploatare al motorului în funcție de instalația hidraulică, poluare minimă, și atenționarea service-lui prin GPS pentru mentenanța mașinii (schimb de ulei, filtre de aer, de combustibil, ulei, etc. în funcție de gradul de solicitare al mașinii pe toată durata de exploatare în diferite locații pe șantier [7,8]. Standarde: Sisteme de diagnosticare SR ISO 4092-95 și SR ISO 8093-1998, și schimb de informații digitale SR ISO 9141-2000.

#### **Bibliografie:**

- 1. Boleteanu, L., Dobre, I.-** Aplicații ale mecanicii solidului deformabil în construcția de mașini, Editura Facla, Timișoara, 1978.
- 2. Sireteanu, T., Gungisch, O. , Paraian, S.-** Vibrațiile aleatoare ale autovehiculelor, confort și aderență, Editura Tehnică, București, 1981.
- 3. Tecusan, N, Ionescu, E.-** Tractoare și automobile, Editura Didactică și Pedagogică, București.
- 4. Spivakovskogo, A.O. s.a. –** Shakhtibii i karvernii transport, Mosckva, Nedra, 1977
- 5. Sarbu, L.** Mașini de tracțiune și transport pentru construcții, Vol I și II, Editura Ion Creanga, București, 2002.
- 6. Hilohi, C., s. a.-** Metode și mijloace de încercare a automobilelor, Editura Tehnică, București, 1982.
- 7. x x x –** Cat 950H (Cat 966H) Wheel Loader: Cat C7 Diesel Engine with ACERT Technology, Power 161 kW, Bucket Capacity 2,7 to 4 mc, Operating Weight 18400 to 19500 Kg.
- 8. x x x -** Articulated Truck, Terex Building on Technology, Terex Equipment Limited, Scotland, 2006, 24 p.
- 9. x x x -** Gehlmax Articulated Loaders, 11p.
- 10. x x x -** Standarde în vigoare privind condițiile de încercare a vehiculelor.



