

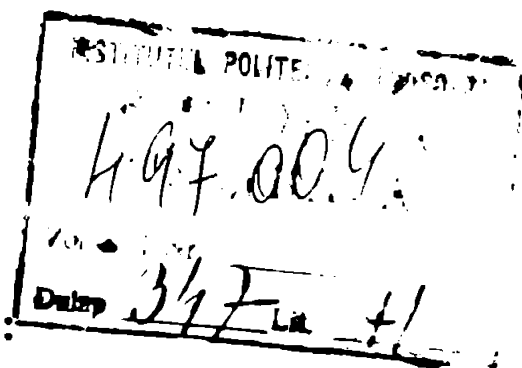
MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI
INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIA” TIMIȘOARA
FACULTATEA DE MECANICĂ

Ing. CONSTANTIN DUMITRESCU

**Contribuții privind fiabilitatea
și mentenabilitatea unor piese și subansamble
din structura echipamentelor complexe**

TEZA DE DOCTORAT

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA



Conducător științific:
Prof. em. dr. ing: SAVII GHEORGHE

Timișoara 1985

**CONTRIBUTII PRIVIND FIABILITATEA SI MENTENABILITATEA
UNOR PIESE SI SUBANSAMBLE DIN STRUCTURA ECHIPAMENTELOR
COMPLEXE**

| | | |
|---------------------|--|------------|
| | CUPRINS..... | 1 |
| CAPITOLUL 1. | 1.1. Introducere | 3 |
| | 1.2. Unele considerații privind investigațiile asupra fiabilității și mentenabilității pieselor și subansamblelor din structura echipamentelor complexe | 5 |
| | 1.3. Obiectivele lucrării și direcțiile de cer- cetare | 9 |
| CAPITOLUL 2. | CONSIDERATII PRIVIND RELATIA UZURA-DISPONIBILI- TATE IN ANALIZA PROCESELOR DE INTRETINERE SI REPARARE A ECHIPAMENTELOR COMPLEXE | |
| | 2.1. Sistemul frecare-uzare | 12 |
| | 2.2 . Teorii elaborate cu privire la procesul de uzare | 15 |
| | 2.3. Clasificarea uzurilor | 18 |
| | 2.4. Relația "disponibilitate - sistem de frecare - uzare" pentru echipamente complexe .. | 24 |
| | 2.5. Considerații privind evidența urmării uzurilor pentru echipamente complexe..... | 27 |
| | 2.6. Controlul calității pentru produsele complexe | 38 |
| CAPITOLUL 3. | ASPECTE PRIVIND CALITATEA PRODUSELOR SI A ECHIPAMENTELOR COMPLEXE | |
| | 3.1. Interpretarea sistemică a conceptului de calitate totală | 47 |
| | 3.2. Indicatori pentru aprecierea calității produselor | 56 |
| | 3.3. Aspecte privind fiabilitatea echipamen- telor complexe | 59. |
| | 3.3.1. Indicatorii privind fiabilitatea echipamentelor cu revenire(refacere) | 67 |
| | 3.4. Calculul fiabilității echipamentelor complexe | 71 |
| | 3.5. Aspecte privind mentenabilitatea echipa- mentelor complexe | 76 |

| | |
|--|-----|
| 3.6. Necesitatea aprecierii mentenabilității echipamentelor complexe | 81 |
| CAPITOLUL 4. DISPONIBILITATEA ECHIPAMENTELOR COMPLEXE SI A SISTEMELOR COMPLEXE DE PRELUCRARE | |
| 4.1. Considerații privind creșterea nivelului disponibilității echipamentelor complexe..... | 86 |
| 4.2. Metode matematice utilizate la elaborarea unui program de mentenanță preventivă pentru echipamente complexe | 88 |
| 4.3. Considerente privind elaborarea unui program cadru pentru mentenanță preventivă a motoarelor Diesel de mare putere | 92 |
| CAPITOLUL 5. DISPONIBILITATEA SISTEMELOR DE PRELUCRARE COMPLEXE | |
| 5.1. Aspecte privind fiabilitatea celulelor de fabricație | 101 |
| 5.2. Structura celulei de fabricație a arborilor motoarelor electrice deservite de robotul REMT | 103 |
| 5.3. Determinarea fiabilității precalculate și a disponibilității celulei de fabricație a arborilor motoarelor electrice deservite de robotul REMT | 104 |
| 5.3.1. Metodologia utilizată | 104 |
| 5.3.2. Prelucrarea statistică a datelor. Concluzii | 106 |
| 5.4. Structura celulei de fabricație destinată prelucrării motoarelor electrice, deservită de REMT-2 | 110 |
| 5.5. Determinarea disponibilității precalculate a celulei de fabricație destinată prelucrării rotoarelor motoarelor electrice, deservită de robotul REMT-2 | 111 |
| 5.5.1. Metodologia utilizată | 111 |
| 5.5.2. Prelucrarea statistică a datelor | 112 |
| 5.6. Soluții pentru creșterea disponibilității celulelor robotizate | 115 |
| 5.7. Eficiența economică privind funcționarea celulelor robotizate în condițiile unei disponibilități impuse | 116 |

CAPITOLUL 6. DISPONIBILITATEA CUPLELOR CINEMATICE DIN STRUCTURA ECHIPAMENTELOR COMPLEXE

| | |
|---|-----|
| 6.1. Aspecte privind fiabilitatea precalculată a roboților din familia REMT | 12 |
| 6.1.1. Structura roboților din familia REMT.. | 12 |
| 6.1.2. Determinarea fiabilității precalculate a motorului electric pentru acționarea translației $R_{ME}(t)$ | 12 |
| 6.1.3. Determinarea fiabilității precalculate a instalației mecanice (IM)..... | 12 |
| 6.1.4. Determinarea fiabilității precalculate a instalației electrice de comandă și forță (IECF) | 12 |
| 6.1.5. Determinarea fiabilității precalculate a translației rotorului R_T | 12 |
| 6.2. Aspecte privind fiabilitatea experimentală a componentelor integrate în structura roboților din familia REMT | 129 |
| 6.2.1. Selectarea componentelor mecanice cu fiabilitatea redusă | 129 |
| 6.2.2. Metodologia utilizată | 131 |
| 6.3. Descrierea standului pentru determinarea fiabilității componentelor mecanice ale roboților | 138 |
| 6.4. Prelucrarea rezultatelor | 141 |

CAPITOLUL 7. DISPONIBILITATEA CUPLEI CINEMATICE DE TRANSLATIE DIN STRUCTURA AMORTIZORULUI CU FRECARE USCATA DE TIPUL AFU 600/480

| | |
|---|-----|
| 7.1. Aspecte privind eficiența economică a asimilării în fabricația de serie a amortizorului cu frecare uscată | 146 |
| 7.2. Aprecierea fiabilității precalculate a amortizorului cu frecarea uscată de tipul AFU 600/480 | 150 |
| 7.3. Realizarea standului pentru determinarea fiabilității experimentale a amortizoarelor cu frecare uscată de tipul AFU 600/480..... | 152 |
| 7.4. Incercări pe stand, rezultate, interpretări.. | 156 |
| 7.5. Program de mentenanță pentru amortizorul AFU tip IPT 600/480..... | 159 |

| | |
|---|-----|
| CONCLUZII FINALE SI CONTRIBUTII ALE LUCRARIILOR.... | 163 |
| Bibliografie | 166 |

C A P I T O L U L 1

1.1. Introducere

Etapa nouă în care este propulsată societatea noastră are ca și caracteristică esențială: creșterea nivelului calitativ al activităților tehnico-economice.

Fenomenul constituie elementul catalizator al dezvoltării pentru întreaga viață economico-socială.

Ridicarea continuă a nivelului tehnic și calitativ al produselor este unul din factorii esențiali în realizarea creșterii economice intensive.

Documentele de partid (1, 2) evidențiază că în perioadele celor 5 ani care au trecut de la Congresul al XII-lea au avut loc mari schimbări calitative în industria noastră socialistă. Pe baza măsurilor și programelor adoptate s-au obținut succese importante în îmbunătățirea calității și ridicarea nivelului tehnic al producției, precum și prin creșterea productivității muncii, care în industria republicană va fi în 1985 cu circa 29 la sută mai mare decât în 1980.

Referitor la perioada 1986 - 1990 și în perspectivă până în anul 2000, documentele programatice ale Partidului Comunist Român (2, 3) evidențiază ca orientări și sarcini principale ce revin industriei: " Realizarea unei creșteri economice intensive, prin modernizarea în continuare a structurilor de producție, ridicarea permanentă a nivelului tehnic și calitativ al produselor, sporirea productivității muncii, accentuarea specializării și integrării producției în vederea utilizării cu maxim de randament a capacităților ... Dezvoltarea intensivă a industriei, realizarea unor produse de ridicat nivel tehnic și calitativ, creșterea prioritară a ramurilor și subramurilor de înaltă tehnicitate, ... asigurând o competitivitate superioară a produselor românești pe piețele externe.

Un aspect deosebit, în asigurarea ritmurilor de dezvoltare adoptate pentru perioada viitoare, îl are cercetarea

științifică și tehnologică. Ele trebuie orientate înspre ridicarea nivelului tehnic și calitativ al producției, creșterea în continuare a ponderii produselor cu performanțe de vîrf pe plan mondial" (3).

Cercetarea științifică și tehnologică se vor implica mai puternic în activitatea de asigurare a bazei de materii prime, în asigurarea independenței energetice a țării, în activitatea de accelerare a procesului de automatizare, electronizare și robotizare a producției, asigurînd astfel ca progresul tehnic să dețină principala pondere în creșterea productivității muncii.

Referitor la calitatea producției ce se va realiza în perioada 1986 - 2000, documentele programatice ale partidului (1, 2, 3) prevăd: măsuri pentru modernizarea și reproiectarea produselor, asigurîndu-se creșterea duratei și siguranței în funcționare, reducerea greutateii și consumurilor specifice, sporirea randamentelor și diminuarea cheltuielilor pentru exploatare, întreținere, reparații; vor fi generate metode moderne de analiză și control ale calității în proiectarea și fabricarea produselor. Se prevede astfel ca ponderea produselor industriale ce se realizează la nivel mondial ridicat să ajungă în 1990 la aproape 95 la sută, iar la 2-5 la sută din producție să se atingă performanțe superioare acestui nivel. De asemenea, se va acționa pentru ca unitățile economice să-și adapteze mai rapid structura producției, calitatea acesteia la cerințele pieței interne și externe.

Din prezentarea făcută în documentele de partid rezultă deosebit de clar rolul pe care cercetarea științifică și tehnologică îl au în creșterea nivelului calității proceselor de producție și a produselor. Înzestrarea industriei cu echipamente tehnologice complexe, cu sisteme de producție flexibile, fiabile, capabile să satisfacă cerințele, merca în diversificare, ale beneficiarilor interni și externi, constituie un obiectiv esențial al activității economice.

Utilizarea produselor noi, mijloace de producție sau bunuri materiale, de o calitate superioară, care asigură o creștere a nivelului calității vieții sociale, necesită însă și o pregătire prealabilă, deosebit de complexă, a forțelor de producție.

În documentele programatice elaborate de Congresul al XIII-lea al Partidului Comunist Român referitor la calitatea forței de muncă, se arată că: În cincinalul viitor, numărul personalului

muncitor va ajunge la 7,8 - 7,9 milioane persoane, prin crearea de noi locuri de muncă. Asigurarea necesarului de cadre impune formarea profesională a unui număr de aproape 2 milioane persoane ... vor fi pregătiți peste 1.200 mii muncitori calificați, tehnicieni și maștrii și 146 mii ingineri și alte cadre de specialiști cu studii superioare ... Programele de perfecționare a pregătirii profesionale vor cuprinde anual circa 3 milioane persoane.

Printr-o strânsă conlucrare a activității de cercetare științifică și tehnologică cu o activitate continuă de perfecționare a forțelor de producție, prin elaborarea de programe și măsuri concrete, adaptate pe domenii specifice fiecărei activități în parte, se va putea realiza edificarea noii societăți românești.

1.2. Unele considerații privind investigațiile asupra fiabilității și mentenabilității pieselor și subansamblelor din structura echipamentelor complexe.

Cercetările privind studiul pieții, din ultimii ani, au evidențiat câteva concepte care vin să definească mai complet noțiunea de "calitate totală", *concepte* care se referă mai ales la:

- Accentuarea caracterului pieții de "piață a cumpărătorului" ca urmare a creșterii nivelului de trai.
- Necesitatea produselor existente, sau a celor nou fabricate, de a satisface o gamă tot mai variată de funcțiuni în conformitate cu cerințele "în diversificare" ale cumpărătorului.
- Creșterea nivelului competitivității produselor pe piață, ca urmare a faptului că producătorii nu mai pot lua decizii de respingere a unei strategii privitoare la creșterea nivelului calității produselor. Necesitatea de a produce competitiv face ca ritmul de îmbunătățire a performanțelor produselor să crească mai rapid decât costul fabricației produselor, obținându-se astfel efecte economice care permit dezvoltarea și lărgirea proceselor de producție. În același timp gradul de complexitatea produselor crește.

În structura produselor sînt cuprinse tot mai

multe ansambluri, subansambluri și componente; calitatea execuției și a funcționării lor influențează în mod direct calitatea produsului finit.

Menținerea nivelului calității produselor necesită următoarele două condiții, în sfera producătorului:

- Asigurarea unui nivel minim impus pentru fiabilitatea produsului.
- Asigurarea unui program de mentenanță preventivă pentru produsul în exploatare.

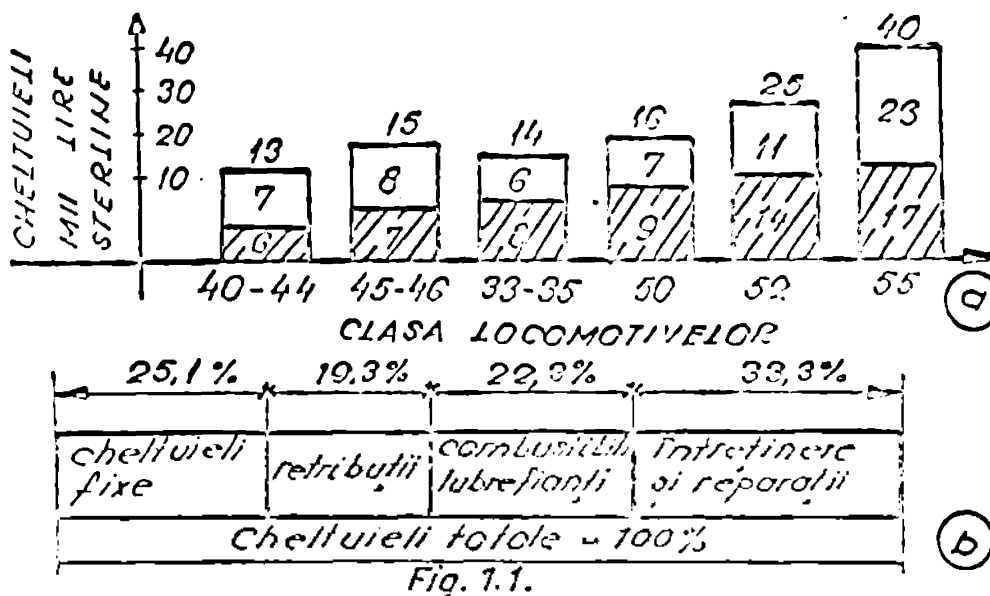
Tinând seama de faptul că ansamblurile, subansamblurile și reperetele ce intră în structura produselor au fiecare o anumită fiabilitate, și că în majoritatea cazurilor ele sînt înseriate (excepție de la această regulă fac doar reperete, subansambluri și ansambluri care intră în structura unor produse de importanță vitală pentru viața și activitatea omului), rezultă că fiabilitatea produselor scade odată cu creșterea numărului elementelor din structura unui produs finit. (5). În scopul menținerii unui nivel minim, absolut necesar, pentru fiabilitatea totală a unui echipament complex, este necesară elaborarea unui program de mentenanță preventivă care să mențină parametrii funcționali ai acestuia la valoarea nominală sau la valori apropiate de aceasta. Structura programului, elementele sale componente diferă în funcție de gradul de complexitate al echipamentului și de fiabilitatea elementelor din structura sa.

Aprecierea costului activității din structura unui program de mentenanță este dificilă, datorită lipsei unor date sigure, acumulate în exploatarea produselor. Se menționează din literatura de specialitate (4, 48, 56) că la nivelul anului 1971, cheltuielile pentru reparație și întreținerea motoarelor Diesel, pentru diverse clase de locomotive se cifrează la aproape 50 la sută din valoarea inițială a fondului fix. (fig. 11 a)

Cheltuielile legate de reparația motoarelor s-au reprezentat în figură prin partea hașurată.

Ponderele cheltuielilor de întreținere și reparație, în totalul cheltuielilor, pentru cazul autobuzelor urbane (4) se prezintă la nivelul anilor 1971 în figura 1.1. b Se observă că nivelul cheltuielilor cu întreținerea și reparațiile se ridică

la o treime din valoarea cheltuielilor totale.



Asigurarea cu piesele de schimb necesare pentru întreprinderile specializate în prepararea minereurilor metalifere (32) s-a realizat ținându-se seama de fabricare, cât și de durabi-

litatea soluțiilor alese. Astfel, confecționarea unui rotor, pentru celula de flotajie tip IPROMIN cu o capacitate de 2,8 m³, din cauciuc, în locul celui din oțel se soldează cu o economie de 425 lei, exprimată la nivelul costurilor de fabricație și cu o creștere a durabilității reperului de 6 ... 7 ori.

Utilizarea unui număr de peste 65 repere confecționate din cauciuc în loc de oțel, în cadrul E.P.Săsar, se soldează cu o economie de 141 tone oțel slab aliat, echivalentă cu 1,4 milioane lei anual.

Reducerea cheltuielilor legate de întreținere și reparație se poate realiza prin măsuri complexe care să vizeze atât sfera exploatării cât și sfera producătorilor; dintre aceste măsuri se evidențiază:

- Elaborarea unor metodologii de calcul și apreciere a costurilor activităților de întreținere și reparație.
- Elaborarea unei metodologii de culegere, producere și sinteză a informațiilor legate de repararea și întreținerea echipamentelor complexe.
- Elaborarea unor metodologii detaliate de întreținere și reparații pentru piesele solicitate din structura echipamentelor complexe.
- Elaborarea în detaliu a unor tehnologii de montaj a echipamentelor complexe, în vederea reducerii timpilor de montaj și a creșterii nivelului calitativ a lucrărilor de montaj.

Efectuarea reparațiilor în conformitate cu prescripțiile și normativele de reparații elaborate de proiectantul echipamentului complex.

- Exploatarea echipamentelor complexe în conformitate cu indicațiile și normele de exploatare prevăzute de proiectantul produsului. Efectuarea tuturor operațiilor, la timp, în conformitate cu indicațiile prevăzute pentru echipamente complexe, chiar dacă aceste operații au un caracter de control și verificare, în vederea reducerii cheltuielilor logate de imobilizarea echipamentelor.
- Pregătirea personalului destinat exploatării echipamentelor complexe din punct de vedere al posibilităților de a efectua lucrările de întreținere și reparație.

Efectuarea corectă și la timp a intervențiilor de mentenanță corectivă are ca rezultat reducerea costurilor totale de fabricație și creșterea duratei de utilizare a echipamentului (13, 14, 21). Reducerea costurilor se datorește în special economiilor realizate ca urmare a prevenirii *opririi* produselor aflate în exploatare, economii care reprezintă un multiplu al costurilor de reparații a defecțiunilor.

Economiile datorate prevenirii defecțiunilor, exprimate la nivelul costurilor de producție (E_p) au în structura lor:

- costuri aferente reparării defecțiunilor economisite (C_r) și
- costuri aferente opririi echipamentului economisite (C_o), dacă se ține seama și de costurile aferente măsurilor de prevenire a defecțiunilor (C_p), economiile (E_p) se pot scrie cu relația (1.1)

$$E_p = C_r + C_o - C_p \left(\frac{\text{mii lei}}{\text{an}} \right) \quad (1.1)$$

Măsurile privind prevenirea defecțiunilor sînt justificate numai dacă economiile datorate prevenirii defecțiunilor sînt pozitive ($E_p > 0$)

Pierderile datorită opririi unor echipamente complexe (4) se prezintă în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1.

| Nr. crt. | Denumirea echipamentului | Pierderi D.M/zi |
|----------|---------------------------------------|-----------------|
| 1. | Centrală nucleară de putere 600 MW | 125.000 |
| 2. | Bloc centrală de putere 340 MW | 80.000 |
| 3. | Fabrici de placi aglomerate | 30.000 |
| 4. | Instalație petrochimică | 30.000 |

1.3. Obiectivele lucrării și direcțiile de cercetare

Asigurarea fiabilității și mentenabilității produselor complexe constituie unul din obiectivele prioritare în proiectarea structurilor de producție.

Asigurarea unui grad de flexibilitate mărit pentru procesele tehnologice impune ca o necesitate asimilarea în fabricare a unor structuri de producție optime în raport cu costurile complete unitare ale obiectivelor fabricate; creșterea gradului de flexibilitate impune de asemenea creșterea vitezei de asimilare a noilor produse cerute pe piață și prin reducerea timpului de răspuns la cererile în diversificare ale beneficiarilor.

Eficiența economică a asimilării noilor structuri ține seama în principal de doi factori: eficiența investițiilor necesare pentru asimilare și eficiența sub aspectul comerțului exterior; relațiile de calcul și apreciere a eficienței economice în cazul celor doi factori sînt consemnate în literatura de specialitate (55,57).

Se impune ca o necesitate studierea posibilităților de a organiza tehnologia de întreținere și reparare a sistemelor complexe. Aceasta deoarece, o dată cu creșterea gradului de complexitate al echipamentelor disponibilitatea lor scade.

Creșterea disponibilității produselor complexe constituie obiectivul urmărit atît în etapa de proiectare-concepție cît și în perioada de exploatare a produsului complex.

În etapa de proiectare - concepție se impune asigurarea produselor cu componente cît mai fiabile, precum și elaborarea unui program de întreținere și reparații cît mai detaliat. Prin aceste măsuri se reduc cheltuielile suplimentare legate de înlocuirea pieselor nefiabile precum și a cheltuielilor necesitate de staționare în reparație a echipamentelor pe o perioadă de timp mai îndelungată.

În exploatare disponibilitatea se poate asigura prin reducerea la minimum a timpilor de întrerupere în funcționare a produselor prin aplicarea unor tehnologii de reparație inițial sta-

bilitate, prin asigurarea pieselor de schimb pentru subansambluri sau piese cu fiabilitate redusă, prin utilizarea unui personal calificat specializat în activități de întreținere și reparații.

La noi în țară, standardele, actele normative elaborate cu caracter de lege țin seama de cele prezentate.

Metodologia de stabilire a nivelului fiabilității, mentenabilității și disponibilității unui produs complex este mai puțin studiată. Aceasta din cauză că pentru fiecare produs complex în parte se impune elaborarea unui program de întreținere și reparație individual.

În lucrarea de față se propune ca un prim obiectiv: însușirea unui program de întreținere preventivă pentru echipamente complexe și pentru sisteme de prelucrare complexe.

Metodologia urmărită are la bază indicațiile și prescripțiile date de standardele în vigoare privind fiabilitatea, mentenabilitatea și disponibilitatea produselor (74,75,76,77,78,79,80,81), prevederile legislației în vigoare privind modul de abordare a noțiunii de calitate pentru un produs complex (88,89,90,91,92,93,94,95,96,97), precum și studiile, cercetările proprii, finalizate prin lucrări și contracte cu diferiți beneficiari, pe linia creșterii nivelului disponibilității echipamentelor complexe.

În lucrare s-a abordat problema studiului disponibilității unor echipamente complexe de tipul motoarelor Diesel. Aici, un rol deosebit îl au programele de încercări ce se efectuează pentru fiecare motor în parte, înainte de a fi transmis beneficiarilor; totodată, se impune elaborarea unui program de mentenanță preventivă, prin care beneficiarul să fie instruit pentru a reduce duratele de staționare datorate întreruperilor accidentale. Am evidențiat faptul că factorii deosebit de importanți, ce trebuie luați în considerare la acest capitol sînt: structura sistemului complex, costurile legate de activitățile de mentenanță preventivă, costurile legate de investiția necesară asimilării sistemului.

Un al doilea obiectiv al tezei de doctorat în constituie elaborarea unor cercetări privind asigurarea fiabilității unor cuple cinematice din structura unor echipamente complexe ce lucrează în regimuri de solicitare intensivă.

S-au efectuat cercetări pentru cuple cinematice de translație care intră în structura echipamentelor complexe ca roboți industriali și locomotive Diesel.

Cercetările se referă la elaborarea unor soluții

tehnice noi pentru diverse tipuri de cuple precum și la alegerea partenerilor în contact pentru diverse tipuri de cuple cinematice.

Studiile efectuate au avut în vedere evoluția procesului de uzare a partenerilor în contact, precum și relația disponibilitate - sistem de frecare-uzare pentru echipamentele complexe.

Tinând seama de structura sistemelor de prelucrare complexe în lucrare se prezintă soluții pentru creșterea disponibilității sistemelor de prelucrare complexe. Soluțiile prezentate sînt analizate și din punct de vedere al eficienței economice realizate în urma aplicării lor.

În lucrare se mai prezintă rezultatele obținute pe cale experimentală privitor la partenerii în contact pentru cuplele cinematice de translație. S-au proiectat și conceput două standuri pentru determinarea fiabilității elementelor din structura echipamentelor complexe. Ele sînt cuprinse în dotarea laboratorului pentru studiul fiabilității produselor din cadrul facultății de mecanică a Institutului politehnic "Traian Vuia" din Timișoara.

Pe baza studiilor și cercetărilor prezentate în teză și ținînd seama de prevederile legale privind creșterea nivelului calității produselor complexe, în cadrul laboratorului se vor extinde cercetările privind problemele legate direct de calitatea proceselor de proiectare produse noi și proiectarea tehnologiilor noi.

C A P I T O L U L 2

CONSIDERATIILE PRIVIND RELATIA UZURA-DISPONIBILITATE IN ANALIZA PROCESELOR DE INTRETINERE SI REPARARE A ECHIPAMENTELOR COMPLEXE

2.1. Sistemul frecare - uzare

La suprafața de contact între piese în mișcare relativă a unei cuple cinematice din structura unui echipament complex, apare o forță care se opune mișcării, denumită forță de frecare (F_f).

Rezultatul acțiunii continue a forței de frecare îl constituie creșterea rezistenței la deplasare a pieselor și uzura suprafețelor în contact.

Privit în ansamblul său, procesul de frecare-uzare este un proces complex, care are în structura sa următoarele elemente:

- Elemente de intrare: Sarcina (N) ce acționează la contactul celor două suprafețe în mișcare relativă una față de cealaltă.

Se poate exprima prin sarcina nominală specifică:

$$N_{sp} : \left[\frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \right]$$

Viteze (v) de deplasare relativă a celor două suprafețe în contact.

Parametrii lichidului de răcire-ungere, dacă procesul este considerat un proces de frecare limită, fluidă sau mixtă.

- Elemente ale sistemului: Starea celor două suprafețe în contact. Prin termenul "stare" se înțelege felul cuplei de frecare și felul partenerilor în contact direct.

- Elementele de ieșire : Forța de frecare (F_f)

Uzura - exprimată prin parametrii cuantificabili: intensitatea de uzare (I_u), coeficientul de frecare (μ_{ok})

Căldura rezultată din procesul de frecare

(Q)

Grafic, structura sistemului este prezentată în figura 2.1.

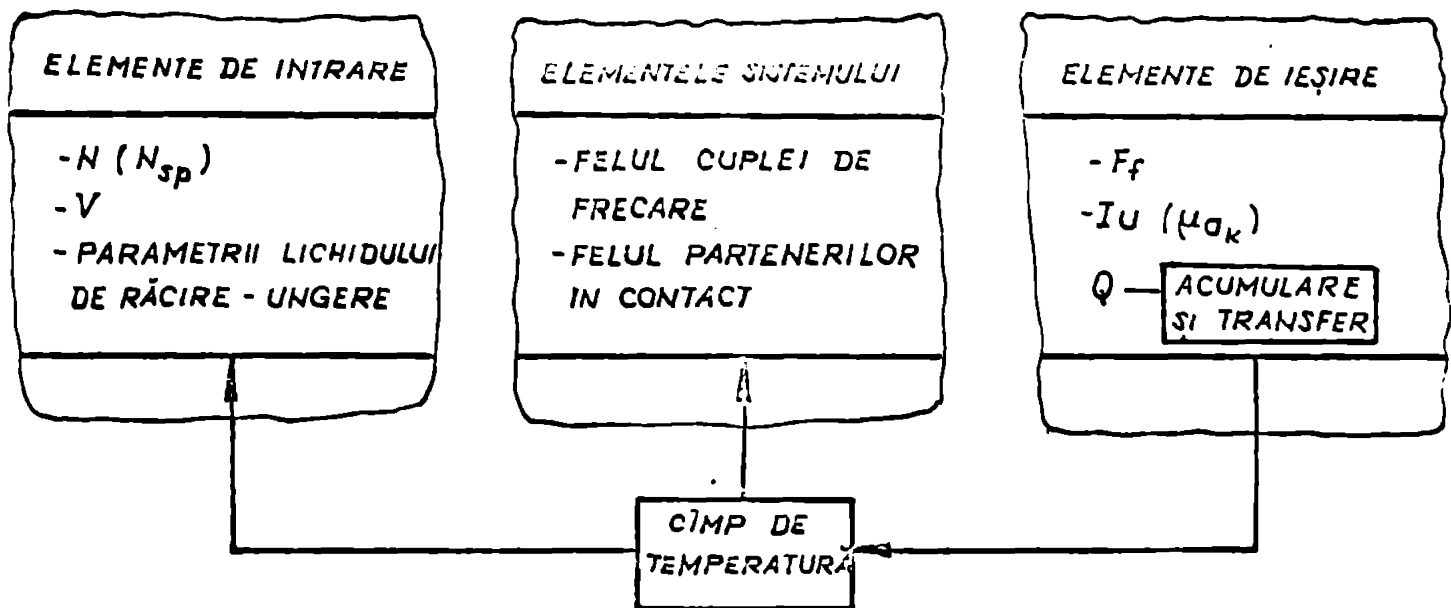


Fig.2.1

Așa cum se observă din figură, ca urmare a acumulării și a transferului de căldură se va stabili un câmp de temperatură care va influența funcționarea cuplei de frecare și a parametrilor lichidului de răcire-ungere. Efectele directe ale câmpului de temperatură duc la modificări ale parametrilor în contact din punct de vedere a structurii materialului și din punct de vedere a mărimii suprafeței de contact. Modificându-se suprafața de contact se modifică sarcina normală specifică (N_{sp}) ca și componentă a lui (N). Aceasta constituie reacția inversă de autoreglare a sistemului.

Modificându-se sarcina normală specifică, se modifică valoarea forței de frecare (F_f), coeficientul de frecare (μ_{ok}) și activitatea de acumulare și transfer de căldură (Q). Se poate deci considera că între forța de frecare (F_f) și coeficientul de frecare (μ_{ok}) există o relație de forma:

$$\mu_{ok} = \psi [F_f \cdot (t)] \quad (2.1)$$

În cazul frecării uscate în absența lichidului de răcire, câmpul de temperatură influențează puternic elementele sistemului, putând duce chiar la modificarea geometriei cuplei de frecare.

Cupla de frecare (41, 54) ca și element de bază a sistemului, se definește ca fiind ansamblul a două sau mai multe corpuri în contact supuse unei mișcări relative de alunecare, rostogolire, pivotare sau o combinație a acestora. În general o cuplă asigură o legătură între două elemente mobile din structura unui ansamblu sau subansamblu.

Pentru lucrări de tribologie s-a propus și s-a utilizat o clasificare a cuplelor de frecare cu patru clase, având ca și criterii: tipul contactelor și numărul contactelor aparente sau nominale; conform acestei clasificări structura celor 4 clase este: (54)

- Clasa I - contacte pe vîrfuri, cilindri încrucișați, cupla instalației cu patru bile, rulmenți cu bile.

- Clasa II - legări pentru cuțite de tipul: cilindri cu axe paralele, cupla bucășă-plan (TIMKEN), cuple camă-tchet, cupla cu patru role, cupla tip taler, angrenaj cilindric cu dantură dreaptă.

- Clasa III - cuple de tip fus-cuzinet (Amsler), piston-cilindru, șurub piuliță.

- Clasa IV - cuple cilindru-disc, paralelipiped-plan, 2 epruvete înclare, ghidaj de translație cu profil A

Încadrarea cuplei de frecare în una din clasele prezentate influențează comportarea întregului sistem, atunci când se analizează modul de funcționare al lui atât în condițiile de lucru concrete, cât și în condițiile de laborator.

Caracterul suprafeței cuplelor depinde de: materialul din care sînt constituiți partenerii în contact; tehnologia de prelucrare a fiecărui partener; mărimea ariei reale de contact; dacă pentru primii doi factori se pot da informații precise, determinarea ariei reale de contact se poate face mai greu, deoarece sub acțiunea sarcinii (N), contactul cuplelor de frecare, considerat static delimitează următoarele trei tipuri de arii (29, 48) :

- Aria nominală (A_n) definită de geometria de contur a corpului mai mic.

- Aria aparentă (A_a) definită ca suma ariilor de contact formate de undulațiile provenite din prelucrare.
- Aria reală de contact (A_r) definită de suma microsuprafețelor de contact ale asperităților. Prin ea se transmite de fapt forța de apăsare normală.

In funcție de tipul cuplei de frecare, între cele două tipuri de arii există relațiile:

- $A_n = A_a = A_r$ - pentru cuple de clasa I-a ;
- $A_n = A_a > A_r$ - pentru cuple de clasa II-a;
- $A_n \geq A_a \geq A_r$ - pentru cuple de clasa III și IV-a.

Modelarea tipurilor de arii prezentate are o importanță deosebită pentru proiectantul unui produs, deoarece prin aceasta el poate determina nivelul maxim admisibil al jocurilor din cupla de frecare, contribuind prin aceasta la întocmirea unui program de mentenanță preventivă care, la rîndul său duce la creșterea duratei de viață și a siguranței în funcționare a produsului.

2.2. Teorii elaborate cu privire la procesul de uzare

In cadrul acestui subcapitol se fac referiri la fenomenul frecării uscate, acesta fiind întîlnit mai frecvent în lucrarea de față.

Terminologia utilizată ține seama de prevederile standardelor în vigoare (74,75,76,77,78,79,80,81) în conformitate cu care s-au definit:

- Uzarea este procesul ce are loc în urma frecării a două suprafețe în contact.
- Uzura este produsul, rezultatul concret al procesului de uzare; se poate aprecia prin viteza de uzare (V_u) și prin intensitatea de uzare (I_u).

Viteza de uzare (V_u) se definește ca și cantitatea de material îndepărtată, în procesul de uzare, după o oră de funcționare, la suprafețele în contact a unei cuple de frecare. Se măsoară în mg/h sau m/h.

Intensitatea de uzare (I_u) se definește prin cantitatea de material îndepărtată după un km de drum parcurs de cele două suprafețe în contact;

se măsoară în mg/km sau m/km .

Siguranța în funcționare a unui echipament complex este dată de capacitatea sistemului de a funcționa fără defecțiuni în decursul unui interval de timp, în anumite condiții date.

Fenomenul frecării uscate a fost observat odată cu primele realizări tehnice ale omului. Teoriile care s-au elaborat au căutat să explice fenomenul uzurii prin prisma cunoștințelor acumulate pînă în momentul elaborării teoriei respective.

O enumerare a acestor teorii (35, 47, 53, 54) se referă la:

- Teoria mecanică - conform căreia forțele de frecare apar în procesul funcționării unui echipament, ca rezultat al unei energii cheltuite pentru a depăși și a escalada microasperitățile; microasperitățile fiind rezultatul prelucrării tehnologice a suprafețelor în contact. Conform acestei teorii, la nivel microscopic, asperitățile celor două suprafețe în contact se vor întrepătrunde (fig.2.2). Forțele de frecare (F_f) au valori care

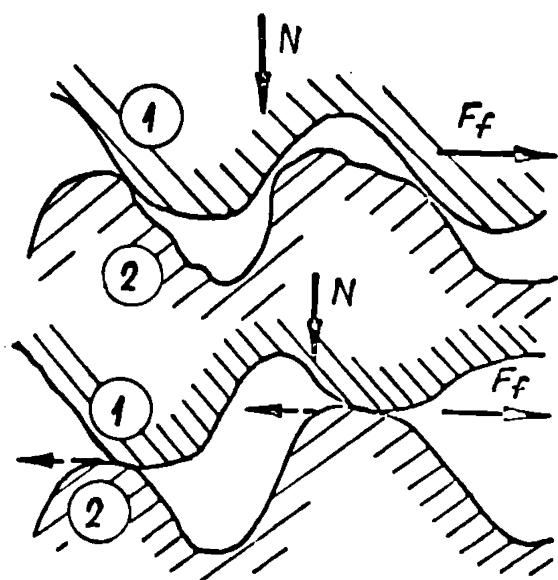


Fig.2.2

depind de valoarea forței normale de apăsare (N) amplificată cu un coeficient, care la rîndul său, ține seama de energia necesară pentru depășirea impurităților.

- Teoria adeziunii moleculare - conform căreia forța de frecare are valori ce depind de mărimea forțelor interacțiunii moleculare și a suprafețelor corpurilor respectiv. Elaborarea acestei teorii a plecat de la ideea că mărimea

forței de frecare nu depinde de rugozitatea suprafețelor.

- Teoria punților de sudură (a microjoncțiunilor) - conform căreia forța de frecare se datorează forței necesare pentru ruperea punților de sudură, ce se formează în principal, datorită interacțiunilor moleculare, la temperaturi ridicate în punctele de contact.

- Teoria deformării elastice și plastice - conform căreia forța de frecare apare la două suprafețe în mișcare relativă ca rezultat al energiei consumate pentru deformarea asperităților (deformație elastică, deformație plastică sau ambelor tipuri de deformație) la contactul cu suprafața conjugată.
- Teoria mixtă privind frecarea - consideră că forța de frecare apare datorită învingerii forțelor de aderență dintre suprafețe cât și datorită escaladării microasperităților în contact. Aceste două fenomene se soldează cu distrugerea coeziunii moleculare din structura proeminențelor (în cazul suprafețelor rugoase) sau a coeziunii moleculare a ambelor suprafețe netede în contact.
- Teoria energetică - elaborată mai recent - ține seama de faptul că în procesul de frecare a două suprafețe, energia trece de la o suprafață la alta prin cuante de energie care produc și transfer de material și particule de uzură.

O variantă a acestei teorii o constituie teoria electrostatică a frecării prin care se sugerează transferul de electroni de pe o suprafață de frecare pe alta, crearea și menținerea unei diferențe de potențial electric (fig.2.3).

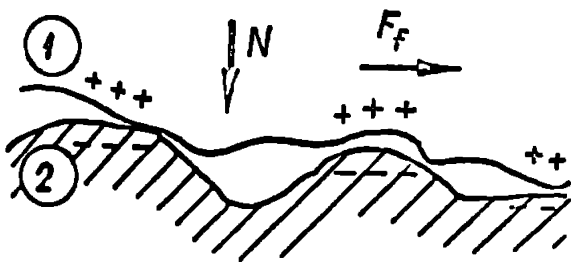


Fig.2.3

Din succinta prezentare a acestor teorii privind procesul de frecare-uzură se constată că el este un proces complex a cărui caracteristici depind de forma suprafețelor în contact, de structura și compoziția chimică a celor două suprafețe în contact, de mărimea rugozităților celor două suprafețe în contact, de calitatea materialelor din care se confecționează suprafețele în contact, de tratamentul termic aplicat suprafețelor în contact(61,62,63)

Forța de frecare ce apare în proces poate fi considerată ca rezultatul interacțiunii forțelor necesare pentru:

- forfecarea eventualelor microjuncțiuni la microasperitățile metalului mai dur;
- eliberarea produselor abrasive ce se formează în zonele de contact a suprafețelor, producerea deformațiilor locale plastice sau elastice, învingerea interacțiunii moleculare a microsuprafețelor în contact direct, menținerea unei diferențe de potențial electric între suprafețe.

497004
3474

O dată cu creșterea gradului de complexitate a echipamentelor numărul cuplurilor de frecare crește; sînt semnificate valori în creștere ale forțelor de frecare. Învingerea acestor forțe de frecare necesită consumuri energetice, materiale și valorice deosebit de importante.

Vorbind despre eforturile ce trebuie făcute în această direcție tovarășul Nicolae Ceaușescu arăta (3): "O atenție deosebită trebuie acordată realizării la timp și în bune condiții a reparațiilor, întreținerii mașinilor, utilajelor și instalațiilor, asigurării pieselor de schimb necesare".

Datele statistice publicate (36, 56) evidențiază faptul că sume importante sînt alocate în scopul aplicării la scară industrială a rezultatelor cercetărilor privind frecarea, ungerea și uzura. În Uniunea Sovietică se aprecia încă la nivelul anilor 1950 că în această direcție își desfășoară activitatea peste un milion de oameni ai muncii; în R.S.Cehoslovacia se apreciază la circa 3 miliarde coroane, la nivelul anilor 1970, valoarea economiilor anuale provenite din aplicarea cercetărilor privind frecarea, ungerea și uzura, iar în S.U.A. se apreciază că anual se deteriorează datorită uzurii 20% din parcul de mașini.

Datele prezentate pledează pentru cunoașterea cît mai în detaliu a sistemului frecare-uzare, cunoașterea modului de combatere a fenomenelor negative pe care acestea le generează.

2.3. Clasificarea uzurilor

Procesul de frecare între două suprafețe aflate în mișcare relativă are drept rezultat:

- pierderea de energie sub formă de căldură și
- uzura - desprinderea de material, modificarea geometriei și stării inițiale a suprafețelor în contact.

Necesitatea cunoașterii evoluției fenomenului complex de frecare-uzură-ungere a generat ca o primă necesitate clasificarea tipurilor de uzuri observate în practică, clasificare ce are la bază mai mulți parametri, dintre care doi sînt mai importanți:

- aspectul suprafețelor în contact;
 - gradul de deteriorare al suprafețelor în contact,
 analizat comparativ cu o stare inițială a suprafețelor în contact.

În literatura de specialitate (14, 29, 35, 56) se acceptă clasificarea propusă de F.T.Barwell în 1957 privitor la următoarele patru tipuri fundamentale de uzuri, care pot apare atât la frecarea uscată cât și în prezența lubrifiantilor:

- uzarea de aderență,
- uzarea de abraziune,
- uzarea de oboseală,
- uzarea de coroziune.

Deși clasificarea este acceptată, în practică, aceste patru tipuri de uzură se întâlnesc separat, numai în cazuri speciale.

După alți cercetători procesul de uzură este influențat în special de fenomenele mecanice; tipul caracteristic acestei clase de fenomene este uzarea de abraziune. Dar, a considera că pe parcursul întregii perioade de funcționare a unei cuple sau articulații, uzarea de abraziune este fenomenul singular ce apare, constituie o imagine falsă deoarece acest fenomen are o intensitate mare, dar durează puțin timp, după care apare, în proporții din ce în ce mai mari, uzarea de adeziune.

Uzarea de adeziune este procesul ce are loc prin sudarea și apoi ruperea punților formate între microzonele în contact; se caracterizează printr-un coeficient de frecare ridicat și o viteză ridicată a intensității de uzare.

Din punct de vedere al evoluției procesului de uzare în timp, la un echipament complex, se deosebesc următoarele tipuri de uzură:

- Inițial, în perioada de rodaj (perioada $0 - t_a$), utilajul este supus unei uzuri pronunțate; în această perioadă, viteze de uzare variază, condițiile suprafețelor în contact se modifică, ele putându-se stabiliiza încopre partea finală a perioadei.
- Perioada stabilă de funcționare a echipamentului (perioada $t_a - t_b$) - în care uzura evoluează foarte încet în timp. Aceasta constituie perioada de viață utilă a echipamentului.
- Perioada uzurilor pronunțate (pentru valori ale lui $t > t_b$) care apar datorită deteriorării rapide a suprafețelor în contact direct.

Reprezentând grafic variația vitezei de uzare (V_u) în timp (t) se obține figura 2.4. În figură se observă că V_L corespunde momentului de uzură limită, peste care este interzisă funcționarea echipamentului corespunzător momentului t_b , funcționarea echipamentului nu mai înregistrează domenii stabile; ,spor șocuri în funcționare, preciziile în funcționare se reduc.

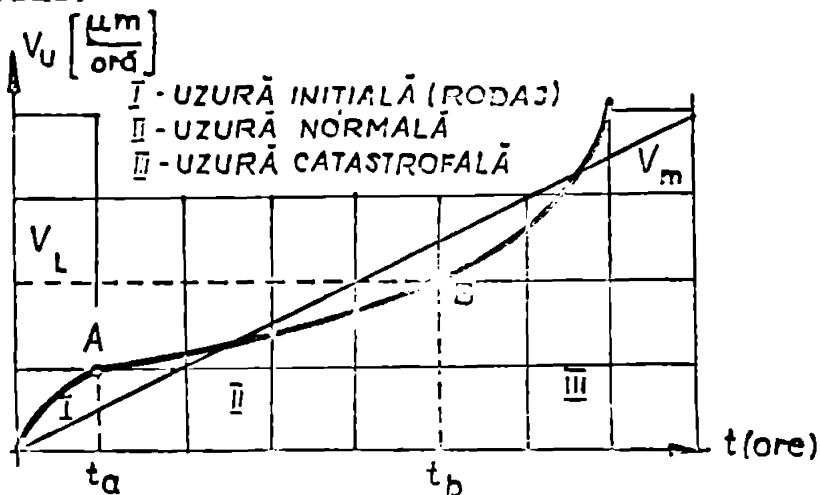


Fig. 2.4.

$$V_M = K \cdot t \quad (2.2)$$

K - coeficient ce ține seama de intensitatea uzurii echipamentului.

Pentru un reper i ($i = 1, 2 \dots n$) din structura unui echipament complex, viteza de uzare medie (V_{Mi}) se poate scrie (2.3)

$$V_{Mi} = K_i \cdot t \quad (2.3)$$

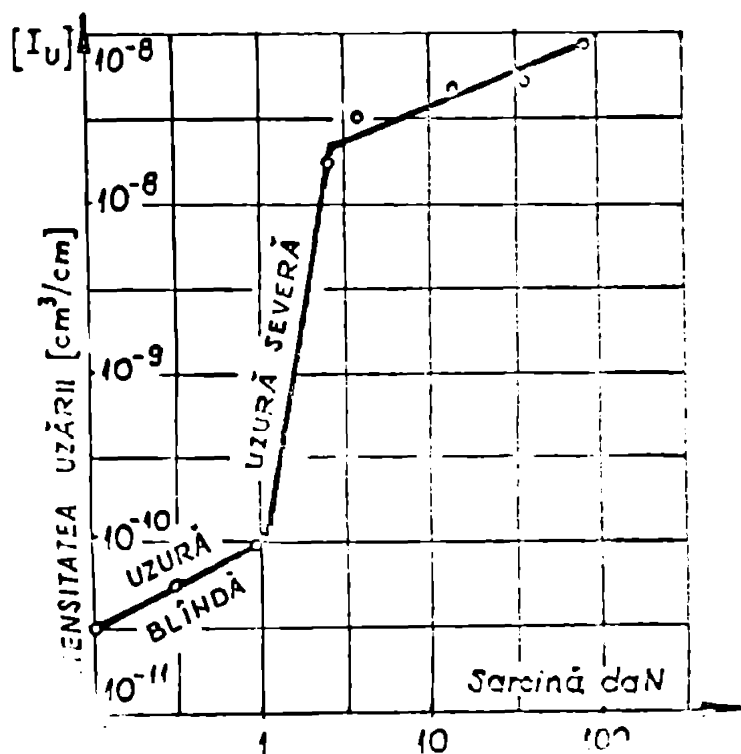
în care:

K_i - coeficient ce ține seama de intensitatea uzurii reperului i din structura echipamentului.

Tinând seama de modul în care are loc uzarea, se pot deosebi (48) :

- uzarea blîndă (Wild Wear) la care suprafețele rămîn relativ netede și sînt protejate de straturi de oxid ce se produc în timpul frecării; uzura constă în particole mici de oxizi (de cîteva sute de Angstromi sau mai puțin);
- uzarea severă - la care contactul între cele două suprafețe este metalic (fără strat intermediar de oxizi), iar suprafețele sînt puternic rizate. Particulele dislocate depășesc ca mărime o fracțiune de milimetru.

Apariția uzării blânde sau severe este condiționată de variația sarcinii specifice ($\frac{daN}{mm^2}$) în procesul de funcționare a echipamentului. În figura 2.5 este redată variația intensității de uzare (cm^3/cm) în funcție de variația sarcinii specifice aplicate (daN) pentru mai multe combinații de material.



Verificați intensității de uzare (I_u) (cm^3/cm) pentru diferite materiale, acoperă un domeniu de variație în valoare de 1/100.000, în timp ce coeficienții de frecare corespunzătorii variază în limitele 1 - 5. În tabelul 2.1 se prezintă rezultatele experimentale pentru

valori ale sarcinii de 0,4 daN și viteză de lucru 0,2 m/s. Concluziile privind alura și variația uzurii au fost urmărite și confirmate și prin metoda tracerilor radioactivi. În afara celor 4 tipuri fundamentale clasice de procese de uzare, în practică se mai întâlnesc:

Fig. 2.5

Concluziile privind alura și variația uzurii au fost urmărite și confirmate și prin metoda tracerilor radioactivi.

În afara celor 4 tipuri fundamentale clasice de procese de uzare, în practică se mai întâlnesc:

În afara celor 4 tipuri fundamentale clasice de procese de uzare, în practică se mai întâlnesc:

- uzura de impact,
- imprimarea sferică (brinelarea),
- uzura de cavitație,
- zgîrieră,
- eroziunea,
- uzura datorită eroziunii electrice.

O analiză mai atentă a modului în care se produc aceste fenomene precum și a modului în care ele se manifestă, ne dă posibilitatea de le le încadra în una din formele clasice. În continuare se vor prezenta câteva date despre aceste forme de uzură.

TABELUL 2.1.

Corelația dintre I_u , μ_{ak} și k pentru unele materiale

| Cupla de frecare (material) | | Intensitatea uzării I_u | Coefficient de frecare | k |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------|
| Inel | Stift | | | |
| Oțel moale | Oțel moale | 1570 | 0,55...0,70 | $7,0 \cdot 10^{-3}$ |
| Alamă CuPb60 | Alamă cu Pb40 | 240 | 0,22...0,26 | $6,0 \cdot 10^{-4}$ |
| Oțel de scule tratat | Teflon | 20 | 0,16...0,20 | $0,5 \cdot 10^{-5}$ |
| | Stelit | 3,2 | 0,50...0,70 | $5,5 \cdot 10^{-5}$ |
| | Oțel feritic inoxidabil | 2,7 | 0,48...0,58 | $1,7 \cdot 10^{-5}$ |
| | Tolietilenă | 0,3 | 0,60...0,70 | $1,3 \cdot 10^{-7}$ |
| Carbură de Wolfram | Carbură de Wolfram | 0,02 | 0,30...0,40 | $1,0 \cdot 10^{-6}$ |

Uzura de impact este frecvent întâlnită la morile cu ciocane (72), unde datorită ciocnirilor repetate, pe suprafețele de lucru se formează cratere. Intensitatea procesului de uzare depinde de natura materialelor utilizate și de mărimea impulsului.

Viteza de uzare $[ds/dt]$ în timp, se poate exprima cu relația (2.4).

$$\frac{ds}{dt} = C \cdot m \cdot v \quad \text{în care:} \quad (2.4)$$

C = coeficient ce ține seama de caracteristicile materialului

de măcinat, gradul lui de mărunțire, rezistențe la uzură.

v - viteze de impact definită ca o diferență: $v_2 - v_1$ în care:

v_1 - viteza materialului de măcinat în momentul ciocnirii,

v_2 - viteza organului activ în momentul impactului,

m - masa materialului supus măcinării,

mv - mărimea impulsului în momentul contactului,

$\frac{ds}{dt}$ - viteza de uzare.

Reacțiunea materialului care va produce uzura va fi (N) (2.5):

$$N = m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot a \quad (2.5)$$

Ținând seama că viteza de uzare mai depinde și:

de duritatea organului activ, relația vitezei de uzare ($\frac{ds}{dt}$) devine (2.6):

$$\frac{ds}{dt} = \frac{C.m.v}{HB} \quad (2.6) \text{ sau mai precis } (2.7)$$

$$\frac{ds}{dt} = \frac{C.m.v}{HB_0 - \beta(HB_0 - H\beta)} \quad (2.7)$$

în care:

β - coeficient ce ține seama de forma suprafeței de contact a organului activ

HB_0 - duritatea inițială a organului activ exprimată în unități Brinel

HB - duritatea finală (în momentul măsurării a organului activ exprimată în unități Brinel

Imprimarea sferică (brinelarea) - apare în mod special în lagărele cu frecare de rostogolire supuse unor forțe mari, concentrate. Deformarea căilor de rulare are loc în momentul repausului echipamentului.

Uzura de cavitație este o formă de uzură superficială prin oboseală, fiind caracterizată prin ciupituri și eroziuni (deci o uzură mecanică), care pot avansa în structura de rezistență a organului solicitat, producând slăbirea secțiunilor critice. Uzura se produce în prezența mediului lichid vehiculat cu viteze mari.

Zgîrlirea este o formă de uzură abrazivă ce apare atunci când la contactul a două suprafețe apar impurități a căror duritate o egalează sau depășește pe cea a suprafețelor în contact.

Eroziunea este tot o formă a uzurii abrazive ce apare în zona de acțiune a unui jet de fluid conținând particole abrazive (Instalații de alimentare sub presiune, pentru diverse tipuri de motoare). Dacă se reușește dirijarea procesului de eroziune și menținerea lui între anumiți parametri stabili, se pot elabora procese tehnologice de prelucrare prin eroziune electrodinamică.

Uzura datorită eroziunii electrice apare la suprafețele supuse unor descărcări electrice (electrozii bujiilor, contactele acumulatorilor etc); și în acest caz dacă se reușește dirijarea

procesului de eroziune și menținerea lui între anumite limite se pot elabora tehnologii de prelucrare prin eroziune electrică.

2.4. Relația "disponibilitate-sistem de frecare-uzare" pentru echipamente complexe

Un echipament complex poate fi considerat ca o reuniune de subsisteme cu grad de complexitate diferit, a căror funcționare este corelată în scopul asigurării unui obiectiv final prestabilit.

În structura echipamentului complex, nivelul solicitărilor ce apar în cadrul fiecărui sistem este diferit, accent deosebit punându-se pe elementele componente ale sistemului frecare-uzare.

Atingerea unui anumit nivel a parametrilor sistemului de frecare-uzare face ca întregul sistem să treacă din starea de "funcționare" în starea "defectă" producându-se ieșirea din funcțiune a echipamentului complex.

Elementele componente ale sistemului de frecare-uzare se pot afla în una din aceste două stări:

- starea de funcționare sau
- starea defectă

Dacă se consideră ca mărimile elementelor de ieșire ale sistemului frecare-uzare

- forțe de frecare F_{fi} ($i=1;2 \dots n$, valori succesive ale lui F_f)
- căldură acumulată și transferată mediului exterior sistemului Q_j ($j=1,2,3 \dots n$) - măsurători succesive ale cantității de căldură degajată de proces; ele se pot cuantifica matematic sub forma unui parametru generalizat (w); expresia analitică a acestui parametru poate fi scrisă:

$$w = \varphi [F_{Fi}(t) ; Q_j(t)] \quad (2.8)$$

Pe parcursul funcționării echipamentului complex mărimea parametrului (w) se modifică cu valoarea (Δw), care reprezintă suma valorii a doi termeni:

$$\Delta w = \Delta w' + \Delta w'' \quad \text{în care} \quad (2.9)$$

$\Delta w'$ - reprezintă o variație reversibilă determinată de acți-

unea factorilor externi și

$\Delta w''$ - reprezintă o variație ireversibilă datorată proceselor dăunătoare (oboseală, uzură, îmbătrânire etc).

Valorile celor doi termeni se pot aprecia, ținând seama că în intervalul de timp de funcționare $(0; t_0)$, acțiunea factorilor care condiționează funcționarea echipamentului complex este aleatoare:

$$\Delta w' = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{\partial \varphi}{\partial F_{fi}} \cdot \frac{\partial F_{fi}}{\partial Q_j} \Delta Q_j + \sum_{j=1}^m \frac{\partial \varphi}{\partial Q_j} \cdot \Delta Q_j \quad \text{și} \quad (2.10)$$

$$\Delta w'' = \sum_{i=1}^n \int_0^{t_0} \frac{\partial \varphi}{\partial F_{fi}} \left[\theta_i(t) + \sum_{j=1}^m \frac{\partial \theta}{\partial b_j} \cdot \Delta b_j \right] dt \quad (2.11)$$

în care: $\theta_i(t) = \frac{dF_{fi}}{dt}$ reprezintă viteza de variație, în timp, a proceselor ireversibile a parametrilor F_{fi} , în condiții normale de funcționare;

θ - este o mărime aleatoare continuă.

Modificările reversibile de tipul $\Delta w'$ ale elementelor de ieșire ale sistemului duc la modificarea elementelor de intrare și ale elementelor sistemului propriu-zis, deci ele determină stabilitatea sistemului.

Modificările ireversibile, acumulându-se în timp, duc la reducerea siguranței în funcționare a sistemului și în final la defectarea lui; această grupă de factori determină durabilitatea sistemului.

Ținând seama de nedefectarea și asigurarea unei siguranțe în funcționare a unui sistem complex, ieșirea din funcțiune a acestuia poate fi analizată din două puncte de vedere:
a) Al apariției defectiunilor accidentale. Pentru trecerea din starea "defectă" în starea "în funcțiune" este necesară repararea sau înlocuirea unui subansamblu, subsistem sau element deteriorat.

b) Al scăderii preciziei și siguranței în funcționare datorită apariției fenomenelor de uzură progresivă; punerea în stare "în funcțiune" a echipamentului complex se face prin reglaje intermitente, prin utilizarea pieselor de schimb din stocul de piese de schimb prevăzut de proiectant.

Cu cât echipamentul este mai complex cu atât se impune mai pregnant necesitatea de a prevedea, încă din faza de proiect:

- subansamblurile, subsistemele sau elementele care au durată de viață mai redusă;
- programul de întreținere și reparații pentru echipament;
- stocul de piese de schimb sau de rezervă.

Utilizatorii (sau utilizatorul) echipamentelor complexe au sarcina de a asigura regimuri de funcționare conforme cu prevederile cărților tehnice și de a reduce duratele de întrerupere în funcționare. Acestea constituie obiectivele întreținerii preventive (4, 21). Ea are drept scop elaborarea unor tehnici și activități destinate împiedicării apariției sau reducerii uzurilor, menținerii echipamentului în bună stare de funcționare, precum și evitarea apariției întreruperilor accidentale. Pentru producții de serie mare sau mesă, pentru echipamente complexe, se pot elabora programe de întreținere preventivă - prin care să se asigure un optim atât în consumul de piese de schimb cât și în aprecierea momentului exact de schimbare a subansamblelor uzate.

În activitatea de întreținere preventivă nu trebuie neglijată nici influența factorului uman. Principalele elemente ce trebuie luate în considerare pentru activitatea de întreținere preventivă la factorul uman sînt:

- nivelul de calificare;
- nivelul de instruire (pregătirea și perfecționarea în domeniul reparațiilor);
- modul în care respectă discipline în general și discipline de reparații în special;
- experiența căpătată pe parcursul anilor în activitatea de reparații, cumulată cu autoritatea căpătată în acest timp;
- aptitudinile pedagogice și spiritul de echipă de care dă dovadă pe parcursul activității depuse.

În literatură se arată că în S.U.A 61% din întreprinderi nu au programe de pregătire pentru cadrele de întreținere.

Lipsa unor programe de instruire a personalului care să se ocupe de particularitățile activității de întreținere pot duce la cheltuieli de exploatare suplimentare, care de multe ori nu sînt de neglijat (4, 40, 41).

Pentru produse complexe (motoare navale) firmele producătoare au obligația prin prevederile stabilite la nivel internațional să elaboreze programe în detaliu pentru activitățile de întreținere preventivă (83,84,85,86) structura unui asemenea program va fi prezentată în capitolul IV.

2.5. Considerații privind evidența urmăririi uzurilor pentru echipamente complexe

Urmărirea modului de comportare a echipamentelor în funcțiune este unul din obiectivele activității de control tehnic de calitate.

Pentru produse simple, cu grad de complexitate redus și care se realizează în volum de producție specifice producției de serie, se pot aplica următoarele tipuri de control statistic al calității pe parcursul fabricației (30, 31, 58, 79, 81):

1. Controlul statistic al calității pe bază de măsurare
2. Controlul statistic al calității pe bază de verificare la "corespunzător" și "necorespunzător"
3. Controlul statistic al calității pe bază de număr de defecte.

1. Controlul statistic al calității pe bază de măsurare necesită determinarea, pentru fiecare exemplar din lotul analizat, următorilor parametri: poziția cîmpului de împrăștiere și mărimea cîmpului de împrăștiere. Fișele de control întocmite în acest caz sînt:

- fișe de control pentru medie și amplitudine;
- fișe de control pentru mediană și amplitudine;
- fișe de control pentru medie și abatere medie pătratică.

Fișa de control pentru medie și amplitudine se utilizează frecvent în timpul fabricației pentru că asigură o bună

eficacitate a controlului și pentru că nu necesită un calcul prea laborios. Utilizarea acestei fișe necesită respectarea următorului algoritm:

a). Efectuarea analizei statistice a procesului tehnologic premergătoare controlului statistic; etapa are drept scop verificarea aplicabilității metodei de control la procesul tehnologic analizat.

b). Stabilirea mărimii probei și a intervalului dintre luarea probelor. Se vor utiliza loturi compuse din 2...10 exemplare; în medie se utilizează loturi de câte 5 exemplare. Se disting aici două cazuri:

- când determinarea valorii caracteristicii de calitate observate este costisitoare sau distructivă; se utilizează în acest caz loturi de 2...3 exemplare;

- când determinarea valorii caracteristice se face cu mare atenție; se utilizează în acest caz loturi cu 7...10 exemplare.

Dacă se notează cu (n) - numărul de exemplare din lotul analizat și cu (M) numărul mediu de produse între două dereglări ale echipamentului sau a mașinii unelte, procentul de exemplare controlate (K) se poate aprecia cu relația:

$$K = \frac{n}{M} \quad (2.12)$$

La începutul activității de control se vor utiliza valori mai ridicate pentru procentul K ($K = 5-10\%$); pe parcurs valoarea lui poate scădea până la 2%.

Intervalul de timp între două luări de probe (t) se poate aprecia în funcție de producția orară a mașinii unelte sau a agregatului (q) :

$$t = \frac{60}{q} \sqrt{nM} \quad (\text{min}) \quad (2.13)$$

c). Alegerea echipamentului de măsurat se face în funcție de mărimea câmpului de toleranță și de valoarea toleranței admisibile.

d). Intocmirea fișei de control statistic pentru medie și amplitudine; în fișă de trec patru categorii de grupe de informații:

- Partea destinată înregistrării datelor referitoare la produsul controlat - întreprinderea, secția, sectorul, atelierul, linia de fabricație și agregatul sau mașina-unelte utilizată; denumirea produsului (a reperului) și a caracteristicii de calitate controlate; toleranța prescrisă; operația și producția orară; denumirea aparatului de măsurat; precizia de citire, mărimea probei; intervalul de timp dintre două luări de probe.

- Partea destinată înregistrării valorilor numerice ale rezultatelor măsurării caracteristicii de calitate și calculului parametrilor statistici ai probei - rubrica "Valorile caracteristicii măsurate" cuprinde un număr de rînduri egal cu numărul exemplarelor probei, în care se vor scrie valorile măsurate ale caracteristicii de calitate observate; rîndul intitulat "SUMA" în care se va înscrie suma valorilor măsurate ale caracteristicii de calitate din proba respectivă; rîndul intitulat "AMPLITUDINEA" în care se va înscrie amplitudinea valorilor caracteristicii de calitate din proba respectivă.

- Partea destinată diagramelor de control, pentru medie și amplitudine. Pe diagramă se vor trasa: Limita de control superioară și inferioară pentru amplitudine (L_{cs} ; L_{ci}).

Determinarea acestor limite se face astfel încît probabilitatea ca media sau amplitudinea să le depășească să fie egală cu 0,002. Relațiile de calcul ale limitelor de control pentru medie și amplitudine sînt:

Pentru medie - respectîndu-se condițiile: mărimea cîmpului de toleranță mai mică (sau egală) decît (cu) abaterea medie pătratică (σ) a lotului care se analizează și aprecierea limitelor făcîndu-se pe baza abaterii medii pătratice:

$$L_{cs} = X_c + A \cdot \sigma \text{ și } L_{ci} = X_c - A \cdot \sigma \quad (2.14)$$

Dacă aprecierea limitelor se face pe baza amplitudinii medii a probelor (\bar{w}), relațiile de calcul (2.14) devin:

$$L_{os} = X_c + A' \bar{w} \text{ și } L_{ci} = X_c - A' \bar{w} \quad (2.15)$$

Dacă mărimea cîmpului de toleranță (T) depășește valoarea abaterii medii pătratice (σ) a lotului care se analizează și aprecierea limitelor se face pe baza abaterii medii pătratice:

$$L_{os} = X_{max} - B\sigma \quad \text{și} \quad L_{ci} = X_{min} + B\sigma \quad (2.16)$$

Dacă aprecierea se face pe baza amplitudinii medii (\bar{w}) a probelor, relațiile de calcul (2.16) devin:

$$L_{cp} = X_{max} - B'\bar{w} \quad \text{și} \quad L_{ci} = X_{min} + B'\bar{w} \quad (2.17)$$

Pentru amplitudine, respectîndu-se condiția, aprecierea limitelor făcîndu-se pe baza abaterii medii pătratice

$$L'_{cs} = C\sigma \quad \text{și} \quad L_{ci} = D\sigma \quad (2.18)$$

Dacă aprecierea limitelor se face pe baza amplitudinii medii (\bar{w}) a probelor

$$L_{cs} = C'\bar{w} \quad \text{și} \quad L_{cs} = D'\bar{w} \quad (2.19)$$

În relațiile (2.14), (2.15), (2.16), (2.17), (2.18) (2.19) s-au notat

X_c - mijlocul cîmpului de toleranță

X_{min} , X_{max} - limitele inferioară, respectiv superioară, ale cîmpului de toleranță

A, B, C, D, A', B', C', D' - coeficienți ai căror valori se apreciază funcție de numărul probelor din lot.

Avînd aceste valori se trece în terenul diagramelor de control pentru media aritmetică și pentru amplitudine.

Partea destinată înregistrării condițiilor care se desprind pe baza informațiilor date de parametrii probei - modificări în procesul tehnologic, concluzia controlului, cauzele care au contribuit la apariția abaterilor de la procesul tehnologic, măsuri luate, responsabilitatea celor care au efectuat piesele și controlul.

e). Efectuarea controlului pe baza fișei de control și compararea rezultatelor obținute cu cele trasate pe fișa de control.

Fișa de control pentru mediană și amplitudine se utilizează atunci când se cere o calitate mai puțin precisă a reglajului și preciziei procesului tehnologic de fabricare a pieselor.

Introducerea acestui document necesită următorul algoritm:

- a). Efectuarea analizei statistice a procesului tehnologic premergătoare aplicării controlului statistic
- b). Stabilirea mărimei probei și a intervalului dintre luarea probelor.

Mărimea probei va fi un număr impar cuprins, în general între 3 - 11 (frecvent se folosesc 5 probe).

Procentul de probe ce urmează a fi analizat (K) se poate stabili cu relația:

$$K = \sqrt{\frac{u}{Q}} \quad (2.20)$$

unde:

u - mărimea probei

Q - numărul de piese produse între două dereglări.

În general, pentru faza de început a controlului se admite un procent de 5% ... 10% piese controlate; pe parcursul procesului acest procent poate fi redus la 2%, pentru producții orare mari.

Intervalul de timp între două luări de probe (t) se poate determina cu relația:

$$t = \frac{60}{q} \sqrt{n \cdot Q} \quad (\text{min}) \quad (2.21)$$

c). Alegerea aparatului de măsurat se face astfel încât o gradă de pe scara aparatului să corespundă la circa $\frac{1}{10}$ din câmpul de toleranță (T) și să nu fie mai mare de $\frac{1}{6}$ și nici mai mică de $\frac{1}{20}$ din câmpul de toleranță.

d). Intocmirea fișei de control statistic pentru mediană și amplitudine, cuprinde 4 grupe de activități similare cu cele prezentate la fișa medie și amplitudine, cu următoarea observație:

Dacă nu există motive obiective ca procesul tehnologic să nu poată fi reglat la mijlocul câmpului de toleranță se va înlocui în formularul prezentat valoarea centrală a câmpului de tole-

rență (X_c) cu media medianelor probelor \bar{M} :

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{K} \quad (2.22)$$

unde:

k = numărul probelor luate în considerare.

e) Efectuarea controlului statistic pe baza fișei M și \bar{w} .

Fișa de control pentru medie și abatere medie pătratică se utilizează la controlul proceselor de fabricare caracterizate printr-o precizie a reglajelor și a proceselor tehnologice, în ipoteza că valorile caracteristicilor au o repartiție normală (produse la care costul fabricației este ridicat și precizia prelucrărilor este ridicată).

În întocmirea fișei se va avea în vedere faptul că determinarea celor doi parametri: media și abaterea medie pătratică este mai laborioasă și necesită personal de control mai calificat decât pentru celelalte metode de control statistic.

Introducerea fișei de control pentru medie și abatere medie pătratică necesită următorul algoritm:

e). Efectuarea analizei statistice a procesului tehnologic premergătoare aplicării controlului statistic. Analiza se efectuează pentru a vedea dacă repartiția empirică a valorilor caracteristicii de calitate coincide cu repartiția normală; de asemenea se va determina stabilitatea procesului tehnologic și se va determina mărimea fracțiunii defecte probabile;

Dacă fracțiunea defectă probabilă este acceptată se vor calcula:

- media mediilor (\bar{X}); amplitudinea medie a probelor (\bar{w}) și abaterea medie pătratică a colectivității ($\sigma = \frac{\bar{w}}{\sqrt{n}}$); intervalul mediu de timp sau cantitatea medie de produse fabricate între două dereglări a utilajului sau a echipamentului.

Dacă fracțiunea defectă probabilă este prea mare se va muta operația pe un alt agregat sau mașină unealtă mai precisă.

Verificarea stabilității dinamice a procesului tehnologic se face prin urmărirea stabilității mediilor și abaterilor medii pătratice în un număr de minim 25 probe alcătuite din câte 5 exemplare; pentru fiecare probă se va cal-

culo în parte:

$$\text{- medie probei: } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.23)$$

- abaterea medie pătratică a probei (s)

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n}} \quad (2.24)$$

Analizându-se "k" grupe de câte n probe se poate determina medie mediilor probelor ($\bar{\bar{X}}$)

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} \quad (2.25)$$

și media abaterilor medii pătratice ale probelor:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{k} \quad (2.26)$$

În continuare se vor determina limita de control superioară (L_{CS} , L'_{CS}) și limita de control inferioară (L_{CI} și L'_{CI}) pentru medie și abaterea medie pătratică cu relațiile:

$$L_{CS} = \bar{\bar{X}} + A''\bar{S} \quad \text{și} \quad L_{CI} = \bar{\bar{X}} - A''\bar{S} \quad (2.27)$$

pentru medie și:

$$L'_{CS} = G''_S \bar{S} \quad \text{și} \quad L'_{CI} = G''_I \bar{S} \quad (2.28)$$

pentru abaterea medie pătratică.

Valorile pentru A'' , G''_S și G''_I se determină tabelar, funcție de mărimea "n" a lotului de piese analizate.

b). Stabilirea mărimii probei și a intervalului de timp dintre luarea probelor. Se vor folosi loturi de probe cu 2 ... 10 exemplare, în general se folosesc loturi de 4 ... 5 exemplare; dacă determinarea valorii caracteristicii se realizează prin metode

distructive sau este deosebit de costisitoare se iau 2...3 exemplare de probe; dacă se urmăresc cu deosebită atenție variațiile parametrului statistic se iau loturi de probe cu 5 exemplare.

Proporția în care se recomandă a fi efectuate măsurătorile este de 5% - 10% din lotul de produse la începutul măsurătorilor, putând să scadă pînă la 2% pentru producții foarte mari.

c). Alegerea aparatului de măsurat se face în condiții similare cazurilor prezentate anterior.

d). Intocmirea fișei de control statistic pentru medie și abatere medie pătratică. Fișa conține patru grupe de informații similare cu celelalte două tipuri de fișe prezentate anterior. Metodologia de completare este identică, doar că valorile coeficienților utilizați sînt altele și semnificația limitelor de control este alta.

Cu informațiile prezentate mai sus se poate trece la întocmirea diagramelor de control pentru medie și pentru abaterea medie pătratică. Se recomandă verificarea periodică a limitelor de control, deoarece cîmpul de împrăștiere poate fi modificat ca urmare a: schimbării calității materiei prime utilizate, modificării procesului tehnologic, dereglărilor întîmplătoare ce apar, nerespectării disciplinei de control. Trebuie reținut că deplasări frecvente ale limitei superioare de control L_{cs} a abaterii medii pătratice indică scăderea preciziei procesului de fabricare și modificări repetate ale limitei inferioare de control L_{ci} a abaterii medii pătratice indică creșterea preciziei procesului tehnologic.

e). Efectuarea controlului statistic pe baza fișei de control \bar{X} și s are în vedere activitățile următoare:

- se calculează L_{cs} , L_{ci} și L'_{cs} și L'_{ci}
- se determină lotul de probe ce va fi analizat
- se măsoară caracteristica de calitate pentru fiecare exemplar sau probă și se înscriu în anexa fișii de control.
- se calculează medie aritmetică \bar{X} , abaterea medie pătratică (s) cu relațiile:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad \text{și} \quad s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}} \quad (2.29)$$

- se prezintă prin puncte cele două caracteristici;
- se analizează procesul tehnologic în raport cu cele două limite extreme, teoretic stabilite, în prealabil; pe parcursul analizei se pot întâlni următoarele două situații distincte:
- Proces tehnologic stabil cu o fracțiune defectă probabilă
- Proces tehnologic instabil

In primul caz fracțiunea defectă poate fi:

- mai mică sau egală cu fracțiunea defectă, admisibilă
- mai mare decât fracțiunea defectă admisibilă, dar se presupune că echipamentul are uzură în ceea ce privește obținerea unei fracțiuni defecte probabile mai mici.

2. Controlul statistic al calității pe bază de verificare la "corespunzător" și "necorespunzător".

Controlul statistic al calității pe bază de verificare la "corespunzător" și "necorespunzător" se utilizează pentru producția de serie sau masă, unde tehnologia permite folosirea calibrelor limitative netede, sau unde se pune problema aprecierii corectitudinii unei asamblări de precizie. Din punct de vedere al preciziei măsurătorii trebuie să remarcăm faptul că toleranțele măsurate au valori mai mari decât toleranțele măsurate cu alte procedee.

Inregistrarea datelor se face pe fișe de control tip (21):

- fișa c în ambele sensuri;
- fișa c cu limite de control restrânse;
- fișa p în ambele sensuri;
- fișa p cu limite de control restrânse.

Metodologia de control utilizată este identică pentru oricare din formularele utilizate, urmărirea și interpretarea rezultatelor este diferită în funcție de precizia urmărită.

Astfel pentru "fișa c" conține următoarele informații:

- Numărul mediu \bar{c} de exemplare defecte găsite în cele "K" probe examinate

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k} \quad (2.30)$$

unde:

Tabelul 2.2

| Nr. crt. | Felul fișei | Limita de control | Relația de calcul | O b s e r v a ț i i |
|----------|---|--|---|--|
| 1. | Fișă "c" în embelele sensuri | inferioară | - | Este orizontală corespunzătoare numărului de zero defecte |
| | | superioară | $L_{cs} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}(1-\bar{p})}$ | 1. Valorile limitei se aleg din tabele în funcție de \bar{c} și \bar{p} 2. Pentru valori ale lui $p < 0,05$ se va utiliza relația de calcul pentru $(L_{cs}) = L_{cs} = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ |
| 2. | Fișă "c" specială cu sensibilitate mărită | inferioară | - | Este orizontală corespunzătoare numărului de zero defecte |
| | | Limita de verificare | $L_v = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}'(1-\bar{p})}$ | 1. Pentru calculul lui $\frac{\bar{c}}{c^1}$ se utilizează relația: $\bar{c} = 2n\bar{p} = 2\bar{c}$ 2. Pentru valori ale lui $p < 0,05$ se va utiliza relația: $\sqrt{1}$ $L_v = \bar{c}' + 3\sqrt{c^1}$ |
| 3. | Fișă "c" cu limite de control restrânse | Limita superioară de control restrânsă | $L_{csa} = \bar{L}_{csa} = \bar{c}_a + 3\sqrt{\bar{c}_a}$ | \bar{c}_a = Valoarea numărului mediu de exemplare aparent defecte din probă |
| 4. | Fișe de tipul "p" | L_{ci} și L_{cs} | Se calculează cu relațiile similare de la punctul 2 | Fișele se utilizează pentru cazul în care mărimea probei nu poate fi menținută constantă |

$\sum_{i=1}^k c_i$ este valoarea însumată a produselor necorespunzătoare

din totalul celor "k" probe examinate.

- Se compară valorile obținute pentru \bar{c} cu valorile limitei de control superioară (L_{cs}); dacă toate valorile lui \bar{c} se situează sub valorile L_{cs} - procesul de producție este stabil și controlul statistic al calității produselor poate fi aplicat; dacă unele puncte corespunzătoare pentru " \bar{c} " se situează peste limita superioară de control (L_{cs}) procesul tehnologic nu este

stabil. In cel de-al doilea caz se iau măsuri pentru corectarea procesului tehnologic, după care se recalculează valorile pentru numărul mediu de exemplare defecte " \bar{c} ".

In continuare se determină fracțiunea defectă medie cu relația:

$$p = \frac{\bar{c}}{n} \quad , \quad (2.31)$$

unde n este mărimea probei și se calculează cu relația:

$$n = \frac{c}{p} \quad (2.32)$$

unde p este fracțiunea defectă medie găsită în probele examinate (cazul analizei premergătoare).

Pentru ca metoda de control să nu fie prea costisitoare și să fie eficace se recomandă ca pentru c să se aleagă valori: $1 \leq c \leq 3$

Relațiile de calcul pentru limitele de control superioară și inferioară se prezintă în tabelul 2.2.

3. Controlul statistic al calității pe bază de număr de defecte.

Se aplică metodologia de control statistic pe calitate pe bază de număr de defecte atunci când:

- se urmăresc defecte de un singur fel ce pot apare pe un exemplar examinat;
- se urmăresc defecte de mai multe feluri pe un exemplar examinat.

Metodologia de lucru evidențiază următoarele etape de lucru:

- Analiza premergătoare procesului tehnologic (se pregătesc formulele necesare înregistrării datelor și diagrama pentru analiză; se extrag probele din unul sau mai multe exemplare; se numără pe fiecare probă de câte ori apar defectele urmărite și se trec observațiile din tabelul de valori; se trasează diagrama de valori și se interpretează valorile obținute).

Intocmirea fișei de control. Operația se realizează ținând seama de faptul că fișa are două părți distincte: partea destinată înregistrării datelor și diagrama de control destinată înregistrării în ordine succesivă a numerelor de defecte găsite pe exemplar sau probă.

Pe diagramă se trasează limitele de control superioară și inferioară, în funcție de parametrul urmărit. Dacă se urmărește parametrul n (număr de defecte de același fel ce apar pe un exemplar):

$$L_{CS} = \bar{n} + 3 \sqrt{\frac{\bar{n}}{k}} \quad \text{și} \quad L_{CI} = \bar{n} - 3 \sqrt{\frac{\bar{n}}{k}} \quad (2.33)$$

în care:

\bar{n} = număr mediu de defecte de același fel ce apar pe un exemplar; se determină cu relația:

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k} \quad (2.34)$$

în care n_i - numărul de defecte ce apar pe exemplarul k .

Dacă se urmărește parametrul c (numărul de defecte diferite ce apar pe un exemplar)

$$L_{CS} = \bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}} \quad ; \quad \text{și} \quad L_{CI} = \bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}} \quad (2.35)$$

în care \bar{c} - număr mediu de defecte diferite ce apar pe un exemplar, se determină cu relația:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k} \quad (2.36)$$

în care c_i - număr de defecte ce apar pe exemplarul k analizat.

Pentru ca interpretarea să fie cât mai reală se impune găsirea unei posibilități de însumare a defectelor de diverse feluri ce apar la un produs. Pentru ca erorile să fie minime se impune ca numărul eșantioanelor sau a exemplarelor să fie cât mai mare.

2.6. Controlul calității pentru produsele complexe.

Pentru echipamentele complexe care înglobează în structura lor subsansambluri mecanice complexe (cuple cinematice de diverse clase) și subsansambluri electrice și electronice, problema asigurării siguranței în funcționare este deosebit de importantă, ea necesitând, în general trei categorii de informații, așa cum rezultă din figura 2.6.

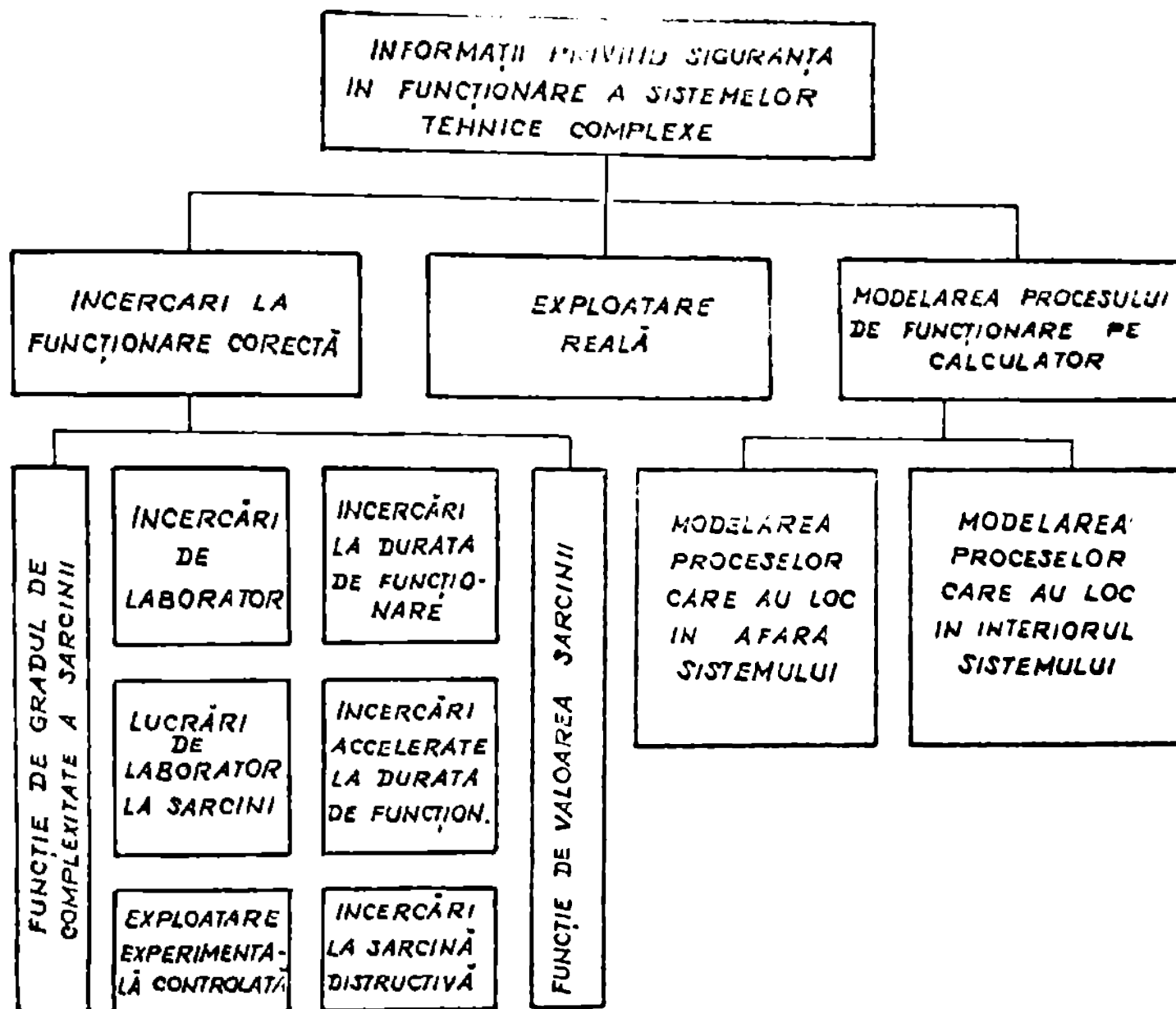


Fig. 2.6.

- Informații privind încercările la funcționare corectă a echipamentului complex.
- Informații privind modul de comportare în exploatare a echipamentului complex.
- Informații privind modelarea funcționării echipamentului complex pe calculator.

Incercările la funcționare corectă a echipamentului se pot grupa la rândul lor în 3 categorii, în funcție de gradul de complexitate al sarcinii:

- încercări de laborator;
- încercări de laborator la regimuri sau sarcini impuse;
- încercări experimentale în condiții similare cu cele din exploatare.

Dacă se are în vedere valoarea parametrilor de exploatare a echipamentului, încercările la funcționare corectă se pot grupa în:

- încercări la durata de funcționare a echipamentului;
- încercări accelerate la durata de funcționare;
- încercări la sarcină distructivă (dacă se impun condiții speciale de funcționare pentru echipamentul complex).

Modelarea procesului de funcționare pe calcul vizuă:

- procese ce au loc în afara sistemului;
- procese ce au loc în interiorul sistemului.

Modelarea se poate aplica în special pentru produsele care se utilizează în producție de serie mare sau mare.

Elaborarea documentației necesare pentru montarea și prelucrarea informațiilor ține seama de parametrii impuși în funcționare.

Pentru motoarele Diesel lente (83,84,85,86), în care regimul de funcționare este considerat un regim greu (ca și în cazul motoarelor navale unde atât gradul de determinare a sarcinii, cât și valoarea sarcinii sînt ridicate) asigurarea disponibilității se realizează prin următoarele activități: (fig.2.7)

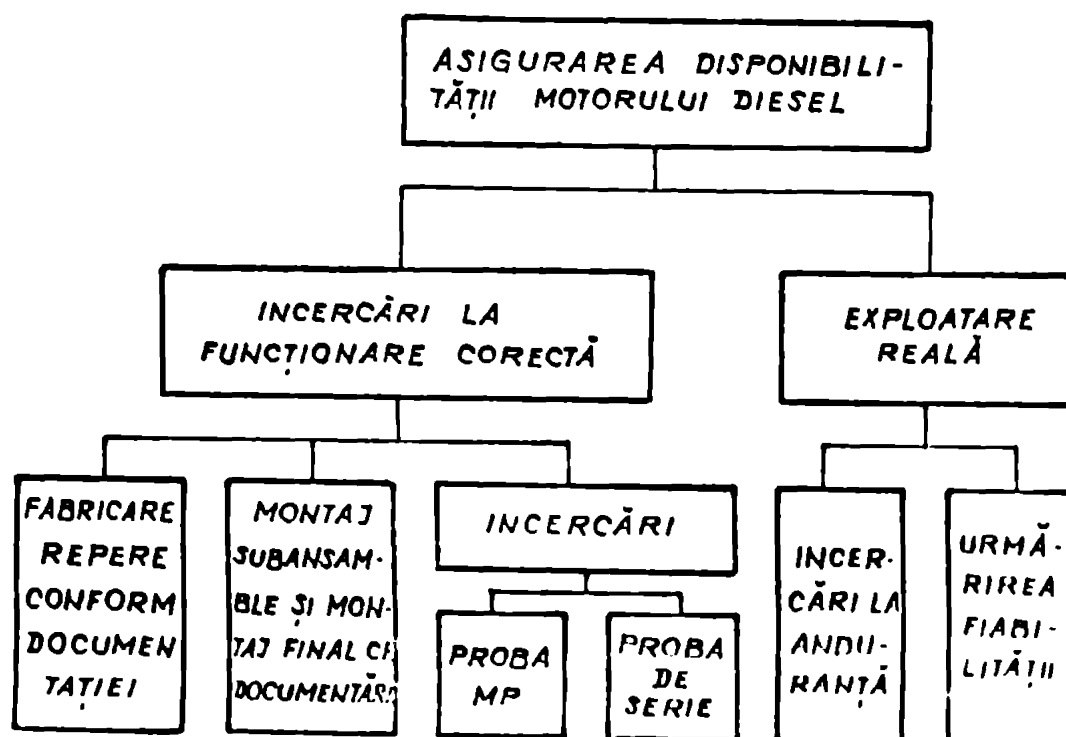


Fig.2.7.

4. Respectarea riguroasă a tehnologiei de execuție a fiecărei

montaj motorului;

verificarea riguroasă a tehnologiei de montaj a motorului și a subtelor sale componente.

Realizarea acestor două activități revine producătorului dar ele sînt și obiectivul final al societății de clasificare contractuală. Societatea de clasificare contractuală controlează procesul de fabricație al motorului Diesel contractat de beneficiar; de asemenea, pe bază de contract ferm cu beneficiarul controlează procesul motorului de către producător la parametri conformi specificațiilor cărții tehnice.

Încercările la funcționare corectă pentru motoarele Diesel sînt de două categorii:

1. Încercările ce se execută pentru un motor reprezentativ din fiecare fel de motoare (Proba tip). Rezultatele acestor încercări își justifică valabilitatea asupra tuturor motoarelor din serie, indiferent de numărul de cilindri sau varianta de execuție.

2. Programul pentru proba tip (Motor de probă - MP) cuprinde următoarele etape:

a) Verificări efectuate înainte de pornirea motorului

b) Proba de funcționare în sarcină

c) Verificarea diferitelor piese și subansamble din structura motorului.

Informațiile privitoare la fiecare etapă se trec în fișe special concepute, pentru fiecare fel de verificare.

În cadrul primei etape se vor înregistra într-un tabel următoarele desfășurări a probelor informații referitoare la:

1. Verificarea documentelor care atestă parametri tehnici ce se vor fi respectați la montajul final (date generale privind montajul).

2. Verificarea valorilor ale jocurilor măsurate la montaj; verificări privind

3. Verificarea concentricității și coaxialității diverselor piese din structura subansamblor principale, dimensiuni obligatorii de respectat la montaj).

4. Fiecare verificare în parte va fi consemnată într-o fișă de control

care va fi anexată dosarului cuprinzînd PROGRAMUL DE PROBA AL MOTORULUI DIESEL.

5. Verificarea deflexiunii brațelor manetoane ale arborelui cotit, în următoarele situații: - cu motorul necuplat; cu motorul cuplat cu frînă; cu motorul cuplat cu frînă după efectuarea probei.

6. Rezultatele măsurărilor se vor trece în fișe special concepute în acest sens (Anexa 1). (85).

1.3. Măsurători privind dispozitivul de reglare.

In această grupă de măsurători se prevăd verificări ale circuitului de răcire-ungere, testarea echipamentelor din structura circuitului hidraulic ce compun dispozitivul de reglare.

Pentru fiecare componentă se întocmește o fișă de testare.

1.4. Măsurători privind condițiile de calitate ale combustibilului și a uleiului pentru ungere.

Se va emite câte un buletin de analiză pentru combustibilul și uleiul necesar a fi utilizat la motor.

1.5. Etalonarea frânei hidraulice; se face această operație avînd în vedere: valorile fișei de etalonare, greutatea etalon și indicațiile frânei.

In timpul funcționării probei de funcționare în sarcină(etapa a doua) se urmăresc obiectivele:

2.1. - Inregistrarea parametrilor care condiționează funcționarea normală a motorului și determină performanțele acestuia: încărcarea motorului la regimuri similare celor cerute de beneficiar; testarea consumurilor specifice (consumul de aer la pornire și presiune minimă de pornire și reversare, verificarea temperaturii lagărelor, ridicarea diagramelor cerute de beneficiarul produsului).

2.2. - Inregistrarea parametrilor care condiționează funcționarea în caz de avarie: funcționarea cu turbosuflantă blocată și funcționarea cu injecția suspendată la un cilindru.

2.3. - Parametrii privind funcționarea motorului după proba de avarie. Datele privind comportarea în funcționare a motorului se trec în Fișa de măsurători tip (Anexa 2). (85)

3. Revizia pieselor și a subansamblelor componente se realizează la cererea reprezentantului societății de clasificare contractuală. Atît piesele testate cît și valorile rezultate din încercări se vor specifica în Protocolul de testare
După testare piesele specificate în protocol se vor demonta; constatările făcute după demontare precum și dacă este necesară înlocuirea pieselor, se va specifica în protocol.

D. Incercări ce se execută pe fiecare motor din familia de motoare, exceptînd exemplarele dupuse probei tip(Probe de serie).

Probele se vor efectua pe standul întreprinderii producătoare, după terminarea asamblării, după punerea la punct a reglajului și după terminarea rodajului motorului. Proba de serie se desfășoară în prezența reprezentantului societății de clasificare contractuală.

Tehnologia de desfășurare a probei de serie este similară cu cea de desfășurare a probei tip, cu câteva excepții:

- Duratele de funcționare pe stand sînt mai reduse;
- Nu se mai supune motorul probei de avarie;
- Piesele și subansamblele livrate ca piese de schimb nu vor fi solicitate funcțional.

E. Program pentru proba de durabilitate

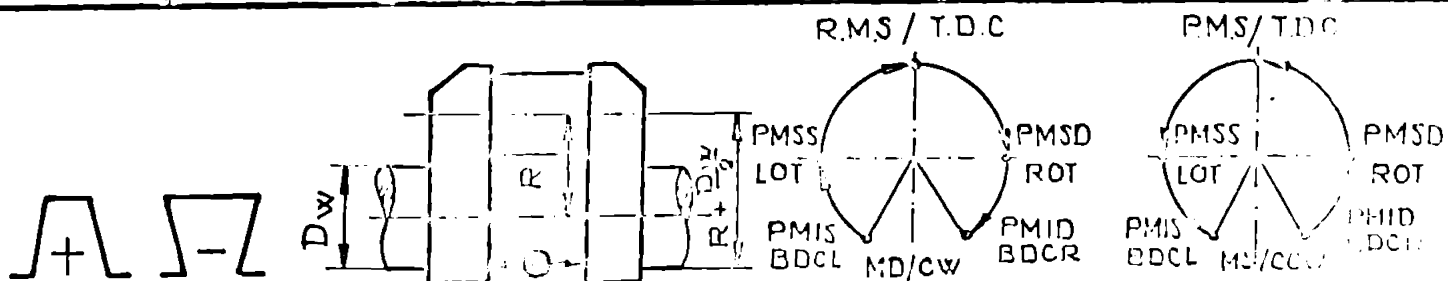
Programul are drept scop verificarea în timp a performanțelor motorului, vizînd în mod deosebit piesele ce sînt supuse uzurii.

Pe parcursul probei se vor înregistra, pe standul uzinal, toți parametrii necesari pentru atestarea funcționării corecte a motorului și determinarea performanțelor acestuia. Valorile măsurate se vor consemna în fișa de măsurători pentru proba de durabilitate.

Pe parcursul funcționării se vor respecta riguros parametrii prescriși în instrucțiunile de exploatare pentru: apa de răcire, uleiul de ungere, gazele de eșapare. Durata totală se va determina funcție de tipul motorului supus la probe. Pentru motoarele Diesel lente de tipul KSZ 52/105 se va alege durata de funcționare pentru această probă de 50 ore, realizată în două reprize:

- prima de 30 ore, cu încărcarea motorului de 85% din caracteristica teoretică; urmată de o pauză destinată verificărilor;
- repriza a doua cu durata de 20 ore, cu încărcarea a motorului de 90% din caracteristica teoretică.

Inregistrarea parametrilor se va face din două în două ore. Se va observa în special starea ungerii, starea suprafețelor de alunecare, precum și absența urmelor de gripaj. După probă se efectuează o revizie al cărei volum de lucrări se va stabili de reprezentantul societății de clasificare.



Cilindrul/Cyl Partea cuplajului / Driving and Vedere dinspre cupla / View on driving and

1. Necuplat cu mecanism motor volant și amortizor de vibrații

1. Not coupled with running gear flywheel and vibration damper 1/100 mm

| ID/cw | MS/cw | Cil/cyl 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------|-------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PMIS | PMID | | | | | | | | | |
| PMSS | PMSD | | | | | | | | | |
| PMS | PMS | | | | | | | | | |
| PMSD | PMSS | | | | | | | | | |
| PMID | PMIS | | | | | | | | | |

Data / Date.....

Semnătura / Signature.....

2. Înaintea primei porniri, cuplat, motor rece
Before first start, coupled, cold engine

Temperatura ambiantă°C
Ambiant temperature

| | | | | | | | | | | |
|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PMIS | PMID | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PMSS | PMSD | | | | | | | | | |
| PMS | PMS | | | | | | | | | |
| PMSD | PMSS | | | | | | | | | |
| PMID | PMIS | | | | | | | | | |

Data / Date.....

Semnătura / Signature.....

3. După probă, cuplat, motor cald
After works trial, coupled, warm engine

f. apă răcire°C
cool water temp.

f. ulei°C
oil temp

| | | | | | | | | | | |
|------|------|---|---|---|---|--|--|--|--|--|
| PMIS | PMID | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| PMSS | PMSD | | | | | | | | | |
| PMS | PMS | | | | | | | | | |
| PMSD | PMSS | | | | | | | | | |
| PMID | PMIS | | | | | | | | | |

Data / Date.....

Semnătura / Signature

Valori pentru stare caldă cuplată
Values for coupled warm engine

Deformația admisibilă pt. motorul nou / Permissible deflection new state < 0,07 mm

Se recomandă realinierea logărelor la / Realignment recommended 0,12 mm

Realinierea neapărat necesară / Realignment absolutely necessary 0,18 mm

Fișă de etalonare
Test adjustment

Anexa 2

Motor tip _____
Frână hidraulică tip _____
Greutăți etalon _____
Indicațiile frinei citite la cadranul frinei _____

Nr. _____
Seria _____
Kg. _____

| Nr. crt. | Greutate etalon [kg] | Indicație teoretică I_t [div] | Indicație reală | | Eroare | | | |
|----------|----------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------------------|----------------------------|
| | | | Încărcat I_{ri} [div] | Descărcat I_{rd} [div] | Absolută div. | | Relativă [%] *100 | |
| | | | | | $I_{ri} - I_t$ | $I_{rd} - I_t$ | $\frac{I_{ri} - I_t}{I_t}$ | $\frac{I_{rd} - I_t}{I_t}$ |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Etalonarea s-a făcut cu talerul cîntarului demontat
Modul de etalonare a fost stabilit de comun acord cu reprezentantul firmei

Stand probă

Metrolog

PROGRAM DE URĂRIRE A FIABILITĂȚII

FISA DE REGIM

NAVA:
MOTOR:

tip
nr.fabricație

x) Se trece poziția medie a tijelor de comandă de la pompele de injecție, poziție cu care s-a mers în ziua respectivă.

| DATA: | ORA | INDIC. CO. TOR TURE | Poz ^{x)} | DATA: | ORA | INDIC. CON TOR TURE | Poz ^{x)} |
|-------|-----|------------------------|-------------------|-------|-----|------------------------|-------------------|
| | | | | | | | |

FISA CU COMBUSTIBILI

Se completează la fiecare alimentare cu combustibili

NAVA:
MOTOR:

tip
nr.fabricație

| DATA | PORTUL | TIPUL COMBUST. | DENSITATEA kg/dm ³ | VISCOZITATE | SULF % | VANADIU % | CONTINUT CENUSA % | COCS % | Obs |
|------|--------|-------------------|----------------------------------|-------------|--------|-----------|----------------------|--------|-----|
| | | | | | | | | | |

FISA CU ULEIURI

Se completează la fiecare alimentare cu uleiuri pe baza analizei uleiului din rezervor

NAVA:
MOTOR:

tip
nr.fabricație

| DATA | PORTUL | FIRMA | DENUMIREA ULEIULUI | TBN | VISCOZITATE LA 50 OC | INDICE DE VISCOZITATE | CONTINUT APA | Obs. |
|------|--------|-------|-----------------------|-----|-------------------------|--------------------------|-----------------|------|
| | | | | | | | | |

FISA CU DEFECTIUNI

NAVA:
MOTOR:

tip
nr.fabricație

| DATA | DEFECTIUNE | MASURI | DURATA INDISPONIBILITĂȚII |
|------|------------|--------|---------------------------|
| | | | |

F. Urmărirea fiabilității motorului se realizează de către beneficiar, prin completarea unui număr de 4 fișe, cu caracter confidențial, care vor fi transmise exclusiv producătorului:

- fișa de regim;
- fișa de ulei;
- fișa de combustibil;
- fișa de defecțiuni.

Fiecare fișă conține informații detaliate la nivel de schimb sau oră, referitor la unul din parametrii care condiționează funcționarea normală a unui echipament.

Modul de completare și formularistica utilizată este prezentată în Anexa 3.

Fișele completate periodic de mecanicul șef al navei vor fi transmise producătorului pentru ca pe baza studiilor lor să poată fi elaborate soluții în scopul creșterii fiabilității.

Metodologia prezentată pentru motoarele Diesel poate fi extrapolată și la alte produse complexe, care necesită o fiabilitate ridicată, așa cum prevăd normele în vigoare (70,71,72).

Tinând seama de:

- Necesitatea ^{creșterii} productivității muncii, concomitent cu asigurarea unui nivel calitativ al produselor care să satisfacă cerințele tot mai exigente ale utilizatorilor;

- Necesitatea executării unor activități caracteristice operatorului - omului în medii sau în locuri greu accesibile (spații supraîncălzite, medii subrăcite, atmosferă poluată, nocivă pentru operator etc.);

- Necesitatea asigurării unei producții diversificate cu un minim de instruire și cu un timp de adaptabilitate redus, s-a trecut la proiectarea, executarea și punerea în funcțiune a familiilor de roboți, cu diverse destinații, activitate care în Institutul politehnic a avut un puternic caracter de pionierat.

Problema care se pune la această oră, este dotarea celulelor de fabricare cu roboți industriali a căror disponibilitate să fie cel puțin la nivelul disponibilității celulei pe care aceștia o deserveșc.

În acest scop, etapele următoare pentru asigurarea siguranței în funcționare a sistemelor tehnice complexe prezen-

tate în figura 2.6. au fost urmărite și pentru roboții industriali.

Incercările de funcționare corectă a fiecărui subansamblu s-a realizat încă din faza de execuție și montaj final a produsului.

Pentru determinarea fiabilității observate, esențială este culegerea datelor privind comportarea în exploatare a roboților (70,71).

Evidențierea defecțiunilor robotului a fost făcută în FISA (REGISTRUL) PENTRU INREGISTRAREA FUNCȚIONĂRII CELULEI ROBOTIZATE.

În fișă s-au evidențiat:

- Durata - experimentată în minute - întreruperii din lipsă de resurse (energie, materiale, lucrări, schimburi nelucrătoare).
 - Căderi ale celulei robotizate (rubrica are în cuprinsul ei informații legate de: data și ora căderii, sistemul sau subansamblul căzut - robot, mașină-unealtă sau loc de muncă, efecte, cauze).
 - Intrețineri, reparații, reglaje, programări, rubrica are în cuprinsul său detalii despre conținutul instrucțiunilor efectuate și durata totală a intervenției.
 - Durata funcționării normale zilnice (exprimată în minute pe zi).
- Observații:

Completarea zilnică a registrului pe o perioadă de 6 luni a permis completarea informațiilor privind fiabilitatea preliminară pentru roboții din familie REMT, precum și aprecierea fiabilității celulei robotizate, precum și elaborarea măsurilor ce se impun pentru creșterea timpului de funcționare între două reparații.

Concomitent cu punerea în funcțiune a celulei s-a trecut la aprecierea fiabilității previzionar a celulei robotizate, a sistemelor sale componente precum și la elaborarea unui program de mentenanță unic, absolut necesar funcționării celulei de fabricație (73).

C A P I T O L U L 3

ASPECTE PRIVIND CALITATEA PRODUSELOR SI A ECHIPAMENTELOR COMPLEXE

3.1. Interpretarea sistemică a conceptului de calitate totală

Aşa cum prevăd documentele programatice ale Partidului Comunist Român (1, 2, 3) ţara noastră va putea realiza programul hotărîtor, în dezvoltarea economică mondială, numai pe baze afirmării deosebit de intense şi dinamice a revoluţiei tehnico-ştiinţifice, prin trecerea la o nouă calitate în toate domeniile de activitate. În acest context, deceniul 1981 - 1990 a fost denumit "deceniul ştiinţei, tehnologiei, calităţii şi eficienţei" şi s-a evidenţiat faptul că numai prin desfăşurarea unei activităţi permanente şi menţinute pentru ridicarea nivelului calităţii produselor şi a serviciilor, în toate sectoarele producţiei materiale se vor putea obţine rezultate care să situeze economia ţării noastre la nivelul competitivităţii cerute de economia mondială.

Asigurarea cadrului legal privind creşterea nivelului calitativ al produselor s-a realizat în contextul amplei acţiuni de perfecţionare a legislaţiei din ţara noastră. Astfel:

- Problemele privind acţiunea de standardizare în România, au fost puse centralizat, la nivel naţional de HCM nr. 1899/1960 (94);

- Probleme privind acordarea şi respectarea termenelor de garanţie, pentru bunurile de folosinţă îndelungată au fost puse de HCM 753/1965 (96);

- Sarcinile ce revin partenerilor în urma încheierii unor contracte economice au fost reglementate prin Legea nr.71/1969, republicată cu modificări şi adaptări prin Legea nr.3/1979 (88).

- Organizarea și funcționarea Inspectoratului General de Stat pentru Controlul Calității Produselor (I.G.S.C.C.P.) a fost reglementată de Legea nr.35/1971 și de modificări ulterioare elaborate în sensul stabilirii concrete a sarcinilor ce-i revin (97);

- În Legea nr.3/1972 (89) s-au reglementat aspecte legate de modul în care se impune respectarea indicatorilor privind calitatea producției pentru comerțul interior. Legea a fost apoi completată cu Decretul 686/1973 (93);

- În legea nr.7/1977 (89) este reglementată problema privind calitatea produselor industriale;

- Aspectele concrete privind asigurarea activității de control au fost reglementate de Legea nr.27/1978 (91);

- Reglementarea activității de comerț exterior și cooperare economică internațională și-a găsit cadrul adecvat în Legea nr.12/1980 (92).

Noțiunea de "calitate" este abordată în literatură sub diverse aspecte. La ora actuală se cunosc peste 120 de definiții privind calitatea produselor (29).

Dinamica noțiunii de "calitate a produselor" a căpătat o alură crescătoare o dată cu creșterea gradului de complexitate a produselor.

"Calitatea totală" - atunci când se fac referiri la un produs realizat - implică în structura sa:

- calitatea tehnică - se referă la calitatea concepției - calitatea proiectului, calitatea procesului de fabricație ce are ca rezultat produsul analizat, nivelul parametrilor tehnici și de exploatare ai produsului;

- calitatea economică se referă la calitatea activității de marketing legată de produsul analizat, calitatea activităților legate de desfacerea pe piață a produsului analizat;

- calitatea socială - exprimată prin posibilitatea ca produsul analizat să satisfacă anumite cerințe solicitări sau necesități sociale, în anumite condiții de cost. Calitatea socială se mai referă la modul în care procedeul analizat asigură o anumită estetică, un anumit design.

Calitatea totală vizează ca noțiune generală, calitatea activităților depuse de producător în scopul fabricației și vânzării produsului finit, dar ea vizează și activitățile depuse

de beneficiari în scopul asigurării punerii în valoare a calităților produsului asimilat. Aceste activități trebuie concepute în contextul unei eficiențe economice maxime. Câteva din cele prezentate în Figura 3.1.

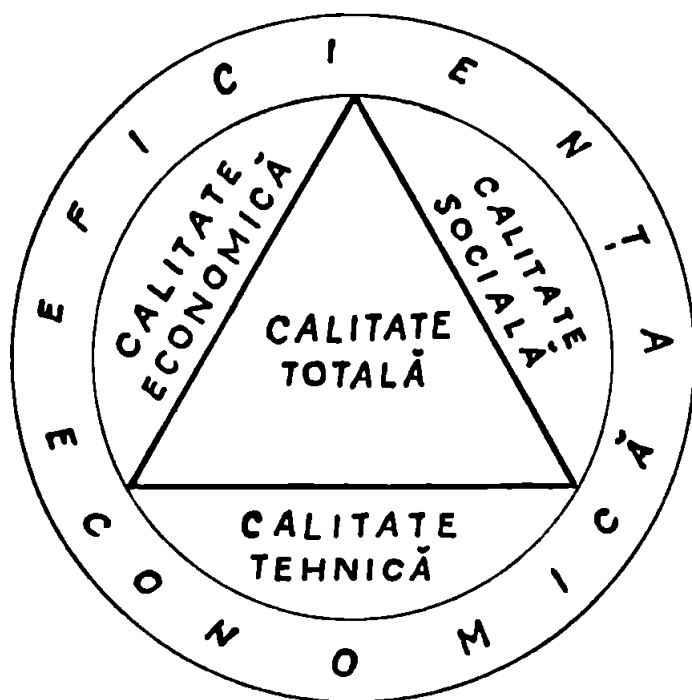


Fig.3.1.

Aprecierea eficienței economice rezultate în urma creșterii nivelului calității unui produs este mai greu de realizat deoarece creșterea economică este influențată de o serie înreagă de factori cantitativi și calitativi, între care există legături de interdependență bazate pe principiul conexiunii inverse în cadrul sistemului. Pe de

altă parte îmbunătățirea calității produselor industriale are consecințe economice pozitive la producător, la beneficiar și la nivelul întregii economii naționale. În final, aceste efecte economice, indiferent de direcție acțiunii lor se regăsesc în sporul veniturii naționale; ridicarea nivelului calității produselor constituie un factor intensiv al creșterii economice, chiar dacă pentru realizarea lui, în primă instanță sînt necesare consumuri suplimentare de resurse.

Asigurarea calității tehnice ca și componentă a calității totale a unui produs impune elaborarea unui program complex care să includă toate activitățile legate de proiectare, execuția și încercarea produsului. Acest proces nu formează un ciclu închis, ci o "spirală" (33) așa cum rezultă din figura 3.2.

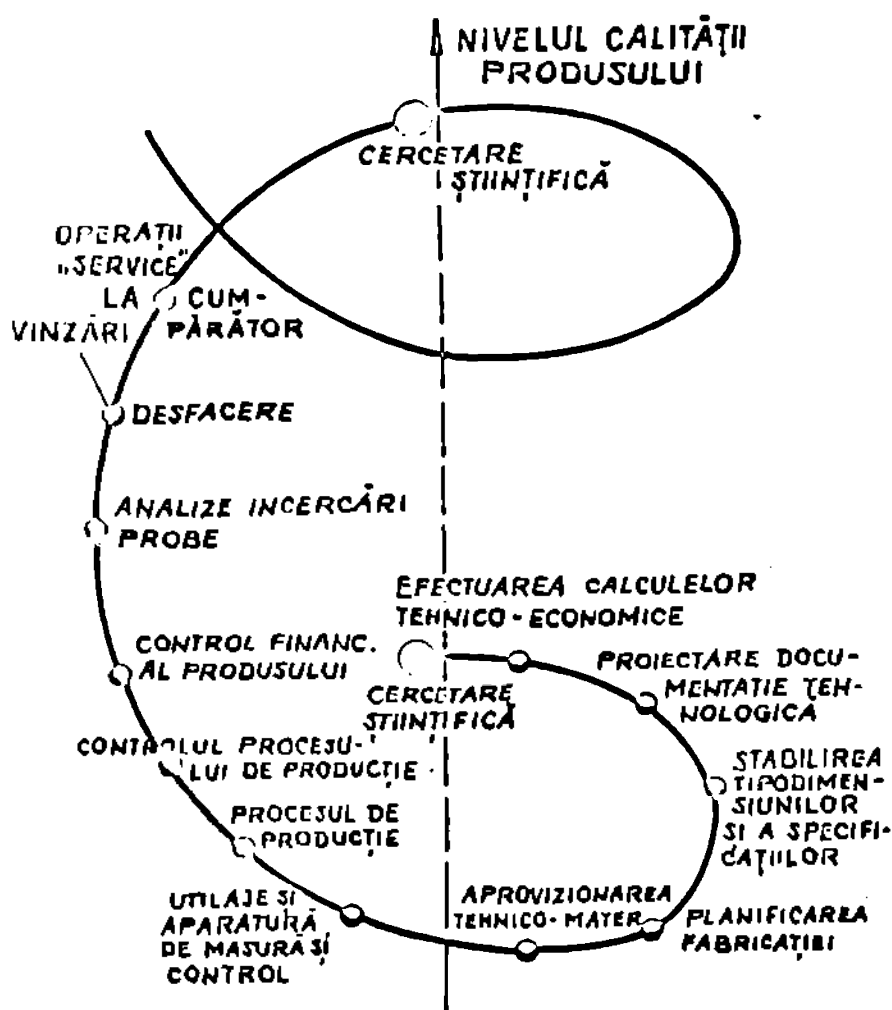


Fig. 3.2.

Activitățile puse în scopul creșterii nivelului calității unui produs sînt re-luate periodic, fie-care activitate a-vînd la bază rezul-tatele și progresele obținute în etapa anterioară.

Abordarea economică a problemei calității (calitatea economică) necesită cunoașterea în detaliu a activită-ților cu caracter eco-nomic, corelate între ele, și corelate cu activitățile specifi-ce economiei naționa-le în scopul menține-rii sau ridicării ca-lității produselor sau serviciilor. În

literatură (13,15,32) un asemenea sistem mai poartă denumirea de gestiunea calității. Sistemul de activități în dinamica sa, se în-serie și el în spirala calității.

Astfel în activitatea de cercetare științifică pentru asi-milarea unui nou produs cu parametri calitativi noi ceruți de bene-ficiarii potențiali cuprinde o sferă largă de probleme eșalonate pe etape (39):

- Elaborarea ideilor privind noul produs.
- Etapa studiilor preliminare și a testelor.
- Etapa comercializării la scară industrială a noului produs.

Tinînd seama de definiția dată sistemului de producție (61, 62) ca sistem cibernetic complex, realizat din operatori, echipamente, care acționează într-un anumit program impus în vederea realizării unor bunuri necesare societății, se poate defini matrică de stare a sistemului G(S) ca o mulțime de factori reprezentativi pentru struc-

tura de transformare a sistemului. Considerînd elementele intrări grupate într-o matrice coloană X , elementele 1 și n grupate în matricea de stare a sistemului G se poate scrie relația:

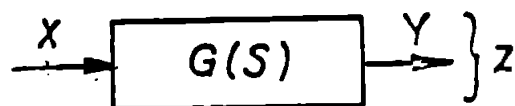


Fig. 3.3

scrie relația:

$$Y = G(S) \cdot X \quad (3.1)$$

Din figura 3.3 și din relația (3.1) se observă că pentru același nivel al elementelor intrării X se pot obține valori ale elementelor ieșirii Y , cu atât mai apropiate de obiectivele Z în funcție de posibilitățile de *a/egere* ale matricei de stare $G(S)$

Cu alte cuvinte calitatea sistemului de producție este dată de măsura gradului de realizare a indicatorilor tehnico-economici; ca urmare a nivelului de folosire eficientă a tuturor resurselor disponibile. Deci un sistem de producție de o calitate superioară trebuie să aibă cât mai multe proprietăți de transformare a resurselor în produse finite într-un climat de muncă la un nivel ridicat, care să fie menținute timp cât mai îndelungat în activitate cu intervenții de întreținere cât mai reduse.

O problemă deosebit de importantă din punct de vedere economic este poziția *de pe care se abordează* calitatea economică.

Abordarea aspectelor economice privind calitatea prin prisma beneficiarului prezintă avantajele (11): calitatea produsului sau a serviciului este confirmată la beneficiar; beneficiarul poate aprecia valorile reale ale parametrilor comparativ cu valorile nominale impuse; optimizarea calității posibilă de realizat, în raport cu diverse criterii, nu poate face nici un moment abstracție de nivelul cerințelor beneficiarilor; interesul beneficiarilor răspunde cel mai bine interesului general, fiind în măsură mai mică dirijat față de acesta, decât interesul producătorului.

Aprecierea privind costul calității produselor sau serviciilor, trebuie făcută sistemic, ținînd seama de:

- viziunea producătorului
- viziunea în ansamblu, la nivelul economiei naționale.

Costul total al calității unui produs (C_{tc}), la producător, se poate aprecia cu relația:

$$C_{tc} = C_{pa} + C_c + C_d + C_p \quad (\text{lei / buc}) \quad (3.2)$$

unde:

- C_{pa} - cheltuieli de provenire a defectelor și asigurarea unui anumit nivel al calității produsului;
- C_c - cheltuieli efectuate pentru controlul calității produsului;
- C_d - cheltuieli legate de deservirea și întreținerea produsului beneficiar, în scopul menținerii nivelului calității;
- C_p - pierderi datorate lipsei de calitate la producător și la beneficiar din vina calității.

Creșterea nivelului calității produsului obligă producătorul la efectuarea unor cheltuieli suplimentare (concretizate prin creșterea componentelor C_{pa} , C_c sau C_d și reducerea lui C_p). Totalitatea acestor modificări se notează cu I_c (lei/buc); mărimea acestei componente se apreciază sub forma unei investiții, evidențiată de obicei de obiectivele cuprinse în planul de măsuri tehnico organizatorice a întreprinderii (15). Aceste cheltuieli vor trebui compensate prin economia rezultată din reducerea costului complet comercial unitar (C_{cu}) al produsului sau serviciului.

Calculul duratei de recuperare a investiției destinată creșterii nivelului calității produselor (T_r) se poate scrie cu relația (3.3)

$$T_r = \frac{I_c}{Q_{pl} (C_{cu pl} - C_{cu ef})} \leq T_{rn} \text{ (ani) unde: } \quad (3.3)$$

- Q_{pl} - volumul anual al producției planificate (buc/an)
- $C_{cu ef}$ - costul complet unitar al produsului îmbunătățit
- T_{rn} - durata de recuperare a investiției normale (lei/buc)
- $C_{cu pl}$ - costul complet unitar al produsului înaintea efectuării investiției pentru creșterea nivelului calității (lei/buc)

Dacă în perioada analizată datorită creșterii nivelului calității produsului, are loc o sporire a volumului producției de la Q_{pl} la Q_{ef} , spor de producție valorificat integral prin diverși beneficiari, calculul duratei de recuperare (T_{rg}) se poate aprecia în funcție de economiile suplimentare realizate:

$$T_{rs} = \frac{I_o}{\left(\frac{Q_{ef}}{Q_{pl}} - 1\right)(C_{cu pl} - C_{cu ef})} \leq T_{rn} \quad (\text{ani}) \quad (3.4)$$

În cazul în care se respectă semnul (\leq) în relațiile (3.4) și (3,3) este rentabilă asimilarea noului echipament sau produs.

Dacă prin creșterea nivelului calității produsul rezultat înlocuiește un produs sau un echipament din import, eficiența economică a asimilării noului produs se poate determina cu ajutorul (57) :

- cursului de revenire brut calculat (C_{rbc})

$$C_{rbc} = \frac{C_{cu} + \frac{I_c}{Q_{pl}}}{P_{lv}} = \frac{(Q_{pl} C_{cu} + I_c)}{(P_{lv} \cdot C_{vo}) Q_{pl}} \leq C_{rbn} \left(\frac{\text{lei}}{\text{lei valută}} \right) \quad (3.5)$$

unde:

P_{lv} - prețul produsului respectiv pe piața internațională exprimat în [lei valută/buc];

C_{vo} - cursul valutar oficial (lei valută/valută);

C_{rbn} - cursul de revenire brut normat (lei/lei valută)

- economiei anuale (E_{ans}) realizate ca urmare a asimilării produsului în țară, dată de relația:

$$E_{ans} = Q_{pl} \left[P_{val} \cdot C_{vo} \cdot C_{rbn} - \left(C_{cu} + \frac{I_c}{Q_{pl}} \right) \right] \quad (\text{lei/an}) \quad (3.6)$$

În cazul în care prin creșterea costului total al calității, la producător costul complet comercial unitar nu se reduce, dar echipamentul sau produsul nou prezintă indicatori calitativi net superiori produsului sau echipamentului existent, calculul eficienței economice a asimilării noului produs sau echipament se realizează prin prisma beneficiarilor potențiali ai produsului nou; în ipoteza că un beneficiar achiziționează $N_{bucăți}$ din noul echipament la prețul $p_n > p_v$ și că va realiza cu acestea un volum anual (Q_{un}) produse sau repere și că pentru fiecare reper fabricat costul complet unitar se reduce de la C_{cuv} la C_{cun} , durata de re-

cuperare a investiției suplimentare (T_{rs}) se va calcula cu relația: (3.7)

$$T_{rs} = \frac{N(p_n - p_v)}{Q_{an} (C_{cuv} - C_{cun})} \leq T_{rn} \quad (\text{ani}) \text{ unde} \quad (3.7)$$

p_n - prețul echipamentului nou;
 p_v - prețul echipamentului vechi

În cazul în care semnul (\leq) se respectă pentru toți beneficiarii potențiali se face o analiză a cheltuielilor totale rezultate din achiziționarea producției planificate a producătorului Q_{pl} : (3.8)

$$T_r = \frac{Q_{efa} (p_n - p_v)}{Q_{an\Sigma} (C_{cuv} - C_{cun})} \leq T_{rn} \quad (3.8)$$

unde:

$Q_{an\Sigma}$ - producția anuală prezumată a se realiza de toți beneficiarii potențiali cu noul echipament achiziționat.

Pentru a aprecia eficiența economică datorată creșterii nivelului calitativ a unui echipament, la nivelul economiei naționale se va calcula durata de recuperare a cheltuielilor efectuate de producători și beneficiari cu relația (3.9):

$$T_r = \frac{I_c + Q_{ef} - (p_n - p_v)}{\left(\frac{Q_{ef}}{Q_{pl}}\right) (C_{cu pl} - C_{cu ef}) + Q_{an\Sigma} (C_{cun} - C_{cuv})} \leq T_{rn} \quad (3.9)$$

Cu ajutorul relației (3.9) se face ultima testare privind efectul economic al investițiilor efectuate de producător și beneficiar, privind creșterea nivelului calitativ al unui echipament complex.

Producerea produselor, indiferent de gradul lor de complexitate, poate fi considerată un proces cu un pronunțat caracter social. K.Marx arată că: "Fără producție nu există consum,

dar nici fără consum nu există producție, căci în acest caz producția ar fi lipsită de scop" (K.Marx,Fr.Engels,Opere,vol.13). Fiecare produs trebuie analizat din mai multe puncte de vedere pentru a evalua *necesitate* socială pe care acesta o deservește.

În primul rând trebuie analizat modul în care produsul realizat satisface o necesitate socială, rezultând de aici utilitatea sa.

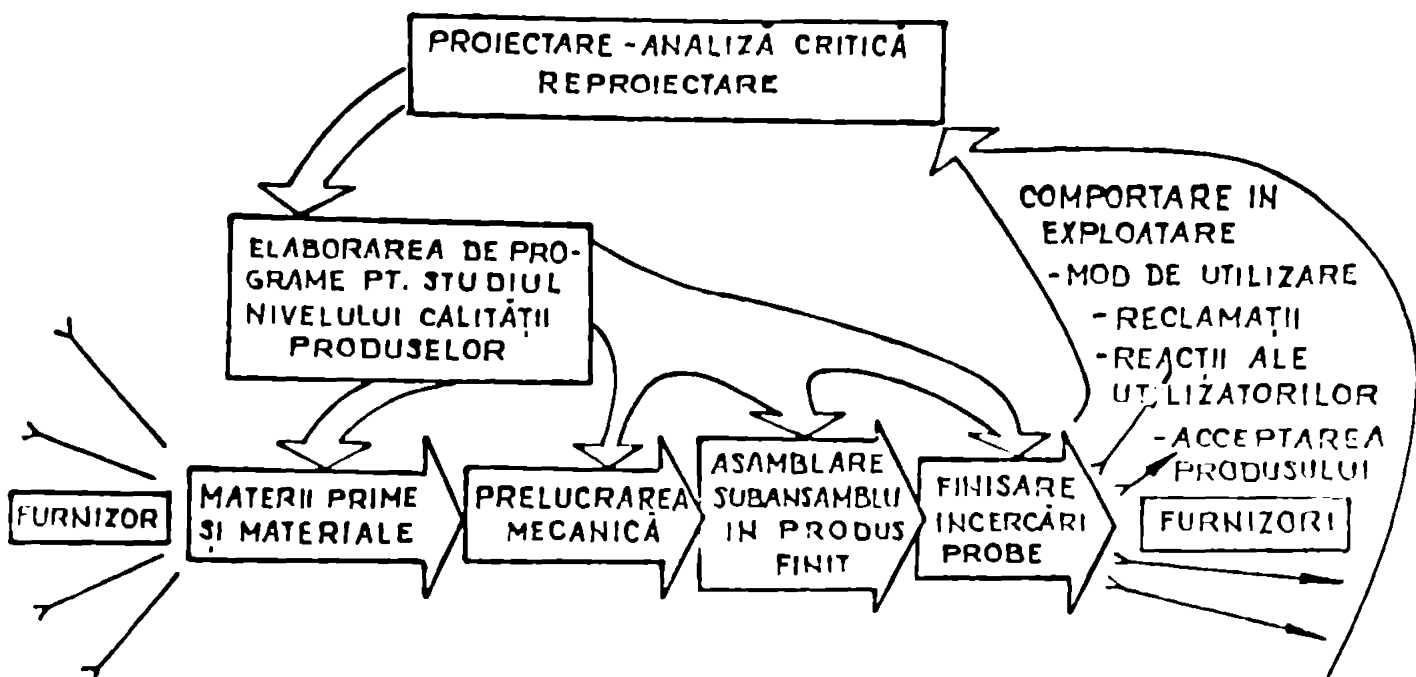
Se va analiza nivelul efectiv al caracteristicilor tehnice cu nivelul nominal cerut sau impus de proiectantul produsului.

Se va încerca să se efectueze o cuantificare a nivelului calității produsului realizat, în funcție de caracteristicile de calitate ale produsului, pentru a putea să încadrăm produsul într-o sursă a valorilor.

Cuantificarea nivelului calității trebuie făcută utilizând indicatori complecși, care să reflecte diversele laturi ale calității produsului, calității producției, cât și nivelul complex al calității în comparație cu nevoia socială (indicatorii analitici, în expresie naturală, unități de timp sau valorice și indicatori sintetici ai caracteristicilor de calitate).

Asigurarea unui nivel de calitate impus pentru un produs sau pentru o grupă de produse ține seama și de factorul uman (59). Rolul activ al omului trebuie admis atât în fazele de concepție, proiectare, execuție a produsului cât și în fazele finale - exploatare, întreținere, reparații.

Un program integral pentru asigurarea nivelului calității unui produs este dat în figura 3.4



In figură se prezintă necesitatea și obiectivele activității de elaborare a unor programe pentru studiul nivelului calității produselor. Aceste programe pot fi utilizate pentru activități de cercetare-proiectare sau pentru re-proiectarea produselor existente. Programele vizează fiecare fază internă a procesului de fabricare; informații suplimentare sînt obținute de la beneficiarii și utilizatorii produselor privitor la: comportarea în exploatare a produsului, modul de utilizare al produsului, eventualele reclamații ale beneficiarilor, reacții ale utilizatorilor privind acceptarea produsului. Toate aceste informații vin și completează programele de cercetare-proiectare pentru noi produse ale producătorului.

3.2. Indicatori pentru aprecierea calității produselor

Pentru aprecierea sintetică a calității unor produse, se pot utiliza caracteristicile rezultate din standarde și norme interne. Metodologiile cunoscute în literatură sînt (15):

1. Metoda valorii absolute a parametrilor.
2. Metoda grupării indicatorilor parțiali.
3. Metoda punctării valorii parametrilor.

Aplicarea uneia din metodele de mai sus face posibilă decizia privind nivelul calității produselor cu parametrii similari; metoda se aplică în special pentru cazul în care caracteristicile de calitate se pot exprima numeric.

Pentru produsele din industria constructoare de mașini și aparate metoda valorii absolute a parametrilor se poate aplica cu predilecție deoarece informațiile culese pot fi prelucrate conform unei metodologii impuse. Etapele de urmat conform acestei metodologii sînt:

1. Selecția indicatorilor din mulțimea posibilă, insistîndu-se pe indicatorii ce vizează cerințele calitative ale produsului.

2. Pentru indicatorii selectați se vor alege valorile prescrise de proiectant, acestea constituind baza de referință. Pentru un produs se vor alege valori nominale pentru parametrii: X_N ; Y_N .

3. Se determină prin măsurători nivelul real al indicatorilor selectați. Pentru un produs aceste valori vor condiționa parametrii reali: X_n, Y_r dacă se culeg date de la mai multe produse, pentru indicatori reali se vor alege valori medii (3.10)

$$\bar{X}_r = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ri}}{n}; \quad \bar{Y}_r = \frac{\sum_{j=1}^m Y_{rj}}{m} \quad (3.10)$$

4. Pentru a putea opera cu indicatorii medii realizați se vor calcula mărimile relative ale acestora sub forma unor indici medii (3.11)

$$I_x = \frac{\bar{X}_r}{X_N}; \quad I_y = \frac{\bar{Y}_r}{Y_N} \quad (3.11)$$

5. Cu indicii medii ai parametrilor cantitativi exprimați în aceleași unități de măsură putem calcula un indice sintetic al calității (I_S) cu sau fără utilizarea gradului de importanță.

Pentru cazul în care caracteristicile au același grad de importanță relația de calcul este (3.12):

$$I_S = \frac{I_x + I_y + \dots}{m} \quad (3.12)$$

unde:

m = numărul indicatorilor considerați.

Pentru cazul în care caracteristicile au grad de importanță diferit, relația de calcul este (3.13):

$$I_S = \frac{K_x I_x + K_y I_y + \dots}{K_x + K_y + \dots} = \frac{K \cdot I}{K} \quad (3.13)$$

unde:

K_x, K_y, \dots = coeficienți de importanță exprimați prin punctaje.

Utilizînd gradele de importanță exprimate prin pondere, relația indicelui sintetic devine:

$$I_S = \varepsilon_x I_x + \varepsilon_y I_y + \dots = \varepsilon \cdot I \quad (3.14)$$

unde:

$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \dots$ - sînt ponderile importanței indicatorilor în aprecierea calității

Corelația acestor ponderi în indicele sintetic de calitate se poate scrie cu relația:(3.15)

$$I_S = (I_x)^{r_x} \cdot (I_y)^{r_y} \cdot \dots \quad (3.15)$$

unde:

$r_x, r_y, \dots, 1$ - reprezintă ponderi de importanță a caracteristicii asupra calității totale; $\sum r = 1$.

Stabilirea coeficienților de importanță comportă numeroase implicații datorită posibilității introducerii unor elemente cu caracter subiectiv, din care cauză analiza trebuie efectuată la nivelul unor echipe complexe de analiză, în structura cărora să fie cuprinși ingineri, proiectanți, tehnologi, conducători de procese, specialiști din domeniul controlului de calitate, economiști.

Pentru produsele cu grad de complexitate ridicat problema indicatorilor de calitate se pune ceva mai deosebit, în sensul că pe lângă cercetare, proiectare, încercări, exploatare și întreținerea ridică aspecte complexe care vizează în special disponibilitatea ca indicator sintetic (34,20,85).

Prin disponibilitatea unui sistem tehnic se înțelege aptitudinea acestuia - sub aspectele combinate de fiabilitate, mentenabilitate și de organizare - conducere a acțiunilor de mentenanță - de a-și îndeplini funcția specificată la un moment dat sau într-un interval de timp dat.

Disponibilitatea echipamentelor complexe este deci rezultatul a două categorii de activități:

- activități îndreptate în scopul asigurării unei bune funcționări a echipamentului un timp cât mai îndelungat (fiabilitatea sistemului);

- activități îndreptate în scopul reparării și remedierii într-un timp minim a defecțiunilor ce apar (mentenabilitatea sistemului).

Disponibilitatea este unul din indicatorii reprezentativi pentru asigurarea nivelului calității produselor complexe, în structura lui fiind cuprinse activitățile prezentate în figura 3.5.

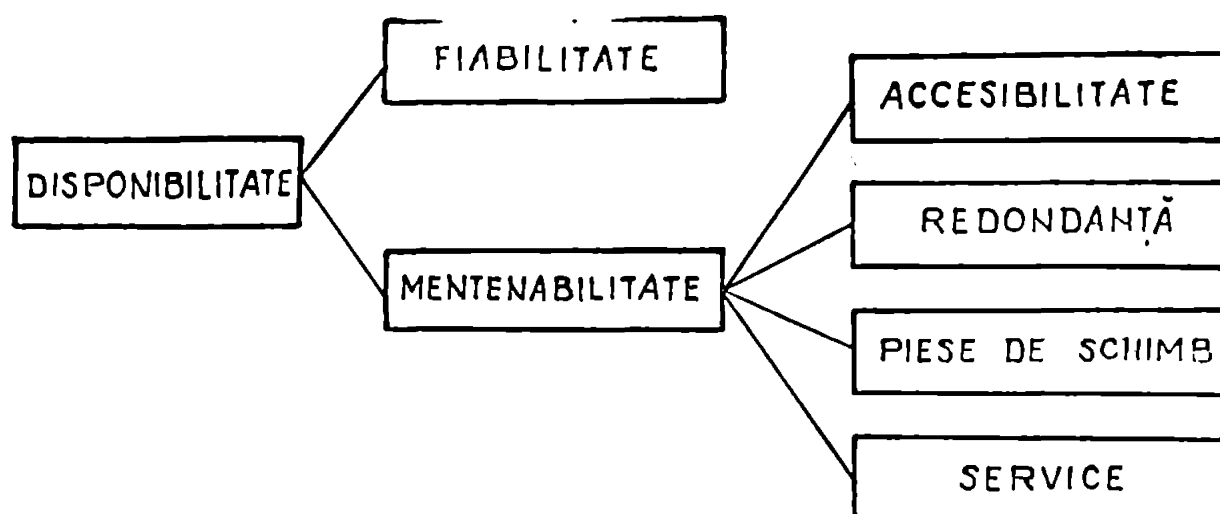


Fig.3.5.

3.3. Aspecte privind fiabilitatea echipamentelor complexe.

3.3.1. Indicatorii privind fiabilitatea produselor complexe

Unul din indicatorii legați direct de calitatea unui produs este fiabilitatea produsului.

În conformitate cu normele și standardele în vigoare (74,77,78,79,80) prin fiabilitatea unui sistem tehnic se înțelege aptitudinea acestuia de a-și îndeplini funcția specificată, în condiții date și de-a lungul unei durate date. Din definiție rezultă principalele concepte care stau la baza fiabilității unui produs:

- conceptul de caracteristică sau aptitudine: fiabilitatea poate fi cuantificată la fel ca și alte caracteristici ale unui produs;

- conceptul de probabilitate: fiabilitatea poate fi experimentată printr-o valoare cuprinsă între 0 și 1;

- conceptul de funcție - fiabilitatea presupune îndeplinirea uneia sau mai multor funcții de către produsul analizat;

- conceptul durată de funcționare - exprimat în unități de timp sau în număr de cicluri de lucru;

- conceptul de condiții de funcționare - dat de ansamblul condițiilor care condiționează funcționarea produsului.

Fiabilitatea se apreciază încă în faza de proiectare a produsului în perioada de execuție, probe, încercări a unui produs, sarcina producătorului este aceea de a realiza o fiabilitate pentru produs la nivelul celei proiectate.

Asigurarea unui nivel optim de fiabilitate se poate realiza numai ținând seama de disponibilitatea produsului: un produs cu un indicator de fiabilitate ridicat necesită prelucrări deosebit de pretențioase, subansamble complexe, cu elemente legate în paralel, care să asigure o conexiune sigură a informațiilor transmise.

Deci, o dată cu creșterea valorii indicatorului de fiabilitate se impune o creștere a costului de fabricație. Dinamica acestei evoluții este prezentată în figura 3.6. curba A.

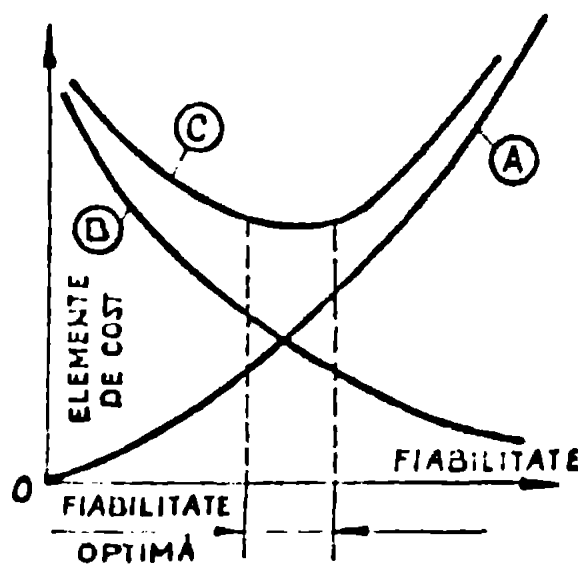


Fig. 3.6

Un produs la care fiabilitatea prezintă valori reduse, necesită cheltuieli suplimentare cu întreținerea, reparațiile și activitățile de service necesare asigurării unei disponibilități impuse produsului sau serviciului.

Dinamica evoluției acestor categorii de costuri este dată în fig. 3.6 de curbe B.

Costul global rezultă ca o însumare a acestor două categorii de costuri. Minimumul curbei evidențiază zona fiabilității optime în raport cu aceste categorii de costuri.

În literatură (4, 32, 54, 56, 58, 76) se definesc distinct următoarele "obiecte" cărora li se aplică teoria fiabilității:

- Produsul rezultat: material al producției destinat satisfacerii unei sau mai multor funcțiuni.
- Dispozitivul - produsul care înglobează în structură: piesă, mecanism, bloc, aparat, instalație, element.
- Elementul - partea dintr-un sistem capabilă să îndeplinească o anumită funcțiune.
- Sistemul - ansamblul de obiecte care funcționează în comun pentru realizarea, în mod independent a unei anumite sau a unor anumite funcțiuni.

- Defectare (cădere) - procesul de încetare a funcției impuse unui produs. Efectul acestui proces în constituie defectul.

Dacă un produs trebuie să funcționeze o anumită perioadă, se spune că el are o "misiune de îndeplinit". Misiunea poate fi un "succes" sau un "eșec". Clasificarea defectelor se poate face după mai multe criterii (53,54). Produsele industriale în urma apariției defectului, pot fi:

- reparate (defectul este reparabil);
- înlocuite (defectul este ireparabil).

În mod analog se poate defini sistemul cu restabilire sau fără restabilire.

Parametrul dinamic luat în considerare pînă la apariția unui defect este timpul (t). Notînd fiabilitatea cu $R(t)$, conform definiției prezentate anterior se poate scrie:

$$R(t) = P(T > t) \quad (3.16)$$

În relație se prezintă ipoteza că pentru a asigura fiabilitatea unui produs timpul efectiv de funcționare (T) trebuie să depășească timpul impus inițial (t).

Uneori este mai comodă utilizarea probabilității ieșirii din funcțiune a sistemului (nonfiabilitatea) - $F(t)$ pentru care se poate scrie relația:

$$F(t) = P(T \leq t) \quad (3.17)$$

Deoarece $\{T > t\}$ și $\{T \leq t\}$ reprezintă evenimente contrarii se poate scrie relația:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (3.18)$$

Determinarea pe cale analitică a fiabilității se obține pornind de la ideea că un sistem are la momentul t_0 , toate cele N elemente în stare de funcționare. La un anumit moment $t \neq t_0$ mai funcționează $N - \Delta N$ elemente, deci pe parcursul intervalului Δt s-au defectat ΔN elemente. Considerînd că între numărul elementelor defectate și mărimea intervalului de timp în care s-au produs defectările există un factor de proporționalitate $\lambda > 0$ și constant, se poate scrie:

$$\Delta N = - \lambda \cdot N \cdot \Delta t \quad (3.19)$$

Sensul (-) arată că $N - \Delta N < N$. Trecînd la limită:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{dN}{dt} \quad (3.20)$$

Se obține următoarea ecuație:

$$\frac{dN}{dt} = - \lambda \cdot N \quad (3.21)$$

Efectuînd integrarea se poate obține:

$$\frac{N}{N_0} = e \quad (3.22)$$

Raportul $\frac{N}{N_0}$ reprezintă proporția de elemente în stare de funcțiune la momentul t , adică fiabilitatea:

$$R(t) = \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \quad (3.23)$$

Relația (3.16) s-a obținut în ipoteza că $\lambda = \text{constant}$. În realitate acest factor are o dinamică aleatoare în timp și atunci expresia (3.21) se poate scrie:

$$\frac{dN}{dt} = - N \cdot \lambda(t) \quad (3.24)$$

și atunci pentru expresia generală a fiabilității

$$R(t) = \frac{N}{N_0} = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (3.25)$$

Se observă că funcția fiabilității este de tip exponențial avînd valorile extreme $R(0) = 1$; $R(\infty) = 0$

Aprecierea nonfiabilității $P(t)$ se poate face cu relația

$$P(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (3.26)$$

Tinînd seama de relațiile (3.24)

$$\text{se poate scrie: } P(t) = 1 - \frac{N}{N_0} = \frac{N_0 - N}{N_0} = \frac{\Delta N}{N_0} \quad (3.27)$$

Factorul de proporționalitate $\lambda(t)$ poartă denumirea de rata căderilor, rata defectărilor sau intensitatea de defectare. Considerînd relația (3.17) rezultă pentru funcția fiabilității

$$\frac{dR}{dt} = - \lambda(t) \cdot e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} = - \lambda(t) \cdot R(t) \quad (3.28)$$

unde:

$$\lambda(t) = - \frac{dR}{dt} \cdot \frac{1}{R} = \frac{1}{R} \cdot \frac{dF}{dt} \quad (3.29)$$

Cu ajutorul creșterilor finite, rata căderilor mai poate fi scrisă:

$$\lambda(t) \equiv \frac{\Delta N}{N_0} \cdot \frac{1}{\Delta t} \cdot \frac{N_0}{N} = \frac{\Delta N}{\Delta t} \cdot \frac{1}{N} \quad (3.30)$$

În relația (3.22) raportul $\frac{dR}{dt} \cdot f(t)$ se numește densitatea de probabilitate a repartiției timpului fără defecțiuni. Ținând seama de relația (3.11) $f(t)$ se mai poate scrie:

$$f(t) = \frac{d(1-F)}{dt} = - \frac{dR}{dt} \quad (3.31)$$

cu ajutorul creșterilor finite se mai poate scrie:

$$f(t) = \frac{F(t+\Delta t) - F(t)}{\Delta t} = \frac{\Delta N}{N_0} \cdot \frac{1}{\Delta t} \quad (3.32)$$

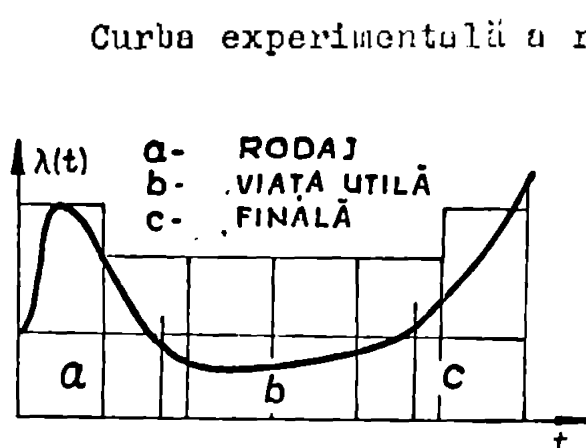


Fig. 3.7.

Curba experimentală a ratei căderilor (figura 3.7) evidențiază 3 perioade tipice: a. Perioada de rodaj, în care apar defecte timpurii, accidentale; cad elementele cu fiabilitate redusă, cu defecte ascunse; aceste defecte, de regulă nu trebuie să aibă loc la beneficiar și se caută

eliminarea lor prin punerea în "rodaj" sau "probe" a produsului la producător.

Pentru produse complexe (motoare, roboți industriali) necesitatea efectuării încercărilor se impune cu pregnanță, deoarece se pot întâlni cazuri în care, cumulându-se defectele elementelor componente, rata experimentală a căderilor să depășească valoarea critică, putând să aibă loc o "cădere totală" a echipamentelor. Pentru a se evita apariția situației de mai sus este necesar ca pentru asemenea produs să se efectueze:

- Probe tip - pentru produse cap de serie
- Probe de duranță - pentru fiecare produs din seria de fabricare

b. Perioada de viață utilă a produsului, caracterizată printr-o stabilizare relativă a frecvenței de apariție a defectelor. Pentru produsele complexe se caută sărsc realizarea activității de întreținere preventivă (prement) în scopul eliminării defecțiunilor accidentale; caracteristica $\lambda(t)$ furnizează informații privitoare la momentul în care este rațională înlocuirea unui subansamblu în cadrul produsului sau a produsului uzat.

c. Perioada finală, caracterizată printr-o intensificare a frecvenței de apariție a defectelor; se impun defectele datorate uzurii elementelor în mișcare din structura produsului.

Media timpului de bună funcționare (MTBF) se poate stabili cu relația generală (52)

$$MTBF = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} (-t) \frac{dR}{dt} dt = -Rt \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R dt = \int_0^{\infty} R dt \quad (3.33)$$

Dacă se admite pe $\lambda = \text{constant}$, relația (3.26) devine

$$MTBF = \int_0^{\infty} R dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = -\frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t} \Big|_0^{\infty} = \frac{1}{\lambda} \quad (3.34)$$

Se observă în acest caz (particular) relația existentă între MTBF și frecvența căderilor; ea se referă numai la apariția defecțiunilor accidentale. Cum în analiza fiabilității unui produs complex interesează dacă produsul și-a îndeplinit misiunea dată, dacă durata acestei misiuni este egală cu $MTBF = \frac{1}{\lambda}$, atunci fiabilitatea misiunii este

$$R(MTBF) = e^{-1} = 0,37 \quad (3.35)$$

În cazul în care durata misiunii este foarte mică în raport cu MTBF ($t/MTBF \ll 1$), fiabilitatea sistemului se mai poate scrie, dacă în dezvoltarea în serie se neglijează termenii de ordin superior

$$R(t) = e^{-\lambda t} = 1 - \lambda t + \frac{1}{2} \lambda^2 t^2 + \dots \approx 1 - \lambda t \quad (3.36)$$

Repartițiile utilizate în aprecierea fiabilității unui echipament țin seama de modul în care apar defectele, de frecvența apariției în timp a lor, de modul în care se succed

defectele în perioada de viață utilă a produsului și de modul în care sînt legate elementele componente în cadrul echipamentului respectiv. Pentru produsele complexe care au în structura lor elemente mecanice, hidraulice și electrice sînt caracteristice defectele accidentale, apărute în decursul perioadei de funcționare.

Dacă se consideră că probabilitatea apariției defecțiunilor este proporțională cu mărimea intervalelor de timp de lucru efectiv a echipamentului se poate utiliza legea de repartiție exponențială.

Dacă echipamentul se poate testa în laborator sau pe stand și între parametri nominali și cei reali, care caracterizează funcționarea sa,

se pot stabili anumite raporturi, parametri de scară (η), formă (β) și poziție (γ), pentru aprecierea defectelor se poate utiliza funcția Weibull.

Dacă gradul de complexitate al produsului este mai redus se poate utiliza în aprecierea fiabilității legea de repartiție normală.

În relațiile de calcul pentru această lege de repartiție se utilizează parametri specifici proceselor de uzură mecanică și electrică, rezistența admisibilă la tracțiune a materialului (σ) și timpul mediu de solicitare a echipamentului sau produsului (t_m)

Utilizînd repartiția Gamma, se apreciază că fiabilitatea unui echipament depinde de numărul de defecțiuni α posibile într-un interval de timp de funcționare al echipamentului.

Relațiile de calcul și reprezentarea grafică pentru principalele tipuri de distribuții se prezintă în tabelul 3.1.

Pentru sisteme complexe, aprecierea fiabilității se realizează în funcție de structura și modul de amplasare a elementelor sistemului.

Elementele pot fi legate în serie, paralel și mixt.

Dacă cele n elemente componente sînt legate în serie similar figurii 3.8 fiabilitatea sistemului (R_s) se determină cu relația (3.36)

$$R_s(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \quad (3.37)$$

unde:

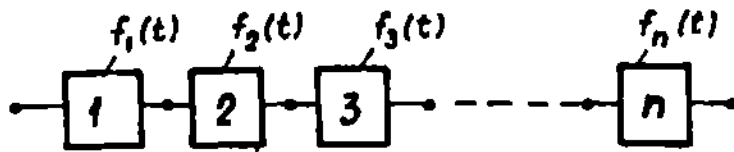


Fig. 3.8

F_1 - fiabilitatea elementului i din structura sistemului ($i=1, \dots, \dots, n$). Dacă se consideră că fiecare element are o fiabilitate exponențială relația (3.36)

devine:

$$R_S(t) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} \quad (3.38)$$

Rezultă că rata căderilor sistemului (λ_S) în acest caz va fi:

$$\lambda_S = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (3.39)$$

Dacă cele n elemente componente sînt legate în paralel similar figurii 3.9, defectarea unui element nu scoate din funcțiune întreg sistemul. Probabilitatea de ieșire din funcțiune a sistemului este condiționată de probabilitatea ieșirii din funcțiune a tuturor elementelor:

$$F_S(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t) \quad (3.40)$$

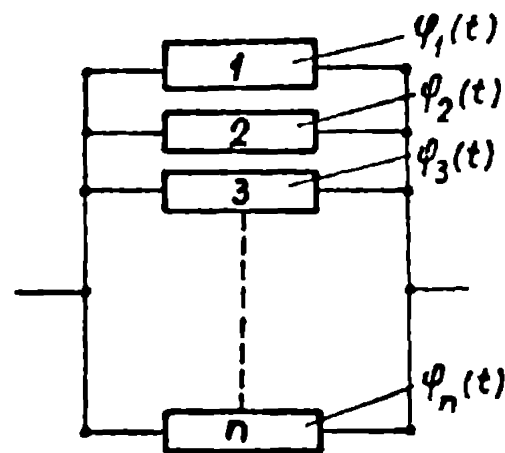


Fig. 3.9.

Admițînd pentru probabilitatea de apariție a defecțiilor o lege de repartiție exponențială și ținînd seama de relația (3.26) se poate scrie pentru fiabilitatea sistemului relația:

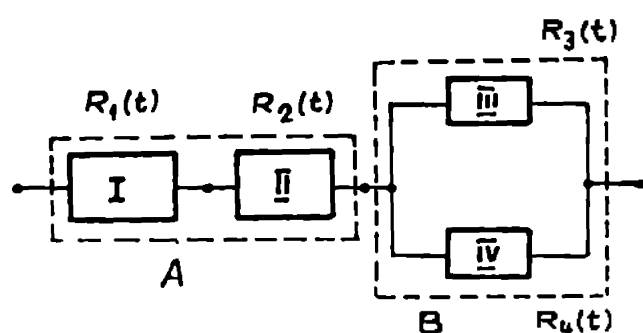
$$R_S(t) = 1 - F_S(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t}) \quad (3.41)$$

În practică se întîlnesc sisteme cu structură funcțională complexă avînd unele grupe de elemente legate în serie, iar altele legate în paralel similar figurii 3.10.

Fiabilitatea sistemului se calculează în acest caz ținînd seama de legăturile ce există între elementele din cadrul fiecărei grupe și de modul în care sînt conectate grupurile între ele.

TABELUL NR.3.1

| NR. CR. | DENUMIREA DISTRIBUTIEI | RELATII DE CALCUL | REPREZENTARE GRAFICĂ |
|---------|------------------------|---|----------------------|
| 1. | Exponențială | $F(t) = \lambda \exp(-\lambda t)$ $R(t) = \exp(-\lambda t)$ $\lambda(t) = \text{cst.}$ | |
| 2. | Weibull | $F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta$ $R(t) = \exp\left(-\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta$ $\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$ | |
| 3. | Normală | $F(t) = \frac{C_0}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-t_m)^2}{2\sigma_t^2}\right]$ $R(t) = C_0 \left[\frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{t_m-t}{\sigma_t}\right) \right]$ $\lambda(t) = \frac{\frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-t_m)^2}{2\sigma_t^2}\right]}{\frac{1}{2} + \Phi\left(\frac{t_m-t}{\sigma_t}\right)}$ | |
| 4. | Gamma | $F(t) = \begin{cases} \frac{a}{\Gamma(a)} (at)^{a-1} \exp(-at) & \text{pt. } t \geq 0 \\ 0 & \text{pt. } t < 0 \end{cases}$ $R(t) = \begin{cases} \frac{a^a}{\Gamma(a)} \int_t^\infty t^{a-1} \exp(-at) dt & \text{pt. } t \geq 0 \\ 0 & \text{pt. } t < 0 \end{cases}$ $\lambda(t) = \begin{cases} \frac{t^{a-1} \exp(-at)}{\int_t^\infty t^{a-1} \exp(-at) dt} & \text{pt. } t \geq 0 \\ 0 & \text{pt. } t < 0 \end{cases}$ | |



Pentru cazul prezentat în figura 3.10 se poate calcula fiabilitatea sistemului

Fig. 3.10

$$R_0(t) = R_A(t) \cdot R_B(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_B(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot [R_3(t) + R_4(t) - R_3(t) \cdot R_4(t)] \quad (3.42)$$

3.3.2. Indicatorii privind fiabilitatea echipamentelor cu revenire (refacere)

Un caz aparte, frecvent întâlnit, îl constituie echipamentele în structura cărora intră elemente care funcționează și se defectează independent unul de altul. Când un element iese din funcțiune el este instantaneu înlocuit de elementul de rezervă de același tip care are vârsta zero. Elementul de rezervă funcționează intervalul de timp în care elementul de bază este refăcut (necondiționat).

Studiul acestui tip de echipamente complexe prezintă importanță datorită faptului că, în scopul creșterii nivelului disponibilității sistemelor, se practică legarea în paralel a două elemente identice care au o importanță funcțională deosebită (31).

Procesele ce au loc în acest caz, sînt procese nemarkoviene, care însă pot fi asimilate cu procese Markov.

Condițiile impuse proceselor Markoviene țin seama de faptul că elementele din structura echipamentelor vor ieși din funcțiune după o lege de variație exponențială. Atît momentul căderii cît și momentul punerii în funcțiune a elementului de bază au valori arbitrare.

Probabilitatea de defectare a elementului de bază din structura sistemului se notează cu λ , probabilitatea de ieșire din funcțiune a elementului de rezervă se notează cu λ_f ; probabilitatea de funcționare fără defecțiuni a cuplajului format

din elementul de bază plus elementul de rezervă la momentul t se notează cu $p(t)$.

$p(t)$ se mai numește funcția hazard sau funcția intensitate sau funcția "coeficient de defecțiune" (48).

Timpul de revenire al elementului de bază urmează o lege de distribuție $G(t)$. $G(t)$ se mai numește funcție de reînnoire (48).

Funcționarea celor două elemente se prezintă în figura 3.11.

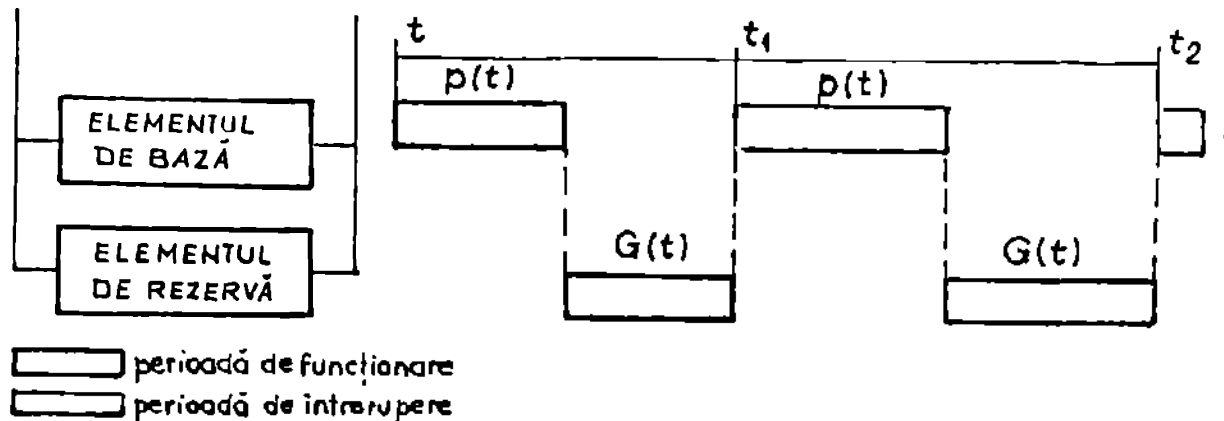


Fig. 3.11

Intervalul de timp scurs din momentul intrării în funcțiune a elementului de bază pînă în momentul reîntrării lui în funcțiune poartă denumirea de "ciclu de funcționare".

În cadrul ciclului de funcționare au loc următoarele *evenimente* distincte:

- Căderea, la momentul t a elementului de bază.

Probabilitatea ca acest eveniment să aibă loc este:
 $e^{-(\lambda + \lambda_1)t}$

- Prima defecțiune are loc la momentul t , dar primul ciclu se încheie după punerea în funcțiune a elementului de bază. Elementul de rezervă, cuplat în momentul căderii funcționează fără defecțiuni, în timp ce elementul de bază este refăcut. Probabilitatea ca elementul de rezervă să funcționeze este:

$$\int_0^t (\lambda + \lambda_1) e^{-(\lambda + \lambda_1)x} [1 - G(t-x)] e^{-\lambda(t-x)} dx \quad (3.43)$$

- Primul ciclu se termină după parcurgerea momentului t . Probabilitatea ca acest eveniment să aibă loc este:

$$\int_0^t p(t-x) dx \cdot \int_0^x (\lambda + \lambda_1) e^{-(\lambda + \lambda_1)z - \lambda(x-z)} g(x-z) dz \quad (3.44)$$

unde: $g(x) = G'(x)$; probabilitatea ca elementul de bază să intre funcțiune..

Păcînd suma acestor 3 evenimente se obține probabilitatea de funcționare fără defecțiuni a cuplajului format din cele două elemente $p(t)$

$$p(t) = e^{-(\lambda + \lambda_1)t} + e^{-\lambda t} (\lambda + \lambda_1) \int_0^t e^{-\lambda_1 x} [1 - G(t-x)] dx + \int_0^t p(t-x) e^{-\lambda x} (\lambda + \lambda_1) dx \int_0^x e^{-\lambda_1 z} g(x-z) dz \quad (3.45)$$

Dacă se fac notațiile:

$$A(t) = e^{-(\lambda + \lambda_1)t} + e^{-\lambda t} (\lambda + \lambda_1) \int_0^t e^{-\lambda_1 x} [1 - G(t-x)] dx \quad (3.46)$$

$$B(t) = e^{-\lambda t} (\lambda + \lambda_1) \int_0^t e^{-\lambda_1 z} g(t-z) dz \quad (3.47)$$

ecuația (3.45) devine:

$$p(t) = A(t) + \int_0^t p(t-x) B(x) dx \quad (3.48)$$

Ecuația 3.48 se poate dezvolta în serie:

$$p(t) = B_0 t + B_1(t) + B_2(t) + \dots + B_n(t) + \dots \quad (3.49)$$

unde:

$$B_0(t) = A(t) \text{ și } B_{n+1}(t) = \int_0^t B_n(t-x) B(x) dx \quad (3.50)$$

Dacă intervalul de timp t este suficient de mic în raport cu ciclul de funcționare, se poate utiliza dezvoltarea în serie pentru calculul probabilității $p(t)$; seria fiind convergentă, în acest caz, sînt suficienți maxim 3 termeni ai seriei pentru a calcula probabilitatea $p(t)$.

Dacă raportul dintre timpul t și ciclul de funcționare tîndu cîtred la unu este supraunitar dezvoltarea în serie nu poate fi utilizată.

În practică este importantă determinarea probabilității minime de cădere a cuplajului constituit din cele două elemente, pe parcursul unui ciclu de funcționare: ea este dată de relația:

$$\alpha = 1 - \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dG(t) = \int_0^{\infty} (1 - e^{-\lambda t}) dG(t) \quad (3.51)$$

Pontru studiul comportamentului funcției $p(t)$ când $\alpha \rightarrow 0$, se aplică transformarea lui Laplace; dacă se introduc notațiile:

$$a(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} A(t) dt; \quad b(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} B(t) dt; \quad (3.52)$$

$$c(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} c(t) dt; \quad d(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} p(t) dt$$

Valorile lui $a(s)$ și $b(s)$, ținând seama de (3.46) (3.47) (3.48) și (3.50) sînt:

$$a(s) = \frac{s + \lambda + (\lambda + \lambda_1) [1 - c(s + \lambda)]}{(s + \lambda + \lambda_1)(s + \lambda)}; \quad b(s) = \frac{(\lambda + \lambda_1) c(s + \lambda)}{\lambda + \lambda_1 + s};$$

$$d(s) = \frac{a(s)}{1 - b(s)} = \frac{s + \lambda + (\lambda + \lambda_1) [1 - c(s + \lambda)]}{(s + \lambda) [\lambda + \lambda_1 + s - (\lambda + \lambda_1) c(\lambda + s)]}$$

Notînd cu T durata de viață a cuplului, T fiind o mărime aleatoare, se poate scrie relația matematică pentru durata medie de viață a cuplului (T_0):

$$T_0 = \int_0^{\infty} p(t) dt = d(0) = \frac{\lambda + (\lambda + \lambda_1) [1 - c(\lambda)]}{\lambda (\lambda + \lambda_1) [1 - c(\lambda)]} =$$

$$= \frac{\lambda + (\lambda + \lambda_1) \alpha}{\lambda (\lambda + \lambda_1) \alpha} = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{(\lambda + \lambda_1) \alpha} \quad (3.53)$$

Dacă elementul de bază scos din funcțiune nu se separă, ci se înlocuiește cu un altul (elementele sînt din interschimbabile), durata medie de viață a cuplului (T'_0) va fi:

$$T'_0 = \frac{1}{\lambda + \lambda_1} + \frac{1}{\lambda} \quad (3.54)$$

Pentru echipamentele cu structură funcțională complexă (celule de fabricare robotizate, motoare Diesel de mare putere), aprecierea fiabilității precalculate se realizează ținînd seama de func-

țiunile impuse sistemului și de elementele care asigură transmiterea acestor funcții.

Trebuie avut în vedere și faptul că atât producătorii cât și beneficiarii echipamentului complex nu au la dispoziție un lot prea mare de produse pentru a fi testate. În mod cert, produsele nu vor putea fi testate în timp real, din considerente economice, în primul rând. Testarea se va face în intervale de timp mai mici decât timpul real; ele se vor numi "timpuri necesari pentru încercări" (81).

Elaborarea unui program de fiabilitate a sistemelor complexe necesită:

- Elaborarea metodelor celor mai adecvate pentru aprecierea fiabilității. Alegerea metodei celei mai potrivite se află la latitudinea producătorului.
- Culegerea datelor necesare pentru calculul fiabilității precalculate (date relevante referitoare la istoricul sistemului, consecințele unei fiabilități insuficiente a sistemului, costul încercărilor de fiabilitate, timpul necesar pentru încercări, posibilitatea asigurării fiabilității prin alte mijloace decât prin încercări, disponibilitatea celor mai reprezentative eșantioane
- Intocmirea unui program de creștere a fiabilității echipamentelor avînd la bază informațiile culese cît și analiza detaliată a fiecărei "căderi" pe care a recepționat-o sistemul.

Rezultatele încercărilor pot fi extrapolate pe alte echipamente similare ținînd seama de anumite limite impuse de condițiile mediului de încercare și de duratele încercărilor. Condițiile mediului de încercări și duratele încercărilor pot modifica legile de repartiție a defectelor, respectiv parametrii funcției hazard și a funcției de reînnoire.

3.4. Calculul fiabilității echipamentelor complexe

Fiabilitatea poate fi considerată cu un indicator sintetic a cărei apreciere, ținînd seama de costul fabricației și de termenul final de livrare a produsului finit, ne poate furniza informații referitor la siguranța în funcționare a produsului respectiv (6,9,11,12).

Aprecierea fiabilității cu ajutorul M.T.B.F creează dificultăți favorabile următoarelor categorii de activități:
și formele favorabile următoarelor categorii de activități:
și formele favorabile următoarelor categorii de activități:

- Determinarea pieselor și subansamblurilor cu fiabilitate minimă din structura unui produs complex.
- Intocmirea schemei de conexiune pentru produsul analizat, astfel încât să se asigure un nivel minim al fiabilității produsului complex, cerut de beneficiarul (sau beneficiarii) produsului, prin legarea în paralel a elementelor cu fiabilitate redusă. Procedul trebuie analizat și în funcție de costurile pe care le necesită o asemenea operație.
- Determinarea mărimii stocului de piese de schimb necesare subansamblurilor sau pieselor cu fiabilitate redusă.

Cunoscând modul în care sînt legate elementele componente ale unui produs și apreciind fiabilitatea fiecărui element în parte, în funcție de regimul de lucru impus produsului, se pot determina valori concrete ale funcției de fiabilitate. Mai mult, asimilînd M.T.B.F. cu timpul de funcționare pînă la apariția primei defecțiuni, pentru elementele nementenabile, se poate determina numărul de elemente necesare pentru a asigura disponibilitatea produsului pe un anumit interval de timp.

- Alegerea unei variante optime de produs, din mai multe variante posibile, utilizînd metode de decizie specifice, pe baza mai multor criterii, din care unul vizează fiabilitatea produsului.

În continuare se va prezenta metodologia utilizată în alegerea variantei optime de motor Diesel utilizînd metoda "ELECTRE", avînd la bază criterii care vizează fiabilitatea unui sistem complex de tipul motorul Diesel de mare putere.

Fiabilitatea unui motor Diesel de mare putere se poate referi la următoarele trei aspecte:

- a). Condiții de funcționare: definite în mod unitar pentru fiecare produs, prin parametrii ca: lungimea cursei active a pistonului, cai putere/cilindru. Problema esențială o constituie realizarea unor condiții de funcționare constante pe întreg produsul funcționării produsului. Solicitarea la care este supus un motor naval este diferită în timp, funcție de încărcătura navei, starea timpului, viteza de deplasare cerută navei și alți parametri. Ca urmare, condițiile de funcționare trebuie privite mai degrabă ca un parametru cu o repartiție variabilă în timp, decît ca o valoare bine precizată. Mărimea și forma repartiției utilizate se stabilește prin observații făcute pe diverse nave aflate în exploatare. După obținerea informațiilor privitoare la condițiile de funcționare se vor efectua teste

pentru a se stabili precis dacă motorul răspunde nivelului de solicitare posibil în perioada de exploatare.

b). Condițiile mediului înconjurător sînt definite de parametri externi (temperatură, umiditate, circulație atmosferică) și de parametri interni (vibrații, șocuri), ele constituie factori cu caracter critic pentru majoritatea motoarelor Diesel de mare putere, amplasate pe structuri sudate (nave, locomotive etc.) Legat de acești parametri se impune cunoașterea nivelelor maxime pe care le pot atinge, precum și verificarea gradului în care produsul complex poate satisface cerințele impuse de acești parametri.

c). Condițiile de timp se referă la timpul de încercare a produsului, numărul admisibil de defectări în timp a produsului, timpul mediu de bună funcționare, durata maximă a programului de încercări și testări a produsului.

Pentru determinarea variantei optime s-au ales patru tipuri de motoare cu caracteristici tehnice similare fabricate de firmele ALCO, CATERPILLAR, WICHMAN și ABC (67,86).

Pentru parametrul: condiții de funcționare s-au ales puterea maximă admisă la frînarea arborelui de ieșire al motorului, exprimată în CP la turația nominală.

Parametrul: condiții de mediu a fost materializat prin condiții de încărcare omogenă a motorului în timpul funcționării, exprimată în procente din puterea maximă admisă.

Parametrul: Condiții de timp a fost materializat prin durata anuală de funcționare prescrisă de furnizor, exprimată în ore anuale de funcționare. Valorile înregistrate sînt prezentate în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2

| Criterii | PARAMETRII DE FIABILITATE AI MOTORULUI DIESEL | | |
|-------------------------------|---|---|--|
| | Putere max. CP/n _{nom} Λ_1 | % de incurcare % din sarcina max. Λ_2 | Nr. ore de funcționare anuală (ore/an) Λ_3 |
| ALCO(V ₁) | 5.500 | 80 | 5.000 |
| Caterpillar (V ₂) | 4.500 | 60 | 6.500 |
| Wichman(V ₃) | 3.500 | 80 | 5.500 |
| ABC(V ₄) | 1.700 | 90 | 6.000 |
| K | 2 | 1 | 3 |

K = Coeficient de importanță în alegerea criteriului pentru decident

Exprimarea valorilor fiecărui criteriu prin calificative, pentru fiecare variabilă se prezintă în tabelul 3.3. În tabel s-au făcut notațiile Sb - slab; n - normal; b - bun; fb - foarte bun.

Pe baza acestor aprecieri s-a acordat un punctaj, așa cum rezultă din tabelul 3.4.

| Criterii | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ |
| V ₁ | fb | b | sb |
| V ₂ | b | sb | fb |
| V ₃ | n | n | b |
| V ₄ | sb | fb | n |
| K | 2 | 1 | 3 |

Tabelul 3.3

| Calificative | Criterii | | |
|--------------|----------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ |
| fb | 12 | 10 | 14 |
| b | 9 | 8 | 10 |
| n | 6 | 6 | 6 |
| sb | 3 | 4 | 2 |
| K | 2 | 1 | 3 |

Tabelul 3.4.

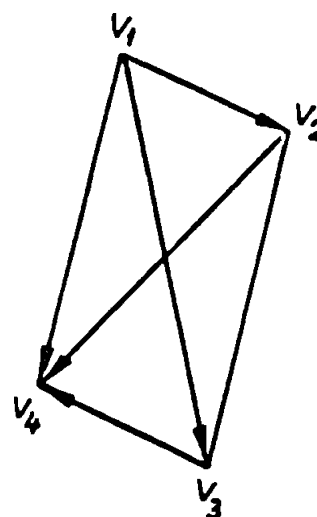
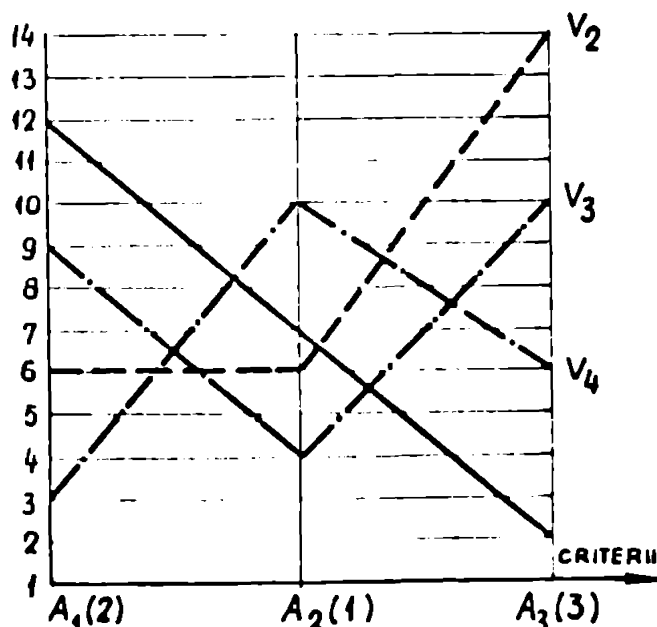
În continuare se poate întocmi graficul în care se evidențiază variația calificativelor pe variante și funcție de coeficienții de importanță acordați, așa cum rezultă din figura 3.12. Valorile coeficienților de concordanță (β_{ij}) sînt:

$$\beta(V_1, V_2) = \frac{2}{6} = 0,666; \beta(V_1, V_3) = \frac{3}{6} = 0,5; \beta(V_1, V_4) = \frac{2}{6} = 0,666$$

$$\beta(V_2, V_1) = \frac{3}{6} = 0,5; \beta(V_2, V_3) = \frac{5}{6} = 0,833; \beta(V_2, V_4) = \frac{5}{6} = 0,833$$

$$\beta(V_3, V_1) = \frac{3}{6} = 0,5; \beta(V_3, V_2) = \frac{1}{6} = 0,166; \beta(V_3, V_4) = \frac{5}{6} = 0,833$$

$$\beta(V_4, V_1) = \frac{4}{6} = 0,333; \beta(V_4, V_2) = \frac{1}{6} = 0,166; \beta(V_4, V_3) = \frac{1}{6} = 0,166$$



Valorile coeficienților de discordanță (d_{ij}) se determină în funcție de diferența maximă a punctajului (h_{max}) acordat pentru variantele în discuție; din figura 3.12 rezultă că $h_{max} = 12$.

Pentru coeficienții de discordanță se determină valorile:

$$d(V_1, V_2) = 1; d(V_1, V_3) = 0,83; d(V_1, V_4) = 0,24$$

$$d(V_2, V_1) = 0,33; d(V_2, V_3) = 0,166; d(V_2, V_4) = 0,5$$

$$d(V_3, V_1) = 0,66; d(V_3, V_2) = 0,33; d(V_3, V_4) = 0,33$$

$$d(V_4, V_1) = 0,75; d(V_4, V_2) = 0,75; d(V_4, V_3) = 0,33$$

Pentru determinarea variantei optime și a ordinii de importanță a variantelor se întocmește pe baza coeficientului de concordanță și a coeficientului de discordanță, graficul conform figurii 3.13. Alegându-se limite succesive pentru cei doi coeficienți, se poate determina ordinea de importanță a variantelor. Astfel admitând pentru valori: 1, 0,833, 0,666 și pentru d valori: 0,0,25, 0,333, 1 rezultă că varianta V_1 întrunește punctajul maxim:

Tinând seama de structura parametrilor stabiliți pentru analiză (parametrii care au avizat cu predilecție fiabilitatea fiecărui sistem complex) rezultă că motorul Diesel de tip ALCO întrunește condițiile de fiabilitate optime în raport cu numărul de ore de funcționare impus.

Calculul fiabilității produselor complexe trebuie considerat ca un imperativ impus de legislația în vigoare.

Aplicând calculul privind fiabilitatea produselor complexe, în conformitate cu prevederile privind acordarea garanției de bună funcționare și durabilitate pentru bunurile de folosință îndelungată (96) se poate determina momentul apariției căderilor elementelor componente ale produsului, cu aceste informații se poate determina mărimea perioadei de garanție pentru produsul în cauză, admitând o lege de variație inițial impusă.

Dacă timpul de defectare au loc după o distribuție exponențială, rata de defectare a produsului complex este λ_{tot} .

Timpul minim de funcționare al produsului (timp în care siguranța în funcționare tinde către valoarea maximă)

este mai mic decât timpul de funcționare al elementului cu fiabilitatea minimă.

Cunoscând valoarea timpului minim de funcționare fără defecțiuni se poate aprecia concret durata perioadei de garanție, pentru produsul complex, durata medie de viață a produsului și alți parametrii (77).

3.5. Aspecte privind mentenabilitatea echipamentelor complexe

O caracteristică deosebit de importantă pentru asigurarea disponibilității echipamentelor complexe, o constituie mentenabilitatea. În literatura de specialitate (4,5,17,18,21,23,68,69,72,75,79) definiția mentenabilității include structura de elemente legate de întreținerea echipamentelor, în scopul aducerii lor în stare de funcțiune (reducerea sau menținerea parametrilor la valoarea nominală).

Dacă se analizează problema întreținerii și reparației produselor prin prisma costurilor generate de aceste activități, informațiile legate de aceste costuri sînt relativ reduse și nesemnificative. Concluzia ce a rezultat din datele studiate evidențiază faptul că odată cu creșterea gradului de complexitate a unui produs, cheltuielile legate de întreținere și reparație cresc. Cauzele care duc la creșterea nivelului cheltuielilor legate de întreținere se pot grupa în 3 grupe:

a) Cauze constructiv-tehnologice, care se referă la:

- Alegerea unor soluții tehnice necorespunzătoare pentru produsul proiectat
- Adaptarea unor tehnologii neadecvate pentru realizarea produselor proiectate (tehnologii neeconomice sau tehnologii cu performanțe neadecvate scopului propus)
- Alegerea unor materiale necorespunzătoare pentru soluția proiectată
- Elaborarea unor documentații de concepție sau tehnologice necorespunzătoare.

b) Cauze organizatorice, în care sînt cuprinse:

- Lipsa de colaborare dintre proiectant, tehnolog și atelierul de prototipuri, în etapa de realizare a prototipurilor, colaborare privită prin prisma utilizării informațiilor rezultate din exploa-

tarea unor produse cu parametrii similari.

- Nerespectarea documentației de execuție elaborată în procesul de fabricație

- Lipsa de documentare a proiectantului în domeniul exploatării produsului, ilustrată prin elaborarea unor documentații pentru întreținere și exploatare nesatisfăcătoare.

c) Cauze datorate exploatării echipamentului în care sînt cuprinse:

- Lipsa unor informații legate de modelul de apariție a defecțiunilor; prelucrarea informațiilor în scopul evidențierii

corecte a cheltuielilor legate de reparație și întreținere.

- Condiții de funcționare necorespunzătoare, neconforme cu documentația prescrisă.

- Exploatarea nerațională, fără respectarea normelor de utilizare a unui echipament.

- Calitatea necorespunzătoare a activităților de reparație și întreținere, neefectuarea acestor lucrări în conformitate cu graficul inițial prevăzut.

- Lipsa unei documentații cu caracter economic prin care să se evidențieze eficiența activității de reparații.

Ponderea cheltuielilor legate de întreținere nu poate fi neglijată, mai ales dacă se analizează produse complexe. Astfel, pentru clasa locomotivelor Diesel-electrice cheltuielile pentru întreținere și reparație sînt cuprinse între 6-16 mii lire sterline pentru un motor la nivelul anului 1971 (2), în funcție de clasa locomotivelor, așa cum rezultă din figura 3.14.

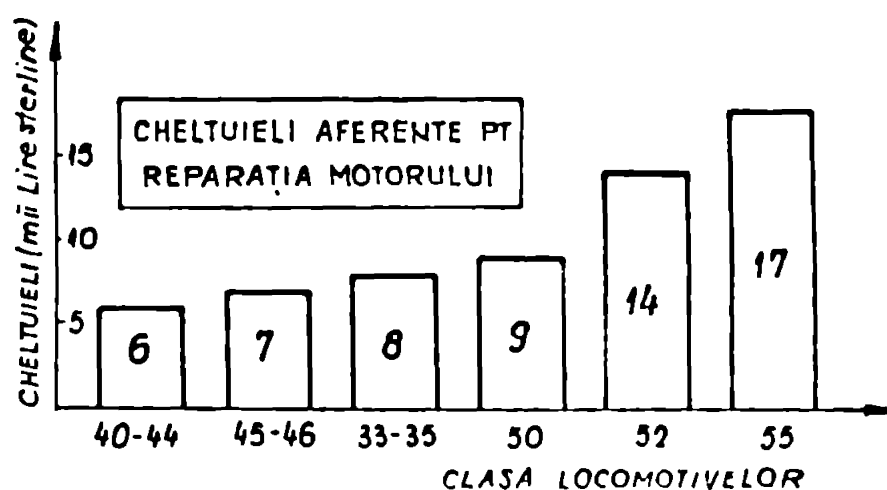


Fig. 3.14

Pentru produsele complexe se impune realizarea unui sistem de întreținere, care să înglobeze în structura sa programe complexe capabile să asigure sistemului o disponibilitate cât mai ridicată.

În funcție de momentul aplicării lor, aceste programe pot fi:

- Programe de mentenanță corectivă - aplicabile după semnalizarea apariției căderii;
- Programe de mentenanță preventivă - aplicabile înaintea apariției defectului în scop preventiv.

În continuare se vor prezenta câteva aspecte legate de mentenanța corectivă pentru produsele complexe.

Un program de mentenanță corectivă pentru un sistem complex are în structura sa următoarele etape:

1. Stabilirea contactului de "defectare" sau "căderea" semnalată
2. Elaborarea diagnosticului și tehnologia ei de demontare-reparație
3. Efectuarea reparației conform tehnologiei propuse
4. Controlul și verificarea reparației efectuate și a buna funcționări a echipamentului.

Activitățile specifice fiecărei etape sînt prezentate în figura 3.15. Din figură se observă că activitățile se succed din momentul semnalării defectului. Deci timpul de imobilizare al echipamentului va avea în structura sa suma timpilor necesari pentru efectuarea fiecărei activități (51). Analizînd timpii necesari pentru efectuarea fiecărei activități se constată că ei pot fi grupați în 3 grupe:

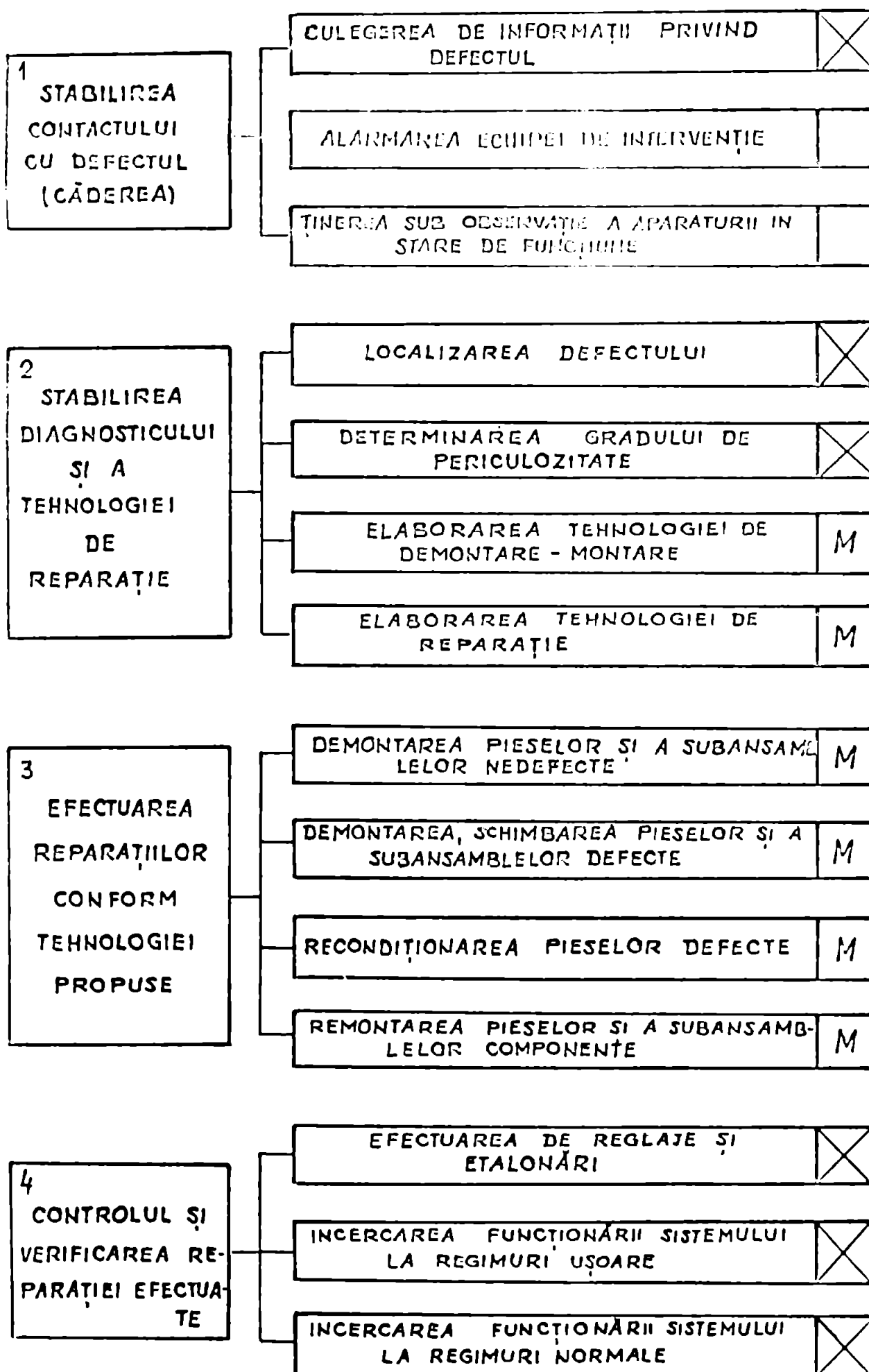
- Timpii ce nu pot fi ameliorați
- Timpii parțial ameliorabili prin activități cu caracter - tehnico-organizatoric
- Timpii parțial ameliorabili prin activități specifice de mentenanță.

Ținînd seama de durata de viață a unui produs se poate defini ca indicator pentru aprecierea mentenabilității unui produs complex: media timpilor de reparație (\bar{M}_r) cu relație:

$$\bar{M}_r = \frac{\sum \text{Timpilor de imobilizare}}{\text{numărul total de intervenție de mentenanță}} \quad (3.54)$$

Dacă se notează: numărul elementelor identice u-

SE SEMNĂLEAZĂ DEFECTUL (CĂDEREA)



TIMPI PARȚIAL AMELIORAȚII PRIN
ACTIVITĂȚI SPECIFICE DE ÎNȚEBINȚĂ

M

TIMPI PARȚIAL AMELIORA-
ȚII PRIN ACTIVITĂȚI TERMI-
CO-ORGANIZATORICE

TIMPI CE NU POT FI
AMELIORAȚI

Fig. 3.15

utilizate în condiții identice, din structura unui sistem complex cu N_i ($i=1, 2 \dots, n$), gradul de defectare al componentei "i" în unitatea de timp λ_i , durata estimată a reparației pentru remedierea componentei "i", T_i (duratele se vor exprima în unități de timp omogene) relația de mai sus se poate scrie (3.55)

$$\bar{M}_r = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \lambda_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot T_i} \quad (3.55)$$

Cunoscîndu-se frecvența apariției defectelor la nivelul elementelor componente cît și frecvența apariției lor la nivelul sistemului se poate efectua o "selectare" a căderilor în scopul normării activității de reparații.

Selectarea defectelor se va face în două etape:

- Selectarea unui număr de α subansamble și β tipuri de elemente din structura subansamblurilor la care vor fi simulate, în condiții de laborator sau pe standuri de probă, condițiile de funcționare ce vor apărea în sistemul real.
- Selectarea defectelor apărute la cele α subansamble și β tipuri de elemente în funcție de criteriile impuse inițial.

Durata medie de reparații este o mărime aleatoare care ține seama de structura elementelor componente.

Rezultatele experimentale (27,33,39) arată că cel mai frecvent duratele de reparație urmează o lege de repartiție log.normală pentru echipamente care au în structură lor subansamble cu specific electric și electronic sau o lege de repartiție exponențială, sau Gamma, pentru echipamente complexe care au în structura lor subansamble mecanice.

Expresia mentenabilității pentru un element de distribuție exponențială se poate scrie:

$$M(t) = 1 - e^{-\lambda_i t} \quad (3.56)$$

unde:

λ_i - numărul de reparații ce se pot efectua în unitatea de timp asupra unui element (subansamblu);

Pentru un echipament complex, care în structura sa are n elemente (subansamble) legate în serie, se poate scrie

pentru mentenabilitate relația:

$$M_g(t) = 1 - \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \lambda_i e^{-\lambda_i t} \quad (3.57)$$

unde:

λ_i - probabilitatea de defectare a elementului (subansamblului i ; ($i=1, 2, \dots, n$))

λ - probabilitatea de defectare a echipamentului complex

Media timpului de reparații (\bar{M}_R) se poate scrie:

$$\bar{M}_R = \int_0^{\infty} [1 - M_g(t)] dt = \int_0^{\infty} \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \lambda_i e^{-\lambda_i t} dt \quad (3.58)$$

Legea de distribuție log-normală - se utilizează în aprecierea mentenabilității, atunci când echipamentul complex are în structura sa subansamble cu grad de complexitate ridicat și diverse ca și concepție (echipamente electrice, electronice, mecanice).

Expresia mentenabilității, în acest caz este:

$$M_g(t) = 1 - \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \frac{1}{t} \cdot e^{-\frac{(\log t - \mu)^2}{2\sigma^2}} dt \quad (3.59)$$

Media timpului de reparație este dată de relația:

$$\bar{M}_R = \mu + 1,15 \sigma^2 \quad (3.60)$$

Distribuția duratelor intervalelor între două intervenții succesive ($g(t)$) pentru perioade de viață a sistemului este dată de relația (3.61)

$$g(t) = \frac{1}{t \cdot \sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\log t - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.61)$$

Numărul de reparații efectuate pentru un element se determină cu relația:

$$L(t) = \frac{g(t)}{1 - M(t)} \quad (3.62)$$

Mentenanța preventivă asigură menținerea fiabilității sistemului complex la nivelul performanțelor inițiale impuse. Aplicarea unui asemenea program ține seama de:

- fiabilitatea impusă sistemului
- gradul de complexitate al sistemului (structura sistemului, complexitatea elementelor componente).

Pe parcursul aplicării programelor de mentenanță preventivă pot fi detectate funcțiuni defecte fie că ele nu au fost anulate de utilizator, fie că **redondanța** subansamblelor din structura produsului permite asigurarea funcțiunii defecte și transmiterea ei de către un alt subsistem component. Efectuarea activităților din programul de mentenanță preventivă se poate realiza în afara intervențiilor de mentenanță corectivă pentru a evita apariția unui număr prea mare de căderi.

Eșalonarea operațiunilor de mentenanță preventivă ține seama de starea echipamentului. Se pot efectua aceste categorii de operații pe subansamble și piese care sînt în repaus sau funcționează cu intermitență. Prin aceasta se reduce durata timpului de imobilizare.

Reducerea duratei privitor la detectarea defectelor se poate realiza prin proiectarea și execuția dispozitivelor speciale de verificare. Dispozitivele pot viza apariția defectelor (nivele de uzură admisibile, apariția zonei de uzură catastrofală sau pot localiza defectul). Gradul de complexitate al dispozitivului ține seama de efectul datorat apariției defectului. Pentru produse complexe se concep dispozitive "căutătoare" de defecte, care au o activitate continuă, comandate de un sistem de comandă special destinat acestui scop. Utilizarea acestor echipamente fac posibilă obținerea unor produse cu performanțe controlabile.

Amplasarea programelor de mentenanță preventivă și corectivă trebuie corelată cu:

- nivelul tehnologic impus pentru realizarea produsului
- costul tehnologic ca element esențial în aprecierea eficienței economice pentru asimilarea produsului complex.

3.6. Necesitatea aprecierii mentenabilității echipamentelor complexe

Odată cu creșterea gradului de complexitate a produselor problema calității lor devine un obiectiv central. Realizarea unor produse de o calitate impusă la un nivel de eficiență ridicat, necesită un sistem de producție de calitate,

forță de muncă de o calitate superioară, elemente **intrări** livrate la un nivel de calitate cerut de tehnologia de fabricare, o tehnologie de fabricare capabilă să asigure parametri necesari realizării produsului respectiv. Ținând seama și de condițiile de exploatare la care este supus produsul o atenție deosebită trebuie acordată sistemului de întreținere și reparare a produselor.

Obiectivul final al oricărui sistem de mentenanță îl constituie menținerea unui coeficient de disponibilitate maxim posibil pentru produs. Pentru rezolvarea problemelor de mentenanță, strategia aplicată oferă două variante: întreținerea corectivă și întreținerea preventivă (4,44,46,65).

Întreținerea corectivă cuprinde activitățile de remediere și de înlocuire a pieselor uzate sau deteriorate, ambele activități se desfășoară cu ocazia producerii "căderii" sau apariției "defectului". Ea se mai întâlnește în literatură sub numele de "CORREMENT" (MENT-mentenanță, COR - corectivă).

Întreținerea preventivă - cuprinde activitățile destinate împiedicării apariției sau reducerii uzurilor, menținerii produsului în bună stare de funcționare, cu scopul de a evita întreruperile accidentale. Ea se mai întâlnește în literatură sub numele de "PREMENT" (MENT-mentenanță; PRE - preventivă).

Aplicarea uneia sau a ambelor tipuri de mentenanță se face funcție de gradul de complexitate al produsului și funcție de obiectivele urmărite.

Pentru produse la care disponibilitatea trebuie să atingă valoarea maximă ($D_{max} = 1$) un accent deosebit se pune pe mentenanță preventivă (prevenirea apariției "căderilor" prin aplicarea unui program de verificări și controale periodice fiind o componentă esențială a acestui tip de mentenanță).

Dacă pentru produs se admit valori mai reduse ale coeficientului de disponibilitate și cheltuielile datorate întreruperii în funcționare pot fi evidențiate se poate accepta un program de mentenanță corectivă. Grafic dinamica acestor categorii de cheltuieli se prezintă în figura 3.16. În figură se observă valoarea minimă a costului total al întreținerii corespunzătoare unui coeficient de disponibilitate optim (C_{optim}). Factorii care influențează eficiența activităților de întreținere și reparare au o dinamică aleatorie în timp și pot fi grupați în 3 categorii mari:

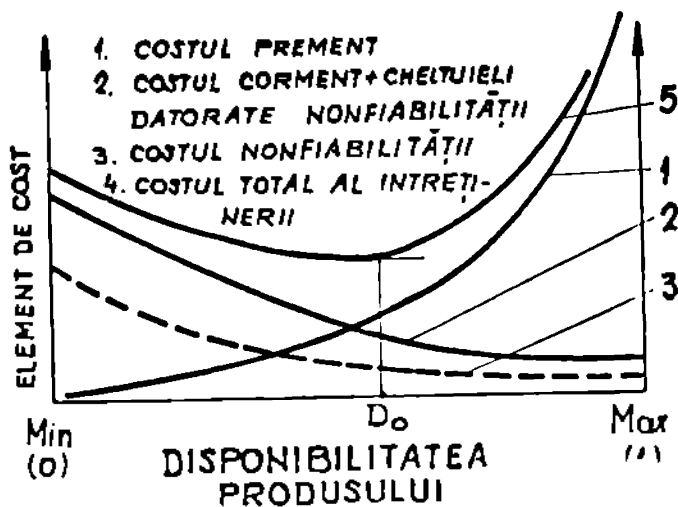


Fig. 3.16

-factori care țin seama de condițiile de exploatare reală, au fost prezentați matematic prin vectorul de stare $X(t)$.
 -factori care țin seama de caracteristicile tehnice ale produselor analizate au fost prezentate matematic prin vectorul de stare $Y(t)$;
 -factori care țin seama de caracteristicile și pregătirea tehnică a personalului de servire-

cuantificați matematic prin vectorul de stare $Z(t)$.

Eficiența economică a activităților de întreținere $E_B(t)$ a unui sistem se poate scrie cu relația:

$$E_B(t) = \mathcal{F} [X(t); Y(t); Z(t)] \quad (3.63)$$

Aplicarea măsurilor de mentenanță preventivă are un caracter contradictoriu; prin aplicarea lor se reduce frecvența apariției defecțiunilor accidentale (crește fiabilitatea sistemului), dar se pot produce diverse deteriorări nedorite ale echipamentelor supuse solicitărilor suplimentare sau se produc deteriorări ale echipamentului de verificare și control datorită solicitărilor suplimentare.

Deosebit de importantă este alegerea criteriului după care se face aprecierea eficienței economice a activităților de întreținere; criteriul ales poate fi: cheltuieli de întreținere totale (exprimate în fig. 3.16), beneficiul unitar realizat în urma utilizării sistemului, cheltuieli totale de fabricație ș.a. Alegerea criteriului depinde de condițiile inițiale impuse sistemului. La majoritatea sistemelor complexe se utilizează ca un criteriu sintetic de apreciere a mentenabilității sistemului intensitatea defecțiunilor (λ_{sist}) sau rata căderilor; el are o variație aleatorie în timp, deci se poate scrie sub forma $\lambda_{sist}(t)$; rata căderilor sistemului ține seama de defecțiunile accidentale ($\lambda_{acc}(t)$), defecțiunile datorate

uzurii elementelor componente ($\lambda_{uz}(t)$), de defecțiunile ce apar în urma efectuării reviziilor efectuate ($\lambda_{PR}(t)$) și defecțiunile datorate erorilor de reglare ale sistemului ($\lambda_R(t)$). La determinarea perioadei de timp (τ) între două intervenții **prement** se ține seama de rata medie a căderilor ($\lambda_{med}(t)$) ce se poate aprecia cu relația:

$$\lambda_{med}(t) = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \lambda_{sist}(t) dt \quad (3.64)$$

În relația de mai sus, admițând că legea de variație a apariției căderilor este exponențială, pentru $\lambda_{sist}(t)$ se poate scrie (3.65).

$$\lambda_{sist}(t) = \lambda_{acc}(t) + \lambda_{uz}(t) + \lambda_{PR}(t) + \lambda_R(t) \quad (3.65)$$

Soluția problemei minimumului se poate găsi pe cale grafică.

În concluzie se poate evidenția faptul că asigurarea disponibilității produselor complexe necesită, în etapa de exploatare a produsului:

- programe de mentenanță care să aibă în structure lor metodologii și sisteme de exploatare expuse clar și detaliat.
- sisteme de culegere și prelucrare a informațiilor legate de apariția căderilor corelate cu costul general al exploatării echipamentului.
- personal calificat pentru activități de întreținere, control și reparații în exploatarea curentă a sistemului complex.

Media timpului de reparații (\bar{m}_r) și numărul de reparații efectuate pentru un echipament complex constituie elementele de bază pentru întocmirea programului de întreținere preventivă și reparații a echipamentului complex. Dimensionarea compartimentelor specializate în activități de întreținere preventivă și reparații ține seama de indicatorii privind mentenabilitatea produselor complexe, de volumul anual al produselor complexe care necesită reparații.

O aplicație privind dimensionarea atelierelor de întreținere și reparație pentru echipamente complexe din domeniul utilajului minier o constituie dimensionarea Intreprinderii de Reparare Utilaj Minier Deva.

Proiectarea atelierelor: de maşini-unelte, montaj general, montaj instalaţii şi acţionări hidraulice, recondiţionări de piese şi subansamble recuperabile din cadrul Secţiei de reparaţii utilaje de mare capacitate; proiectarea atelierelor mecanic, sculărie şi metrologie din cadrul secţiei mecanic-şef, dimensionarea platformelor de depozitare utilaje şi laminate, dotările necesare pentru mijloace de ridicat şi transportat, au constituit obiective din tema de lucru a unui contract de cercetare ştiinţifică (87) rezolvate atât prin metode clasice, ţinând seama de capacităţile necesare fiecărei activităţi. Verificarea rezultatelor s-a făcut cu ajutorul calculatorului, utilizând un program pentru calculul şi dimensionarea compartimentelor de producţie.

C A P I T O L U L 4

DISPONIBILITATEA ECHIPAMENTELOR COMPLEXE

4.1. Considerații privind creșterea nivelului disponibilității echipamentelor complexe

Creșterea gradului de complexitate a produselor corelată cu creșterea gradului de diversificare a producției, necesită asigurarea unui nivel cât mai ridicat al disponibilității lor.

În scopul asigurării unei disponibilități sporite pentru echipamentele complexe, se impune calculul coeficientului de disponibilitate și a coeficientului de indisponibilitate pentru fiecare produs în parte. Calculul coeficienților se realizează numai pentru perioada de funcționare economică a produsului, perioadă în care rata de defectare este minimă.

Pentru produsele complexe și sistemele complexe de prelucrare (motoare Diesel navale, celule de fabricare robotizate) analiza nivelului disponibilității ține seama de: fiabilitatea produsului în exploatare cât și de mentenabilitatea acestuia, așa cum rezultă din figura 3.5.

Ambii parametri trebuie analizați ținând seama și de funcțiile pe care le are produsul complex sau sistemul.

Dacă se iau în considerare timpul mediu între două defectări și timpul mediu de nefuncționare ale unui produs complex (spre exemplu un robot), analiza celor două componente are în vedere modul în care sînt realizate funcțiunile cerute produsului.

Astfel, dacă robotul deservește instalații sau echipamente la care timpii operativi au valori la nivelul zecilor de minute sau chiar fracțiuni de oră (robotul deservește instalații de turnare, prelucrări mecanice grele, instalații pentru sudare, cordonne lungi) atunci valori de 3-5 % pentru timpii

de nefuncționare și pentru timpul mediu între două defectări de 400 - 600 ore de funcționare caracterizează o fiabilitate acceptată de beneficiarii produselor complexe.

Dacă robotul este solicitat intens (în procese de servire, locuri de muncă de ștanțare, matrițare, îndoire) pentru timpii de nefuncționare se admit valori maxime de 1%; mai mult asigurarea unei fiabilități maxime posibile se realizează fie prin legarea în paralel a componentelor solicitate la valoarea critică sau chiar prin implantarea de echipamente de rezervă, dacă tehnologia de fabricare solicită acest lucru (42).

Aprecierea timpilor medii de bună funcționare trebuie să țină seama și de costurile necesare asigurării funcționării componentelor incluse în structura produsului. O fiabilitate prea ridicată a produsului complex față de cerințele de ansamblu ale sistemului implică elemente de cost prohibitive datorită structurii prea complexe a produsului și datorită necesității de a instrui personalul de supraveghere și control suplimentar, față de cerințele sistemului. O fiabilitate prea scăzută a produsului față de cerințele sistemului face ca timpul de întreruperi să crească în pondere în raport cu timpul total de funcționare.

Pentru un anumit timp mediu de întreruperi, volumul total al timpului de nefuncționare depinde în mare măsură de modul de organizare a sistemului de întreținere. Organizarea sistemului de întreținere va ține seama de:

- Regimul de lucru impus sistemului de prelucrare
- Numărul de produse complexe pentru care se asigură activitățile de mentenanță preventivă și corectivă
- Mărimile lotului de piese pe schimb disponibil precum și structura lotului de piese de schimb
- Informațiile privind structura și frecvența apariției întreruperilor, în perioadele de timp anterioare de funcționare a sistemului.

Pe baza acestor informații se vor întocmi programe de diagnoză și intervenție rapidă, prin care se realizează reducerea timpilor de întreruperi.

- Calificarea personalului ocupat cu întreținerea și repararea produselor complexe.

O analiză comparativă a cheltuielilor de producție privind tehnologia clasică și tehnologia asistată de robot, evidențiază o sporire a cheltuielilor fixe de la 23,4% la 51,1%.

În structura acestor cheltuieli o pondere de circa 50% o reprezintă cheltuielile pentru amortizarea robotului, care descrește sistemul de prelucrare. Această creștere a cheltuielilor fixe se va compensa prin creșterea indicelui de disponibilitate a echipamentului în primul rând. Concret, acest lucru se poate realiza, realizarea prin echipamente fiabile și prin elaborarea unor programe de mentenanță adecvate.

4.2. Metode matematice utilizate la elaborarea unui program de mentenabilitate preventivă pentru echipamente complexe.

Pentru produsele de mare complexitate este necesară organizarea activității de mentenanță preventivă astfel încât cu minimum de cheltuieli să se poată efectua activitățile de întreținere și reparație.

Pentru cazul motoarelor Diesel de mare putere care echipază nave oceanice este necesară amplasarea unor stații în zonele de intensă circulație maritimă. În cadrul stației se pot efectua atât verificări și reglaje conform programului de mentenanță preventivă, cât și reparații curente specifice mentenabilității corective. În cazul în care stația are în dotare un singur doc pentru activități de depanare, (caz real ce ține seama de cheltuielile necesare pentru amplasarea unui asemenea stații) se pune problema exploatarea rațională a stației în condiții economice avantajoase; determinarea numărului mediu de echipamente ce poate fi servit într-un interval de timp N_m se poate determina în următoarele condiții:

- Stația va deservi un număr de N nave oceanice aflate în zonă
- Unele din motoarele navelor vor necesita activități de mentenanță preventivă și corectivă. Numărul mediu al motoarelor defectate în timp t notăm cu X
- Duratele reparațiilor sînt variabile aleatoare independente, urmînd o repartiție exponențială negativă de parametru λ .

Numărul de motoare care necesită intervenții

de mentenanță la momentul $t \geq 0$ poate fi considerat un parametru pe care-l notăm cu $P_j(t)$

Analizând modificările ce pot avea loc în sistemul de așteptare în intervalul de timp $(t; t + \Delta t)$ ($\Delta t > 0$) se poate scrie pentru fiecare navă probabilitatea de a i se efectua activitățile prevăzute în programul de mentenanță cu sistemul (4.1)

$$\begin{aligned}
 P_0(t + \Delta t) &= P_0(t) [1 - N \cdot \lambda \cdot \Delta t + P_1(t) \cdot \mu \cdot \Delta t + O(\Delta t) - \\
 P_1(t + \Delta t) &= P_1(t) \left\{ 1 - [(N - j) \cdot \lambda + \mu] \Delta t \right\} + P_{j+1}(t) \cdot \mu \cdot \Delta t + \\
 P_{j-1}(t) [N - (j-1)] \lambda \cdot \Delta t + O(\Delta t); & j = 1, 2, \dots, N-1 \quad (4.1) \\
 P_N(t + \Delta t) &= P_N(t) (1 - \mu \Delta t) + P_{N-1}(t) \cdot \mu \cdot \Delta t + O(\Delta t)
 \end{aligned}$$

Pentru a determina optimul activităților, se efectuează $\frac{dP(t)}{dt}$, rezultînd sistemul (4.2)

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -N \cdot \lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned}
 \frac{dP_j(t)}{dt} &= -[(N-j)\lambda + \mu] P_j(t) + \mu P_{j+1}(t) + (N-j+1) \cdot \lambda P_{j-1}(t) + \\
 &+ P_{j+1}(t) \quad j = 1, 2, \dots, N-1
 \end{aligned}$$

$$\frac{dP_N(t)}{dt} = -\mu P_N(t) + \lambda P_{N-1}(t)$$

Pentru cazul real ($\frac{dP}{dt}$), sistemul de ecuații devine:

$$\begin{aligned}
 N \cdot \lambda \cdot P_0 &= \mu P_1 \\
 [(N-j)\lambda + \mu] P_j &= (N-j+1) P_{j-1} + \mu P_{j+1} \quad (4.3)
 \end{aligned}$$

unde $j = 1, 2, \dots, N-1$

$$\mu P_N = \lambda P_{N-1}$$

În sistem s-a considerat pentru p_j :

$$p_j = \lim_{t \rightarrow \infty} p_j(t); \quad j = 1, 2, 3, \dots, N$$

Din ecuația a doua a sistemului (4.3) se poate determina formula de recurență

$$p_j = \frac{(N-j+1)\lambda p_{j-1} + \mu p_{j+1}}{(N-j)\lambda + \mu} = (N-j+1) \frac{\lambda}{\mu} p_{j-1}$$

sau

$$p_j = (N-j+1) \cdot \rho \cdot p_{j-1} \quad (4.4) \quad \text{unde} \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Cu relația (4.4) se poate determina soluția unică a sistemului precedent:

$$p_j = \frac{N! \rho^j}{(N-j)!} p_0 \quad j = 0, 1, \dots, N \quad (4.5)$$

Tinând seama că suma probabilităților de reparare a tuturor navelor este dată de relația:

$$\sum_{i=0}^N p_i = 1$$

Probabilitatea de reparare a primei nave este:

$$p_0 = \left[1 + \sum_{j=1}^N \frac{N! \cdot \rho^j}{(N-j)!} \right]^{-1} \quad (4.6)$$

Numărul mediu de nave ce poate fi deservit de stație este dat de relația (4.7):

$$\bar{N}_m = \sum_{j=1}^N j p_j = \sum_{j=1}^N j \frac{N! \rho^j}{(N-j)!} \left[1 + \sum_{j=1}^N \frac{N! \rho^j}{(N-j)!} \right]^{-1} \quad (4.7)$$

sau dezvoltând (4.7) se obține:

$$\bar{N}_m = \frac{\frac{N! \rho^N}{0!} + \frac{N-1}{1} \frac{N-1}{1} + \dots + \frac{1}{(N-1)!} \rho}{\frac{1}{0!} \rho^N + \frac{1}{1!} \rho^{N-1} + \dots + \frac{1}{(N-1)!} \rho + \frac{1}{N}} = N + \alpha \quad (4.8)$$

Din relația (4.8) se observă că gradul polinoamelor de la numărător și numitor este același; egalând polinoamele

le, putem determina coeficientul α ;

$$\frac{1}{0!} \rho^N + \frac{N-1}{1!} \rho^{N-1} + \dots + \frac{1}{(N-1)!} \rho = \left(\frac{1}{0!} \rho^N + \frac{1}{1!} \rho^{N-1} + \dots + \frac{1}{(N-1)!} \rho + \frac{1}{N!} \right) (N + \alpha)$$

dar:

$$\frac{\rho^N}{0!} + \frac{\rho^{N-1}}{1!} + \dots + \frac{\rho}{(N-1)!} + \frac{1}{N!} = \frac{1}{N! p_0}$$

Pentru α se poate scrie:

$$\alpha = -p_0 \sum_{j=1}^N \frac{N! \rho^{j-1}}{(N-j)!} = -\frac{1}{\rho} p_0 \sum_{j=1}^N \frac{N! \cdot \rho^j}{(N-j)!} = -\frac{1}{\rho} (1-p_0)$$

(4.9)

Introducînd (4.9) în (4.8) se obține pentru \bar{N}_m :

$$\bar{N}_m = N - \frac{1}{\rho} (1-p_0) \quad (4.10)$$

în care p_0 este dat de relația (4.6) și $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

Numărul mediu de nave care așteaptă să fie deservite este \bar{N}_m^* dat de relația (4.11):

$$\bar{N}_m^* = \sum_{j=2}^N (j-1) p_j = \sum_{j=1}^N j p_j - \sum_{j=1}^N p_j = \bar{N}_m - (1-p_0) \quad (4.11)$$

Sau utilizînd relația (4.10) și efectuînd calculele:

$$\bar{N}_m^* = N - \frac{1+\rho}{\rho} (1-p_0) \quad (4.12)$$

Valoarea medie a timpului de așteptare a stației datorită lipsei de nave pentru a fi deservite (\bar{T}_0) este:

Numărul mediu de nave care sînt momentan în situație pentru a fi deservite este:

$$N - \bar{N}_m = \frac{1}{\bar{p}} (1 - p_0) \quad (4.14)$$

Probabilitatea ca o navă care necesită intervenții de mentenanță să aștepte un timp $p(t_{as})$ pentru a putea intra pe doc este dată de relația (4.15)

$$p(t_{as} > 0) = \sum_{j=1}^N p_j = 1 - p_0 \quad (4.15)$$

Timpul mediu de așteptare a unei nave din momentul în care a fost programată pentru intervenția de mentenanță ($\bar{T}_{(as)}$) este:

$$\bar{T}_{(as)} = \frac{\bar{N}_m}{\lambda (N - \bar{N}_m)} = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{N}{1 - p_0} + \frac{1}{\bar{p}} \right) \quad (4.16)$$

Aprecierea costului unei stații se face ținînd seama de numărul navelor, programul de lucru al acestora, de programul de mentenanță corectivă și preventivă al fiecărui motor de pe navă și în funcție de durata unei intervenții.

4.3. Considerente privind elaborarea unui program cadru pentru mentenanța preventivă a motoarelor Diesel de mare putere

Asigurarea mentenanței preventive pentru sistemele care necesită un coeficient de siguranță ridicat (motoare Diesel, roboți industriali, celule de fabricație etc) se realizează de obicei printr-un program de întreținere și reparații. Întocmirea programului se realizează în funcție de condițiile concrete de funcționare a sistemului complex. Spre exemplu programul de mentenanță preventivă a motoarelor montate pe nave trebuie conceput astfel încît: să poată fi efectuat de un personal cu o calificare mai redusă (medie) și lucrările de unvergură (care necesită oprirea motorului) să poată fi executate în porturi sau în dane special amenajate în acest scop.

La nave maritime datorită duratelor tot mai

reduse de ancorare în dane sau porturi și datorită reducerii numerice a echipajului de bord se impune o programare rațională a lucrărilor, astfel încât timpul afectat acestor activități să fie redus la minim (21,69,84,85).

Un program de mentenanță preventivă se referă la următoarele aspecte:

- Felul activităților și durata acestora
- Numărul de ore de funcționare după care se efectuează fiecare activitate
- Condițiile de funcționare ale echipamentului
- SDV-uri universale și speciale utilizate pentru activitatea de pusă; codificarea SDV-urilor, pentru a fi ușor selectate pentru o anumită operație - constituie o condiție ce trebuie respectată încă de la proiectarea programului

Aceste aspecte constituie prima parte a unui program de mentenanță preventivă.

Partea a doua a programului conține:

- Descrierea succesiunii lucrărilor specifice fiecărei activități
- Piese de schimb necesare efectuării activității respective
- Descrierea, în detaliu, a condițiilor în care se vor desfășura verificările și reglajele, precum și modul în care se vor utiliza piesele de schimb. Demontarea, montarea și reglajul pieselor sau subansamblelor deteriorate, sau care nu mai funcționează în condiții normale nu constituie componente ale mentenanței corective ci componente ale mentenanței preventive.

În program se vor prevedea în mod deosebit lucrările de protecția muncii, succesiunea lor, durata lor. Programul de mentenanță preventivă se referă la ansamblul activităților ce se desfășoară în scopul: depistării, remedierii sau înlocuirii subansamblului sau a reperului căzut.

Instrucțiunile de aplicare a programului vor fi prezentate pe fișe special concepute, care se vor proteja împotriva utilizării excesive și împotriva acțiunii condițiilor de mediu.

La întocmirea programului de mentenanță preventivă se va face specificația că motoarele de pe nave se pot utiliza în două regimuri:

- Regimuri de funcționare avantajoase - constituite din încărcare omogenă (variații mici de încărcare) într-un do-

menu cuprins între 60% - 90% din sarcina maximă; utilizarea combustibililor și a uleiurilor de calitate prescrisă de proiectantul motorului; menținerea temperaturii de lucru optime pentru ulei, lichidul de răcire și pentru aer;

- Regimuri de funcționare dezavantajoase - constituite din funcționare neîntreruptă la sarcină maximă sau la valori deosebit de reduse ale acesteia; variații dese ale sarcinii în timp; temperaturi prea coborâte sau prea ridicate ale uleiului, lichidului de răcire - ungere și a aerului pe parcursul traseului urmat de navă; neefectuarea reparațiilor la timp și funcționarea motorului cu mici avarii.

Se vor prezenta activitățile cu caracter obligatoriu pentru definirea unui program de mentenanță preventivă pentru motoare Diesel lente montate pe nave maritime. Activitățile prezentate pot constitui un program îndrumător pentru întocmirea concretă a unui program de mentenanță preventivă pentru orice tip de motor Diesel.

Înainte începerii lucrărilor de mentenanță toate conductele vor fi scoase de sub presiune, operație controlabilă cu manometre de presiune amplasate pe conductele de presiune sau prin deșurubarea capacelor și a racordurilor conductelor.

Lucrările de mentenanță la mecanismele de acționare (transmisii) sau la orice alte părți mobile se vor efectua numai cu supapele de siguranță deschise.

După efectuarea reviziilor și reparațiilor se va controla starea capacelor și a supapelor de siguranță și se vor închide toate conductele demontate, îndeosebi cele pentru combustibil, ulei de ungere și aer; conductele noi ce se vor monta se vor controla din punctul de vedere al curățeniei lor.

Curățirea motorului se face cu motorină sau benzină.

Uscarea pieselor curățate se face cu aer comprimat.

Lucrările de reparații se vor executa imediat ce s-a constatat apariția unei avarii cât de mici, deoarece neglijarea acestor mici defecte poate duce la căderea întregului motor.

După efectuarea reparațiilor se vor verifica în mod deosebit piesele noi, montate și se va urmări modul lor de

comportare în primele ore de funcționare. Înainte de pornirea propriu-zisă a motorului, cu câteva ore, se pornește pompa de ulei, pentru ca tot uleiul să fie vehiculat prin filtrul decantor.

Se scot apoi filtrele, se curăță, se montează și numai după aceea se pornește motorul.

În camera motoarelor există un pronunțat pericol de incendiu. De acest considerent trebuie ținut seama când se execută lucrări de sudare. (Conductele de combustibil vor fi bine izolate și sistemele de stingerea incendiului vor fi puse în stare de alarmare).

Demontarea pieselor agabaritice, sau de mari dimensiuni se va analiza numai cu sistemele de ridicare montate pe vas în funcționare.

În continuare se prezintă sub formă de tabel, activitățile frecvente care se execută pentru mentenanța preventivă:

Tabelul 4.1

| Nr. de ordine al act. | Partea din motor afectată de lucrare | Descrierea activității | Obs. |
|-----------------------|--------------------------------------|--|------|
| 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1. | Fundatia | <u>CONTROL.</u> Îmbinările cu șurub, laturile pieselor de prindere a motorului de fundație se inspectează prin lovire cu ciocanul, după fiecare cursă, după o perioadă de timp nefavorabilă, după o coliziune sau după ce nava a atins cu partea inferioară solul. | |
| 2. | Elemente de fixare ale motorului | <u>CONTROL.</u> Se controlează îmbinările prin șuruburi prin lovire cu ciocanul (excepție fac șuruburile conductelor de alimentare cu combustibil) | |
| 7. | Cutia de viteze | Control vizual de ansamblu | |
| 8. | Cutia de viteze | Verificarea brațului manivelă principal al cutiei de viteze | |
| 9. | Cutia de viteze | Verificarea așezării corecte, prin lovire, a șuruburilor cuplajelor | |
| 10. | Lagărul principal al arborelui cotit | Se controlează prin lovire jocul în lagăr și poziția corectă a șuruburilor lagărului | |
| 15. | Angrenaj dințat al pompei de ulei | Se schimbă uleiul | |

CONTINUARE Tabelul 4.1

| 0 | 1 | 2 | 3 |
|---------------------------------|--|--|---|
| 22. | Lagărele bielei | Se controlează jocul în lagăre și îmbinările cu șuruburi | |
| 23. | Lagărele bielei | Se controlează jocul în lagărele bieletei pentru motoarele cu cilindri în V | |
| 24. | Lagărele bielei | Se controlează, se demontează și se controlează șuruburile lagărului demontate precum și starea lagărului | |
| 25. | Lagărele bielei | Se controlează fusul oscilant, dacă motorul este cu cilindri în V | |
| 28. | Pistoane | Se controlează demontează și montează 2 buc.pistoane, se curăță segmentii, se controlează dimensional segmentii și se măsoară alezajul bolțului | |
| 33. 34. 35. 36. 37. | Cămeșa cilindrului | Se măsoară cele două cămăși ale cilindrilor din punct de vedere al preciziei dimensionale și se determină gradul de uzură; se demontează cele două cămăși de cilindru, se inspectează și se curăță, după aceea se montează la loc cămășile | |
| 38. | Chiuloasă cilindru | Se demontează și se montează 2 chiuloase se curăță și se controlează dimensional | |
| 39. | | Demontarea și curățirea tuturor chiuloaselor, curățirea și controlul lor dimensional | |
| 40. 41. | Supapa de siguranță din chiuloasă | Controlul stării supapei; demontarea ventilulelor, curățirea lor, controlarea presiunii de acționare a resortului | |
| 42. | Supapa de siguranță din corpul motorului | Controlarea ventilulelor din punct de vedere al unei ușoare funcționări | |
| 43. | Ventilul de siguranță al mecanismului de distribuție | Controlarea ventilului din punct de vedere al unei ușoare funcționări | |
| 44. 45. (46) | Mecanismul de distribuție | Controlul vizual al tuturor pieselor componente (roți, dințate, lagăre, îmbinări prin șuruburi); măsurarea jocului în lagăre și la angrenare. Controlarea cuplajului cu arc cu manșon (în cazul în care acesta există) | |
| 47. 48. 49. | Lagărele arborelui cu came | Controlarea prin lovire ușoară a jocului din lagăre și a șuruburilor lagărului Demontarea și montarea a două lagăre (la motorul în V la fiecare rând de 2 cilindri) și controlarea suprafeței de rulare Demontarea și montarea tuturor lagărelor și controlarea suprafețelor de rulare | |

CONTINUARE Tabelul 4.1

| 0 | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------|--|--|---|
| 77. 78. | Sertarul de distribuție al comenzii de acționare | Controlul din punct de vedere al unei uşoare funcționări Demontarea tuturor sectoarelor de distribuție, curățirea lor și eventual repararea lor | |
| 79. 80. | Supapă de pornire | Controlul etanșeității Demontarea și montarea tururilor supapelor și repararea lor | |
| 81. 82. | Supapă principală de pornire | Controlul din punct de vedere al unei uşoare funcționări Demontarea supapei, curățirea ei și eventual repararea ei. | |
| 83. 84. 85. 86. | Pompă de injecție | Control funcționare al timoneriei de reglare Control vizual al stării șuruburilor, camelor pentru injecție, rozelor de acționare și al ghidajelor. Demontarea pompei, montarea ei cu întreaga timonerie, controlul funcționării timoneriei Demontarea și montarea pompelor anexe motorului, curățirea și controlul funcționării lor | |
| 87. 88. 89. | Injectorul | Demontarea și montarea tururilor supapelor, controlul presiunii de deschidere a supapelor și controlul configurației jetului de lichid. Demontarea și montarea tuturor supapelor, curățirea și repararea lor Controlul presiunii de deschidere și a configurației jetului de lichid | |
| 90. 91. | Conductă de aer | Controlul stării supapei pentru apa condensată Curățirea completă a conductelor transportul apei condensate | |
| 92. | Conductă pentru gazele de evacuare | Controlul vizual al etanșeității îmbinărilor cu flanșe | |

Din prezentarea celor 92 activități de control din programul de mai sus se observă că 52% sînt activități doar de control, control vizual sau verificare (inspecție), 39% sînt activități de demontare, montare a diverse subansamble anexe ale motorului, 8% sînt activități de schimbare a ulciului, a unsozii consistente și diferite activități anexă. Prin această esalonare a activităților prin programarea lor precisă se urmărește de fapt ca operatorul să-și încerce tehnica de verificare și control pe parcursul deplasării navei,

Activitățile prezentate în tabelul 4.1 constituie

de fapt componente de bază ce se regăsesc în programul de mentenanță corectivă. Astfel pentru fiecare tip de reparație (reparație curentă de gradul 1, de gradul 2 sau capitală) efectuate pentru un motor Diesel se regăsesc cele 68 de activități așa cum este redată situația din tabelul 4.2.

Menționăm că în tabelul 4.1 și tabelul 4.2 au fost selectate numai activități strict legate de motorul navei și anexele principale care condiționează buna lor funcționare.

Tabelul 4.2

| <i>Numărul operației executate în cadrul reparației</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|--|------------|------------|------------|--|------------|------------|------------|--|------------|------------|------------|
| <i>RK - la fiecare 30.000 km parcurși</i> | | | | <i>RC1 - la fiecare 10.000 km parcurși</i> | | | | <i>RC2 - la fiecare 5000 km parcurși</i> | | | | <i>Lucrări ce se întâlnesc în toate tipurile de rep.</i> | | | |
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>4</i> | <i>6</i> | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>4</i> | <i>6</i> | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>5</i> | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>7</i> | <i>8</i> |
| <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>15</i> | <i>17</i> |
| <i>11</i> | <i>13</i> | <i>15</i> | <i>16</i> | <i>11</i> | <i>15</i> | <i>16</i> | <i>17</i> | <i>12</i> | <i>15</i> | <i>16</i> | <i>17</i> | <i>22</i> | <i>23</i> | <i>42</i> | <i>43</i> |
| <i>17</i> | <i>18</i> | <i>19</i> | <i>20</i> | <i>18</i> | <i>19</i> | <i>22</i> | <i>23</i> | <i>22</i> | <i>23</i> | <i>24</i> | <i>25</i> | <i>44</i> | <i>45</i> | <i>46</i> | <i>47</i> |
| <i>22</i> | <i>23</i> | <i>26</i> | <i>29</i> | <i>26</i> | <i>29</i> | <i>30</i> | <i>34</i> | <i>28</i> | <i>33</i> | <i>38</i> | <i>42</i> | <i>50</i> | <i>51</i> | <i>54</i> | <i>55</i> |
| <i>30</i> | <i>34</i> | <i>35</i> | <i>39</i> | <i>35</i> | <i>39</i> | <i>42</i> | <i>43</i> | <i>43</i> | <i>44</i> | <i>45</i> | <i>46</i> | <i>57</i> | <i>58</i> | <i>66</i> | <i>67</i> |
| <i>40</i> | <i>42</i> | <i>43</i> | <i>44</i> | <i>44</i> | <i>45</i> | <i>46</i> | <i>47</i> | <i>47</i> | <i>50</i> | <i>51</i> | <i>54</i> | <i>68</i> | <i>72</i> | <i>73</i> | <i>74</i> |
| <i>45</i> | <i>46</i> | <i>47</i> | <i>49</i> | <i>50</i> | <i>51</i> | <i>52</i> | <i>54</i> | <i>55</i> | <i>57</i> | <i>58</i> | <i>59</i> | <i>77</i> | <i>78</i> | <i>79</i> | <i>81</i> |
| <i>50</i> | <i>51</i> | <i>52</i> | <i>54</i> | <i>55</i> | <i>57</i> | <i>58</i> | <i>60</i> | <i>60</i> | <i>62</i> | <i>64</i> | <i>66</i> | <i>82</i> | <i>83</i> | <i>84</i> | <i>88</i> |
| <i>55</i> | <i>57</i> | <i>58</i> | <i>60</i> | <i>62</i> | <i>64</i> | <i>66</i> | <i>67</i> | <i>67</i> | <i>68</i> | <i>69</i> | <i>72</i> | <i>90</i> | <i>92</i> | <i>96</i> | <i>97</i> |
| <i>62</i> | <i>65</i> | <i>66</i> | <i>67</i> | <i>68</i> | <i>69</i> | <i>72</i> | <i>73</i> | <i>73</i> | <i>74</i> | <i>77</i> | <i>78</i> | <i>98</i> | <i>99</i> | <i>100</i> | <i>102</i> |
| <i>68</i> | <i>70</i> | <i>72</i> | <i>73</i> | <i>74</i> | <i>75</i> | <i>77</i> | <i>78</i> | <i>79</i> | <i>81</i> | <i>82</i> | <i>83</i> | <i>103</i> | <i>107</i> | <i>108</i> | <i>109</i> |
| <i>74</i> | <i>75</i> | <i>76</i> | <i>77</i> | <i>79</i> | <i>80</i> | <i>81</i> | <i>82</i> | <i>84</i> | <i>85</i> | <i>88</i> | <i>90</i> | <i>110</i> | <i>112</i> | <i>113</i> | <i>114</i> |
| <i>78</i> | <i>79</i> | <i>80</i> | <i>81</i> | <i>83</i> | <i>84</i> | <i>85</i> | <i>88</i> | <i>92</i> | <i>96</i> | <i>97</i> | <i>98</i> | <i>122</i> | <i>123</i> | <i>124</i> | <i>125</i> |
| <i>82</i> | <i>83</i> | <i>84</i> | <i>86</i> | <i>90</i> | <i>92</i> | <i>95</i> | <i>96</i> | <i>99</i> | <i>100</i> | <i>102</i> | <i>103</i> | <i>126</i> | <i>128</i> | <i>129</i> | <i>130</i> |
| <i>88</i> | <i>90</i> | <i>91</i> | <i>92</i> | <i>97</i> | <i>98</i> | <i>99</i> | <i>100</i> | <i>107</i> | <i>108</i> | <i>109</i> | <i>110</i> | <i>131</i> | <i>133</i> | <i>134</i> | <i>141</i> |
| <i>93</i> | <i>95</i> | <i>96</i> | <i>97</i> | <i>102</i> | <i>103</i> | <i>107</i> | <i>108</i> | <i>112</i> | <i>113</i> | <i>114</i> | <i>122</i> | <i>142</i> | <i>145</i> | <i>148</i> | - |
| <i>98</i> | <i>99</i> | <i>100</i> | <i>102</i> | <i>109</i> | <i>110</i> | <i>112</i> | <i>113</i> | <i>123</i> | <i>124</i> | <i>125</i> | <i>126</i> | | | | |
| <i>103</i> | <i>107</i> | <i>108</i> | <i>109</i> | <i>114</i> | - | - | <i>122</i> | <i>128</i> | <i>129</i> | <i>130</i> | <i>131</i> | | | | |
| <i>110</i> | <i>112</i> | <i>113</i> | <i>114</i> | <i>123</i> | <i>124</i> | <i>125</i> | <i>126</i> | <i>133</i> | <i>134</i> | <i>141</i> | <i>142</i> | | | | |
| <i>122</i> | <i>123</i> | <i>124</i> | <i>125</i> | <i>128</i> | <i>129</i> | <i>130</i> | <i>131</i> | <i>145</i> | <i>148</i> | - | - | | | | |
| <i>126</i> | <i>128</i> | <i>129</i> | <i>130</i> | <i>133</i> | <i>134</i> | <i>141</i> | <i>142</i> | | | | | | | | |
| <i>131</i> | <i>133</i> | <i>134</i> | <i>141</i> | <i>145</i> | <i>148</i> | - | - | | | | | | | | |

C A P I T O L U L 5

DISPONIBILITATEA SISTEMELOR DE PRELUCRARE COMPLEXE

5.1. Aspecte privind fiabilitatea celulelor de fabricație

O formă de organizare a structurii de fabricație diversificată, care prezintă un grad de flexibilitate sporit, atunci când este vorba de prelucrarea unor sarcini de producție variabile, o constituie celula de fabricație (66).

Celula se organizează în jurul uneia, sau a unui grup de mașini unelte de bază, în jurul cărora sînt instalate mașini unelte și dispozitive auxiliare. Deservirea echipamentelor, în cadrul celulei se poate realiza manual de către operatori; sau *automat* utilizînd manipuloare și roboți.

Pentru ca activitatea celulei să se desfășoare în condiții optime, se impune o dotare cu SDV-uri speciale necesare majorității tipurilor de prelucrare utilizate în celulă. Determinarea fiabilității celulei de fabricație ține seama de următoarele aspecte:

- Fiabilitatea elementelor componente ale celulei (mașini unelte, SDV-uri speciale, manipuloare, roboți, dispozitive de diverse tipuri).
- Modul în care elementele componente deservesc celula, respectiv modul în care ele răspund sarcinilor de producție impuse celulei;
- Modul în care se realizează deservirea locurilor de muncă din cadrul celulei. Aici trebuie avut în vedere importanța duratei timpilor de staționare a echipamentelor, precum și tariful orar de funcționare pentru fiecare mașină uneltă sau echipament din grupă;
- În structura celulelor de fabricare intră cu o pondere deosebită (50-90%) în totalul utilajelor, mașini-unelte și dispozitive speciale de prelucrare; ca urmare analiza fiabilității celulelor trebuie să țină seama de fiabilitatea acestor componente în

primul rînd. Nivelul solicitărilor la care sînt supuse echipamentele este constant în raport cu sarcina de producție.

Pe de altă parte echipamentele și dispozitivele care deservesc celula și care asigură transportul și manipularea pieselor la nivelul celulei, deși au o pondere redusă ca număr, din punct de vedere al solicitărilor, sînt intens solicitate.

Afirmația are în vedere faptul că pentru a prelucra complet o piesă de tip "arbore", într-o celulă robotizată, din totalul activităților 7,6% reprezintă activități propriu-zise de prelucrare mecanică, 3,8% reprezintă manipulări pe dispozitive de alimentare evacuare și 88,6% reprezintă activități de transport, poziționare, deșprindere realizate de robot. Pentru prelucrarea pieselor cu grad de complexitate ridicat, care necesită și activități de montaj din totalul activităților, circa 87% reprezintă activități de transport, poziționare, deșprindere, realizate de robot, circa 7,2% reprezintă activități de prelucrări mecanice propriu-zise și circa 6% reprezintă activități de manipulare pe dispozitive special concepute (32).

Tinînd seama de considerentele prezentate rezultă că pentru a aprecia fiabilitatea unei celule se va ține seama de fiabilitatea fiecărei componente indiferent de sarcinile pe care ea le are în procesul de fabricare.

Pentru a putea realiza celule de fabricație fiabile încă din faza de proiectare se impune, ca o necesitate obiectivă, respectarea cîtorva considerente (24,41).

- Alegerea corectă a tehnologiei de fabricare a procesului pentru care se va realiza celula de fabricație;
- Alegerea unor echipamente (mașini unelte) adecvate procesului tehnologic propus. Totodată este necesară alegerea unor mașini unelte care să aibă o fiabilitate comparabilă la nivelul celulei
- Alegerea unor scule care să corespundă regimului de lucru impus din proiectarea tehnologică
- Proiectarea dispozitivelor de manipulare și a SDV-urilor se va realiza în concordanță cu procesul tehnologic impus
- Elaborarea unui program de mentenanță preventivă pentru fiecare element component al celulei de fabricare și urmărirea respectării acestui program de mentenanță preventivă, pentru reducerea numărului de întreruperi accidentale.

5.2. Structura celulei de fabricație a arborilor motoarelor electrice deservite de robotul REMT

Pentru realizarea unei linii de montaj flexibile care să poată realiza fabricația motoarelor electrice colectivul de cadre didactice condus de tov.prof.dr.ing.Francis Kovacs a propus proiectarea și realizarea unui număr de 3 celule tehnologice deservite de roboți din familia REMT (82).

- Celula I - destinată prelucrării integrale a arborilor motoarelor electrice.
- Celula II - destinată confecționării rotoarelor motoarelor electrice - faza etanșare.
- Celula III - destinată finisării și echilibrării rotoarelor motoarelor electrice.

Prima celulă este deservită de robotul cu sarcina de manipulare maximă 630N.

Componența celulei este dată în figura 5.1.

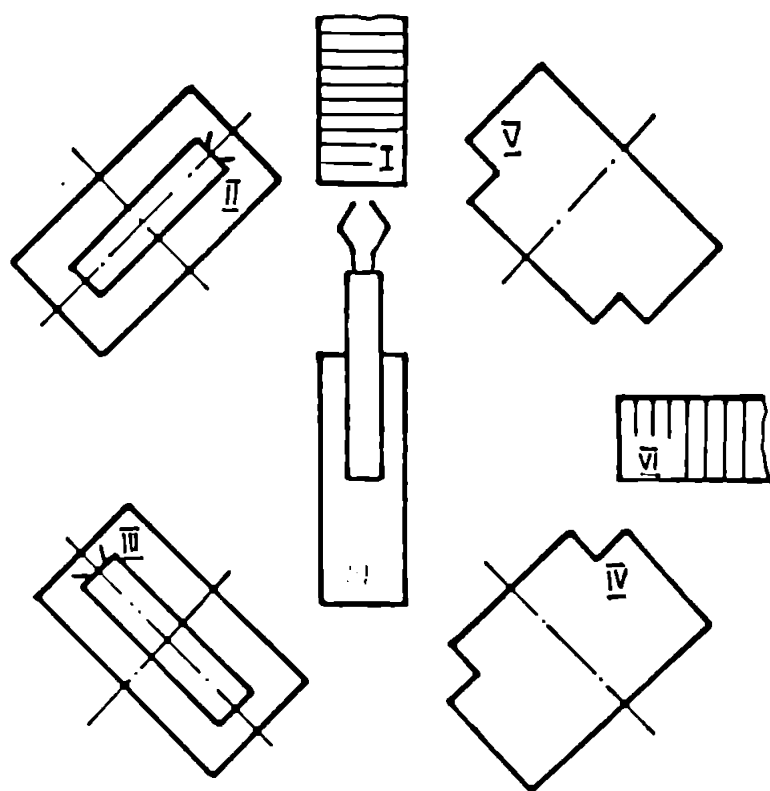


Fig.5.1.

Ea are următoarea structură:

I. Dispozitiv de acumulare și alimentare cu semifabricate.

II, III - Strung de copiat tip Nilles-DS2N - 2 buc.

IV, V - Mașină de frezat vertical tip FSS 400 - 2buc.

VI - Dispozitiv de evacuarea și alimentare pentru celula II.

VII - Robot REMT-1.

Fiecare strung efectuează în întregime operația de

strunjire a arborilor prin copiere; una din freze (V) prelucurează canalul de pană pentru pachetul rotoric; a doua freză (VI) execută canalul de pană de la capătul arborelui.

Analizând raportul duratelor operațiilor se constată că operațiile de strunjire sînt duble (ca durată) comparativ cu celelalte operații, motiv pentru care s-au adoptat strunguri de copiat pentru operațiile de strunjire.

2 In cadrul celulei se pot prelucra 8 tipuri de arbori pentru motoarele electrice, de diverse tipo-dimensiuni, pentru gabaritele 5-8; se poate asigura o producție de circa 900 buc. în regim de 3 schimburi a 8 ore fiecare.

5.3. Determinarea fiabilității precalculate și a disponibilității celulei de fabricație a arborilor motoarelor electrice deservită de robotul REMT.

5.3.1. Metodologia utilizată.

Schema bloc a conexiunilor pentru determinarea fiabilității celulei robotizate I, este dată în figura 5.2.

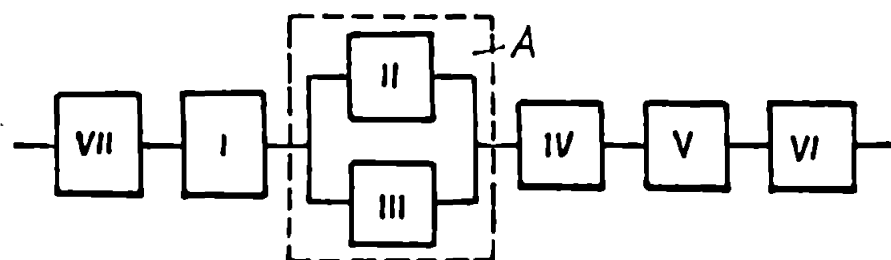


Fig. 5.2.

Din figură se observă că sistemul analizat are elementele componente legate în conexiune mixtă;

- elementele VII, I, IV, V, VI și A sînt în serie;

- elementele II și III

cu și componente ale stocului A sînt legate în paralel.

Admițînd ipoteza că defecțiunile primare ale elementelor componente ale sistemului sînt evenimente independente, fiabilitatea sistemului este dată în relația (5.1):

$$R_B(t) = R_{VII}(t) \cdot R_I(t) \cdot R_A(t) \cdot R_{IV}(t) \cdot R_V(t) \cdot R_{VI}(t) \quad (5.1)$$

În structura blocul A, probabilitatea de defectare $F_A(t)$ a blocului se poate scrie:

$$F_A(t) = F_{II}(t) \cdot F_{III}(t) \quad (5.2)$$

Deoarece defectarea blocului A și deci a întregului sistem, are loc numai dacă ambele elemente din structura blocului se defectează concomitent, se poate scrie:

$$R_A(t) = [1 - F_A(t)] = [1 - F_{II}(t) \cdot F_{III}(t)] \quad (5.3)$$

Tinând seama de relațiile de echivalență între probabilitatea de defectare și fiabilitate prezentate în capitolul 3, se poate scrie pentru fiabilitatea blocului A relația:

$$R_A(t) = 1 - [1 - R_{II}(t)][1 - R_{III}(t)] = 1 - [1 - R_{II}(t) + R_{III}(t) + R_{II}(t) \cdot R_{III}(t)] \quad (5.4)$$

sau

$$R_A(t) = R_{II}(t) + R_{III}(t) - R_{II}(t) \cdot R_{III}(t) \quad (5.5)$$

Fiabilitatea întregii celule de fabricație se poate scrie:

$$R_G(t) = R_{VII}(t) \cdot R_I(t) \cdot R_{IV}(t) \cdot R_V(t) \cdot R_{VI}(t) [R_{II}(t) + R_{III}(t) - R_{II}(t) \cdot R_{III}(t)] \quad (5.6)$$

Admițînd pentru rata de defectare a unui element din celulă λ_i , o lege de variație exponențială și admițînd că toate elementele componente urmează aceeași lege de defectare se poate scrie pentru întreaga celulă fiabilitatea:

$$R_G(t) = e^{-(\lambda_{VII} + \lambda_I + \lambda_{IV} + \lambda_V + \lambda_{VI})t} [e^{-\lambda_{II}t} + e^{-\lambda_{III}t} - e^{-(\lambda_{II} + \lambda_{III})t}] \quad (5.7)$$

Cunoscînd evoluția fiabilității celulei se poate determina coeficientul de disponibilitate (D) plecînd de la relația (5.8)

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} \quad (5.8)$$

unde:

MTBF - media timpilor de bună funcționare ($\frac{\text{ore medii}}{\text{echipament}}$);

MTR - media timpilor de reparație ($\frac{\text{ore medii}}{\text{echipament}}$);

Tinând seama de structura coeficientului de disponibilitate se observă că asigurarea unor produse complexe cu o disponibilitate ridicată (valoarea lui D să fie cât mai aproape de 1) necesită:

- asigurarea unor repere, subansamble, cât mai fiabile
- asigurarea unui program de mentenanță cât mai detaliat, cu un accent deosebit pe mentenanță preventivă.

5.3.2. Prelucrarea statistică a datelor.

Concluzii

În aprecierea fiabilității celulei robotizate s-au utilizat date culese în întreprindere pe parcursul a două luni de funcționare a celulei în regim normal. Informațiile culese au vizat defectele de ordin mecanic ce au apărut în funcționarea celulei. Timp de două luni s-au înregistrat un număr de 5040 ore mașină de funcționare la nivelul celulei. Numărul defectelor, rata de defectare (λ_i) precum și duratele reparațiilor, pentru fiecare echipament din cadrul celulei sînt prezentate centralizat în tabelul 5.1.

Cunoscînd rata de defectare λ_i pentru fiecare componentă a celulei și admițînd că fiecare componentă urmează în funcționare o lege de repartiție exponențială a defectelor, pentru un număr de 5000 ore de funcționare a celulei (echivalentul unui număr de 35.000 ore mașină pentru celula robotizată), se pot determina valori discrete pentru funcția fiabilității celulei, valori ce se prezintă în tabelul 5.2.

În tabel s-au notat t : numărul de ore de funcționare (a celulei pe parcursul unui an (ore/an); $R_f(t)$, funcția fiabilității.

Reprezentarea grafică a funcției fiabilității, pentru întreaga celulă este dată în figura 5.3.

Tabelul 5.1

| Nr. Denumirea sau echipamentului | Număr de defecte înregistrate | | | Rata de defectare (λ_i). $\cdot 10^{-6}$ 1/oră | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|------------|-------|---|------------|---------|
| | Luna I | Luna II | Total | Luna I | Luna II | Total |
| I. Dispozitiv de acumulare | 2 | 1 | 3 | 5,280 | 1,918 | 3,362 |
| II. Strung de copiat Nilles | 31 | 44 | 75 | 97,777 | 100,000 | 100,000 |
| III. Strung de copiat Nilles | 31 | 28 | 59 | 97,777 | 63,259 | 96,747 |
| IV. Mașină de frezat verticală | 28 | 31 | 59 | 86,565 | 71,447 | 96,747 |
| V. Mașină de frezat verticală | 24 | 22 | 46 | 72,200 | 47,816 | 68,112 |
| VI. Dispozitiv de evacuare | 1 | 2 | 3 | 2,625 | 3,858 | 3,362 |
| VII. Robot REMT | 63 | 21 | 84 | 300,000 | 45,356 | 200,000 |

Tabelul 5.2.

| t (ore/an) | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | Obs. |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| $R_S(t)$ | 0,8285 | 0,7976 | 0,7676 | 0,7385 | 0,7105 | |
| t | 1.000 | 2.000 | 3.000 | 4.000 | 5.000 | |
| $R_S(t)$ | 0,6835 | 0,4604 | 0,3066 | 0,2023 | 0,1325 | |

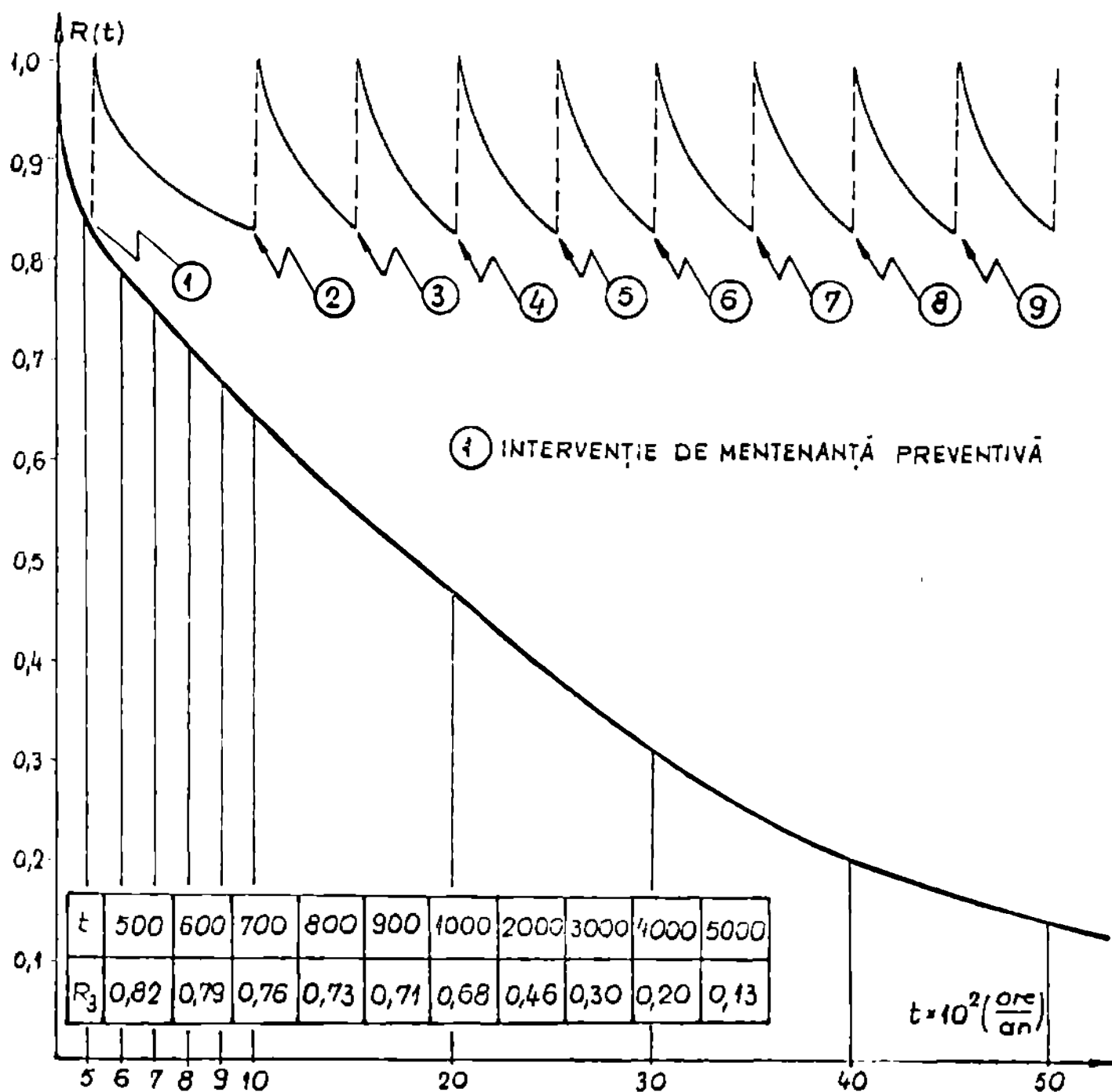


Fig.5.3.

Calculul coeficientului de disponibilitate s-a făcut ținând seama de numărul defectelor și de durata necesară efectuării reparațiilor, informațiile au fost centralizate pe parcursul a două luni de funcționare a celulei. Rezultatele observațiilor se prezintă în tabelul 5.3.

Media timpului de reparații pentru celula robotizată, în perioada de observare este de:

Tabelul 5.3.

| Nr. MU | Denumirea echipamentului | Durata repartiției (ore) | | | Nr. de defecte | Obs. |
|--------|----------------------------|--------------------------|---------|--------|----------------|------|
| | | Luna I | Luna II | Total | | |
| I | Dispozitiv de acumulare | 4 | 2 | 6 | 3 | |
| II | Strung de copiat Nilles | 35 | 48,4 | 83,4 | 75 | |
| III | Strung de copiat Nilles | 30,7 | 31,9 | 62,6 | 59 | |
| IV | Mașină de frezat verticală | 28,25 | 25 | 53,25 | 59 | |
| V | Mașină de frezat verticală | 24,1 | 14 | 38,1 | 46 | |
| VI | Dispozitiv de evacuar | 5,25 | 3,4 | 8,65 | 3 | |
| VII | Robot RUMT | 58,3 | 56,75 | 115 | 84 | |
| | Total | 185,6 | 181,45 | 367,05 | 329 | |

$$MTR = \frac{367,05}{329} = 1,11 \text{ ore/reparație} \quad (5.9)$$

Coeficientul de disponibilitate, pentru perioada observată, va fi:

$$D = \frac{5040 - 367,05}{5040} = 0,92 \quad (5.10)$$

Tinând seama de faptul că pentru înlăturarea unei defecțiuni, în cadrul celulei robotizate au fost necesare intervenții mixte în majoritatea cazurilor (defecțiunile solicitau intervenția lăcătușilor de întreținere, a reglorului și a specialistului în probleme electrice sau electronice) și că în perioada analizată defectele apăreau pentru prima dată, durata de 1,1 ore pentru o remediere poate fi considerată ca acceptabilă.

Tabelul 5.4

| Nr. crt. | Denumire echipament | Denumirea activității | Modul de realizare a activității |
|----------|-------------------------|--|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1. | Dispozitiv de acumulare | 1. Verificarea funcționării elementului de blocare 2. Verificarea poziției dispozitivului față de poziția robotului | Prin acționarea dispozitivului fără Verificarea poziției cerute de aplicare a mecanismului de prehensiune pe arborele plusat în dispozitiv |

Tabelul 5.4 (continuare)

| 0 1 | 2 | 3 |
|-------------------------------|--|--|
| 2. Strung de copiat WILLES | 1. Verificarea funcționării comenzilor prevăzute în programul de lucru 2. Verificarea funcționării mecanismului de închidere-de închidere a obloanelor de protecție 3. Verificarea poziției relative a mașinii unelte față de poziția robotului 4. Schimbarea cuțitelor | Se realizează pentru prima piesă din lot Se verifică funcționarea limitatoarelor și a releelor de comandă a obloanelor Se verifică modul de eliberare și de apucare a arborelui de către mecanismul de prehensiune |
| 3. Mașină de frezat verticală | 1. Verificarea funcționării comenzilor prevăzute în programul de lucru 2. Verificarea poziției dispozitivului de centrare montat pe freză 3. Schimbarea sculei 4. Verificarea poziției relative a mașinii unelte față de poziția robotului | Se utilizează pentru prima piesă din lot Se verifică starea șuruburilor de fixare a dispozitivului Se verifică modul de eliberare și de prindere a primei piese pe dispozitivul mașinii unelte |

5.4. Structura celulei de fabricație destinată prelucrării rotoarelor motoarelor electrice, deservită de REMT - 2

În structura celulei sînt cuprinse următoarele echipamente:

1. Dispozitiv de ridicare a arborilor 1 buc;
 2. strung multicuțit pentru efectuarea teșirilor și degajărilor 1 buc.;
 3. Presă orizontală pentru presarea arborelui în pachetul rotorice 1 buc.;
 4. Strung cu comandă secvențială pentru strunjirea pachetului rotorice - 1 buc;
 5. Mașină de rectificat exterior - 1 buc;
 6. Transportor pentru alimentarea preseii cu pachete rotorice - 1 buc;
 7. Transportor pentru alimentarea preseii cu arbori - 1 buc;
 8. Transportor pentru aducerea în celulă a rotoarelor - 1 buc;
 9. Transportor pentru evacuarea rotoarelor în celulă - 1 buc;
 10. Dispozitiv de rotire a rotoarelor în vederea asigurării unui ciclu optim de funcționare a robotului REMT-2; -1 buc;
 11. Dispozitiv de evacuare a arborilor din celula I către celula II - 1 buc.
- Ampazarea echipamentului în cadrul celulei se prezintă în figura 5.4.

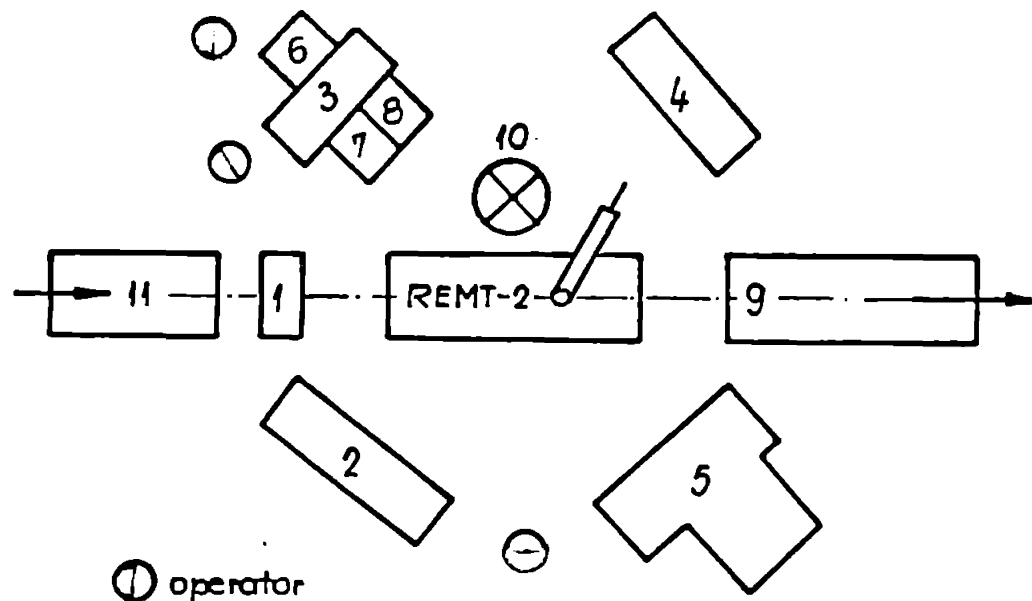


Fig. 5.4.

Deservirea celulei se realizează de către robotul REMT-2. Soluția de amplasare aleasă asigură o servire a echipamentului din structura celulei după un program inițial iapus.

5.5. Determinarea disponibilității precalculate a celulei de fabricație destinată prelucrării rotoarelor motoarelor electrice, deservită de robotul REMT-2

5.5.1. Metodologia utilizată

Schema bloc a conexiunilor, pentru determinarea fiabilității celulei robotizate II este dată în figura 5.5

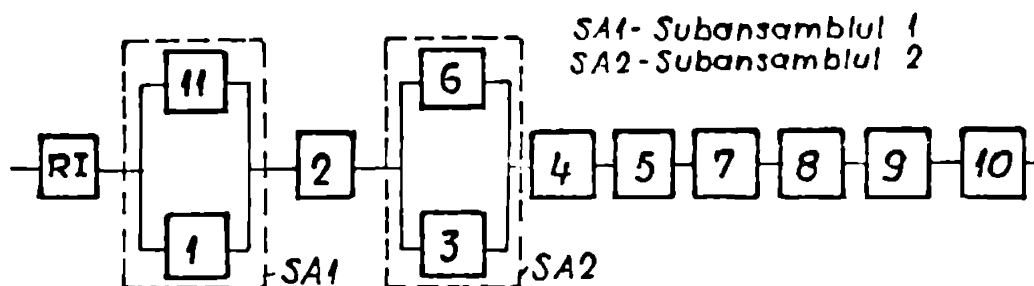


Fig. 5.5.

Se pot scrie relațiile pentru calculul fiabilității:

- subansamblului SA₁: $R_{SA_1}(t) = 1 - [1 - R_{11}(t)] [1 - R_1(t)]$ (5.11)

- subansamblului SA₂: $R_{SA_2}(t) = 1 - [1 - R_3(t)] [1 - R_6(t)]$ (5.12)

- celulei robotizate II: $R_{cII}(t) = R_{RI}(t) [1 - (1 - R_2(t)) (1 - R_{SA_1}(t))] R_{SA_2}(t) R_4(t) R_5(t) R_7(t) R_8(t) R_9(t) R_{10}(t)$

$$[1 - (1 - R_3(t))(1 - R_6(t))] R_4(t) \cdot R_5(t) \cdot R_7(t) \cdot R_8(t) \cdot R_9(t) \cdot R_{10}(t)$$

(5.13)

5.5.2. Prelucrarea statistică a datelor

Admițând rata de defectare λ_i a fiecărei componente a celulei o lege de variație exponențială, specifică echipamentelor complexe, din experimentările efectuate pe celula I și din literatura de specialitate (51,82,83),

Se pot aprecia valorile pentru aceasta, așa cum reiese din tabelul 5.5.

Tabelul 5.5.

| Nr. crt. | Denumirea echipamentului | Nr. de defecte anual | Probabilitatea | | Rata căderilor $\lambda_i(t) \cdot 10^3$ |
|----------|----------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|
| | | | de defectare $F_i(t)$ | de funcționare $R_i(t) = 1 - F_i(t)$ | |
| 1. | Dispozitiv de ridicare | 7 | 0,0082 | 0,9918 | 1,1478 |
| 2. | Strung multicuțit | 350 | 0,4098 | 0,5902 | 0,9645 |
| 3. | Presă orizontală | 60 | 0,0703 | 0,9297 | 0,10495 |
| 4. | Strung cu c-dă secvențială | 200 | 0,2342 | 0,7658 | 0,4247 |
| 5. | Mașină de rectificat | 10 | 0,0117 | 0,9883 | 1,6455 |
| 6. | Transportor | 20 | 0,0234 | 0,9766 | 3,3307 |
| 7. | Transportor | 20 | 0,0234 | 0,9766 | 3,3307 |
| 8. | Transportor | 20 | 0,0234 | 0,9766 | 3,3307 |
| 9. | Transportor | 20 | 0,0234 | 0,9766 | 3,3307 |
| 10. | Dispozitiv de rotire | 20 | 0,0234 | 0,9766 | 3,3307 |
| 11. | Dispozitiv de alimentare | 7 | 0,0082 | 0,9918 | 1,1478 |
| 12. | REMT-2 | 120 | 0,1405 | 0,8595 | 0,22707 |
| TOTAL | | 854 | | | |

La pozițiile 2 și 4 s-a considerat că întreruperile accidentale sînt cauzate și de înlocuirea sculelor așchietoare uzate. La aprecierea uzurii sculelor s-a considerat uzura normală cît și cea accidentală.

Probabilitatea de funcționare a celulei II va fi: pentru un număr de 7200 ore mașină pe an., de:

$R_{C II}(7200) = 0,3570$; probabilitatea de defec-tare a celulei va fi: $F_{C II}(7200) = 0,6430$; cu alte cuvinte rezultă un număr de 551 defecțiuni pe an; deci se poate aprecia că pentru un regim de lucru de 3 schimburi, vor avea loc un număr de 2 între-ruperi în funcționare.

Tinând seama de condițiile de exploatare concre-tă în care vor solicita celula II și de faptul că gradul de comple-xitate a celulei este mai ridicat decât al celulei I, se pune pro-blema determinării nivelului optim al ratei căderilor (λ_{optia}) celulei.

Dacă se admite ipoteza reală, că frecvența de apariție a defectelor (n) este în raport direct cu rata căderi-lor (λ) conform relației (5.14):

$$n = \lambda \cdot b \quad (5.14)$$

în care: b - coeficientul de reparații; b se va stabili ținând seama de rata căderilor elementelor componente din structura ce-lulei. Pentru celula robotizată II λ_{eII} va fi (5-15)

$$\lambda_{cII} = \lambda_{RI} + \lambda_{SA_1} + \lambda_{SA_2} + \lambda_2 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_{10} \quad (5.15)$$

$\lambda_7, \lambda_8, \lambda_9$ se referă la transportoare a căror construc-ție este simplă și se pot asigura fiabilități ridicate comparativ cu fiabilitatea echipamentelor complexe din structura celulei; deci $\lambda_{C II}$ va fi egală cu: $5,93527 \cdot 10^{-6}$ 1/oră .

Numărul căderilor anuale apreciindu-se ca fiind $n = 551$ coeficientul b va fi:

$$b = \frac{0,0765}{5,9352} \cdot 10^6 = 12889$$

Admițând că pentru remedierea unei întreruperi sînt necesare în medie 1,11 ore, rezultă un fond de timp necesar reparațiilor de 617 ore/an, la un volum anual de producție de: $Q_{an} = 18.000$ buc/an rotoare, pentru un rotor revine un timp de reparații $t_r = 0,034$ ore/buc. Costul reparațiilor se apreciază la 2.000 lei/an (inclusiv piese de schimb și scule utilizate în proces).

Pontru un rotor revine o valoare $C = 0,6667$ lei/buc.

Pentru celelalte elemente s-a considerat:

- retribuiția tarifară orară pentru efectuarea unei reparații $r = 10$ lei/oră;
- pierderea datorată unei întreruperi, dacă se evaluează costul unui rotor: $C_1 = 400$ lei/buc, va fi de $z = 1000$ lei/oră;
- costul remedierilor și cota parte din valoarea producției rebutate din cauze obiective, în medie, la întreprinderea analizată se ridică la $CR = 50$ lei/buc;
- se pune ipoteza simplificatoare: la o cădere a celulei se defectează numai un echipament.

Se poate aprecia rata de defectare optimă (λ_{optim}) ținând seama și de câteva elemente de cost cu relația (5.16)

$$\lambda_{\text{optim}} = \left[\frac{a C_1 t^{-a}}{b \cdot t (r \cdot t \cdot r + c \cdot u + z \cdot t \cdot r) + CR} \right]^{\frac{1}{a+1}} \quad (5.16)$$

în care: a = parametru care evidențiază nivelul de calitate al produsului finit, pentru cazul celulei robotizate II $a=0,214$. t = perioada analizată; $t = 7200$ ore mașină / an; u - numărul utilajelor defecte la o întrerupere ($u=1$)

Valoarea lui λ_{optim} va fi (5.17)

$$\lambda_{\text{optim}} = \left[\frac{(0,214 \cdot 400 \cdot 7200)^{-0,214}}{12889 \cdot 7200 (10 \cdot 0,034 + 0,667 \cdot 1 + 1000 + 0,034) + 50} \right]^{\frac{1}{1,214}}$$

$$= 1,1946 \cdot 10^{-7} \text{ [căderi/oră]} \quad (5.17)$$

Fiabilitatea celulei în acest caz va fi dată de probabilitatea de bună funcționare: $R_{C \text{ II}}(t)$; pentru $t=7200$ ore mașină / an: $R_{C \text{ II}}(7200) = 0,9991$

Coeficientul disponibilității celulei (D) va fi: $0,998$ ținând seama de metodologia prezentată la cap.5.3.1.

Atingerrea unei asemenea valori pentru disponibilitatea celulei II necesită în să un program de întreținere preventivă deosebit de riguros și exact, asigurarea unui stoc minim cu piese de schimb pentru reperatele cu fiabilitate redusă.

5.6. Soluții pentru creșterea disponibilității celulelor robotizate.

Fiabilitatea celulelor robotizate este influențată în principal de următoarele considerente:

a) Numărul de ore de funcționare a componentelor celulei în afara acesteia.

De obicei în dotarea celulelor robotizate se utilizează componente (mașini-unelte, echipamente complexe) care au funcționat în alte locuri de muncă. Se impune ca echipamentele refolosite să prezinte aproximativ același nivel de uzură, în scopul întocmirii unui program de mentenanță mai omogen pentru întreaga celulă.

b) Gradul de specializare a componentelor celulei.

Aceasta impune, ca încă din faza de proiectare a celulei să se aleagă componente care să îndeplinească următoarele condiții: să fie destinate unui grup de operații cât mai restrâns. Dacă este posibil să fie utilizate echipamente specializate pentru fiecare operație *Deși prin aceasta se realizează o creștere a costului fabricației datorită unor cheltuieli cu investițiile deosebit de ridicate.*

c) Dotarea celulei cu componente universale, capabile să execute mai multe operații.

Aceasta necesită o reproiectare a sistemelor de comandă a operațiilor. Se impune proiectarea lor modulară, astfel încât scoaterea din funcțiune a unui sistem să nu ducă la oprirea întregului echipament.

d) Modul de interconectare a componentelor în cadrul celulei.

Analizând modul în care componentele sînt legate în celulă, rezultă că fiabilitatea celulei scade o dată cu creșterea numărului de componente din structură. Este deci recomandabil ca să fie concepute celule robotizate în structura cărora să fie cuprinse un număr cât mai mic de componente.

Analizînd în detaliu factorii care determină fiabilitatea celulelor robotizate s-a constatat că subsistemele din structura componentelor celulei au o importanță deosebită în

aprecierea fiabilității celulei. Factorii care influențează fiabilitatea subsistemelor componentelor celulelor se referă la:

- Fiabilitatea fiecărui subsistem component.
- Modul de interconectare a subsistemului în cadrul componentelor.
- Intensitatea de exploatare a subsistemelor. Este funcție de gradul de repetabilitate a unei mișcări sau a unei operații.
- Tipul de cuplă cinematică sau cuple cinematice ale pentru realizarea operației sau a mișcării analizate.

Determinarea fiabilității subsistemelor din structura componentelor celulelor robotizate necesită un volum de muncă deosebit deoarece în structura subsistemelor sînt cuprinse elemente mecanice, electrice, electronice sau combinații ale acestora. Modul de abordare a unei asemenea probleme constituie obiectul capitolului următor.

O importanță deosebită în menținerea unei fiabilități impuse îl are aplicarea riguroasă a programului de mentenanță preventivă prezentat anterior.

În afară de acest program la începutul fiecărui schimb se va proceda la verificarea fiecărui echipament, verificarea se referă în special la subansamblurile cu fiabilitate mai redusă din cadrul fiecărui loc de muncă; ^{astfel} se va proceda la înlocuirea sculelor, indiferent de gradul lor de uzură, completarea uleiului în cutiile de viteză, conform programului prevăzut în cartea mașinii; se va verifica starea echipamentului de comandă, efectuîndu-se corecțiile care se impun înainte de pornirea celulei în regim de lucru; durata acestor verificări va fi de circa 20 minute pentru un schimb.

În funcție de solicitările ce apar pe parcursul exploatării celulei, se va constitui lotul de piese de schimb necesare pentru reducerea timpilor de imobilizare a locurilor de muncă.

În exploatare se vor semnala absolut toate întreprinderile accidentale în registrul de bord, completîndu-se integral toate rubricile.

5.7. Eficiența economică privind funcționare celulelor robotizate în condițiile unei disponibilități impuse.

Implementarea celulelor robotizate în procesul de producție necesită realizarea unor celule compatibile, din punct de vedere al fiabilității lor, cu fiabilitatea echipamentelor din structura procesului de producție. Totodată se impune realizarea unui program de mentenanță preventivă detaliat, capabil să prevină căderile accidentale din cadrul celulei robotizate. Asigurarea acestor două deziderate se poate realiza prin cunoașterea detaliată a procesului tehnologic de fabricare a produselor realizabile în cadrul procesului de producție, a sistemului de organizare a producției și a modului de amplasare a echipamentelor în cadrul celulei; echiparea celulei robotizate cu echipamente, scule, dispozitive capabile să răspundă sarcinilor impuse din "dialogul" cu robotul industrial; elaborarea unei tehnologii de control adecvată procesului tehnologic.

Aprecierea eficienței economice a unei celulei robotizate se realizează în etape ținând seama de cheltuielile ocazionale de asimilarea, producerea și utilizarea componentelor celulei, pentru fiecare aplicație în parte.

În orice calcul de eficiență, se determină în primul rând cheltuielile, efectele și baza de comparație pentru aplicația considerată. Apoi se determină eficiența: la producătorul de tehnică nouă, la utilizatorul acesteia și la nivelul economiei naționale (57).

Cheltuielile efectuate de producătorii acestor echipamente complexe se referă la:

- Investițiile privind asimilarea în fabricație a robotului și a echipamentelor ocazionale de proiectarea celulei de fabricare (I_{gs});
- Investiții pentru dezvoltarea de noi capacități, pentru dezvoltarea și modernizarea capacităților existente (I_{ind}), pentru introducerea tehnicii noi (RI).

Efectele economice mai importante la producători sînt: sporirea volumului producției (Q_{spl}), creșterea rentabilității activității economice și sociale a producătorilor, prin determinarea de beneficii suplimentare (B_{spl}).

Cheltuielile efectuate de utilizatori în scopul introducerii celulelor robotizate în procesul de producție sînt:

- Investițiile pentru achiziționarea de echipamente noi necesare dotării celulei robotizate, sau pentru modernizarea unor echipamente existente în scopul dotării celulei robotizate (I_{tn}) (modificarea

sistemelor de comandă a utilajelor ce se vor introduce în cadrul celulei, schimbarea poziției mașinilor-unelte în scopul modificării sistemului de deservire, dotarea spațiilor productive cu noi echipamente și SDV necesarea funcționării în celula robotizată).

- Cheltuieli cu exploatarea echipamentelor din dotarea celulei de fabricare (*C_{ex}*) (cheltuieli pentru activități de mentenanță preventivă, cheltuieli pentru reglarea echipamentelor, pentru laborarea programului celulei, cheltuieli pentru pregătirea forței de muncă)

Economiile obținute de utilizatori în urma investițiilor efectuate se referă la:

Economiile datorate reducerii manoperei de fabricare și a costurilor cu retribuția personalului (*B_{an}*) (eliminării oportunităților datorate condițiilor de muncă grele sau nocive).

- Beneficiile suplimentare (*B_{su}*) realizate din producția suplimentară și producția de o calitate superioară datorată introducerii robotizării

- Economii datorate reducerii importului de echipamente complexe (*B_n*)

- Economii de investiții (*B_i*) datorate eliberării unor fonduri fixe din vechea structură.

- Efecte suplimentare (*E_{su}*) - datorate reducerii forței de muncă de înaltă calificare sau datorată reducerii fluctuației forței de muncă sau utilizării unui personal care în condițiile unor solicitări normale nu poate răspunde pozitiv.

La nivelul economiei naționale, pe lângă efectele ce se realizează la producători sau la beneficiari prin introducerea echipamentelor robotizate, se mai ține seama de efectele favorabile datorate acumulărilor suplimentare de venit net la bugetul de stat (concretizat sub forma unei părți din producția netă sau cote părți din beneficiul suplimentar realizat datorită sporului de producție).

Ca bază de comparație pentru calculul eficienței economice se alege la producători: operații manuale (pentru cazul roboților utilizați în turnătorii sau pentru cazul prelucrării pe mașini unelte a pieselor de dimensiuni mici-mijlocii) diferite echipamente de ridicat și transportat sau manipolatoare (pentru cazul prelucrării pieselor de dimensiuni mari sau agabaritice).

La beneficiarii de tehnică nouă, echipamentele robotizate se compară cu structuri de producție existente în cadrul liniilor de fabricație în care se vor introduce echipamentele robotizate.

Fiind determinate cheltuielile, efectele și baza de comparație pentru o robotizare industrială de tipul celulei de fabricare robotizată se pot calcula indicatorii pentru determinarea eficienței economice a asimilării echipamentelor robotizate la nivelul producătorului, la nivelul tuturor beneficiarilor potențiali și la nivelul economiei naționale (36,65):

- Beneficii suplimentare (B_{su}) rezultate din producția suplimentară realizată și din producția de calitate superioară realizată;
- Economii din punct de vedere al importului (E_{imp})
- Economii la fondul de investiții (E_i) prin eliberarea unor fonduri fixe din vechea structură de producție.
- Efecte economico-sociale suplimentare (E_{esu}) prin eliminarea deficitului de forță de muncă de înaltă calificare;

Datorită faptului că în prezent activitatea de implementare a roboților în procesele de producție vizează procese tehnologice diverse, baza de comparație pentru calculul eficienței economice se va asigura în raport cu caracteristicile tehnico-economice ale fiecărui loc de muncă, din structura procesului de producție-

Pentru robotul REMT-1 se poate lua ca bază de comparație, "agregat pentru prelucrarea arborilor motoarelor electrice" cu șase *posturi* de deservire, în regim de lucru: 3 schimburi.

Relațiile utilizate în calculul eficienței economice a asimilării procesul de producție a roboților sînt cele cunoscută în literatura de specialitate (36,57,82).

Tinînd seama de informațiile existente la nivelul întreprinderii (83) în condiții normale de desfășurare a procesului de producție, se calculează durata de recuperare a investițiilor (D_r) necesare pentru introducerea robotizării:

$$D_r = \frac{I_{tn}}{E_{an} + B_{su}} = \frac{2.527.537}{5.05.500 + 113.000} = 4,08 < D_{rn} \quad (5.11)$$

$$e_n = \frac{E_{an} + B_{su} + P_{an}}{I_{tn}} = \frac{505.500 + 113.000 + 226.800}{2.527.537} = 0,33 > 0,2 > e_{na}$$

în care:

D_r - durata de recuperare a investiției normale în construcția de mașini $D_{rn} = 5$ ani;

e_{na} - coeficientul eficienței economice normale normativ, în construcția

de mașini este $e_{na} = 0,2$.

Calcululele atestă că introducerea robotizării în celula de fabricare este eficientă la nivelul întreprinderii.

Dacă în celula de fabricare s-ar fi introdus un robot asluilat din import, cu performanțe similare lui REET-1 cheltuielile legate de importul echipamentului ar fi trebuit compensate de economiile obținute datorită eliberării unor fonduri fixe din vechea structură de producție.

Efectele economico-sociale suplimentare ar fi fost diminuate datorită cheltuielilor suplimentare necesare pentru instruirea forței de muncă.

C A P I T O L U L 6

DISPONIBILITATEA CUPLELOR CINEMATICE DE TRANSLATIE DIN STRUCTURA ECHIPAMENTELOR COMPLEXE

6.1. Aspecte privind fiabilitatea precalculată a roboților din familia REMT

6.1.1. Structura roboților din familia REMT

Asigurarea unui nivel de fiabilitate pentru sisteme de echipamente complexe necesită încorporarea în structura acestora a unor subansamble sau componente cu fiabilitate cât mai apropiată de 1. Aceasta deoarece componentele sînt de obicei înseriate.

Pentru roboții din familia REMT la determinarea schemei bloc a conexiunilor, s-a ținut seama de funcțiile (mișcărilor) pe care trebuie să le realizeze robotul în procesul de producție. Acestea sînt: 1. Prehensiunea piesei; 2. Translația brațului, a coloanei și a bazei; 3. Rotația bazei și a coloanei. Deoarece robotul poate fi utilizat în cadrul celulei numai dacă cele trei funcțiuni sînt întec-te, rezultă schema bloc a conexiunilor (figura 6.1).



În ipoteza că defecțiunile primare ale elementelor componente sînt evenimente independente în cadrul sistemului, fiabilitatea robotului $R_R(t)$

se poate scrie cu relația:

$$R_R(t) = \prod_{i=1}^3 R_i(t) \quad (6.1)$$

unde:

$R_i(t)$ = fiabilitatea funcțiunii i ($i=1,2,3$)

În aprecierea fiabilității fiecărei funcțiuni plecăm de la ideea că funcțiunea cea mai complexă este translația,

deoarece ea vizează trei subansamble de bază ale robotului: baze propriu-zisă împreună cu ghidajele, brațul și coloana.

Soluțiile constructive alese pentru realizarea acestei funcțiuni necesită un număr maxim de repere, subansambluri și ansambluri ca urmare, calculând fiabilitatea acestei funcțiuni, valorile obținute pot fi considerate acoperitoare și pentru calculul fiabilității celorlalte funcțiuni ale robotului.

În aprecierea fiabilității translației s-a început cu fiabilitatea translației de bază. Schema simplificată a mecanismului de translație bază este dată în figura 6.2. În figură s-au făcut notațiile: IECF - instalația electrică de comandă și forță, ME - motor electric, C_F - circuit de forță, C_C - circuit de comandă, L_{C1}, L_{C2} - limitatori de capăt cursă, L_1, L_2 - lagăr de susținere al gurubului de antrenare, L_3, L_4 - lagăre de ghidare a bazei, P_A - punțiță de antrenare a bazei în mișcare de translație, IM - instalația mecanică.

Se observă că din punct de vedere al structurii, mecanismul ce asigură translația bazei se compune din trei subansamble distincte: motorul electric ME, instalația mecanică IM și instalația electrică de comandă și forță IECF. Pentru a putea asigura parametri impuși de cerințele de funcționare ale robotului (viteza de deplasare impusă în condițiile asigurării unor momente variabile) cele trei subansamble se vor inseria așa cum rezultă din fig.6.3

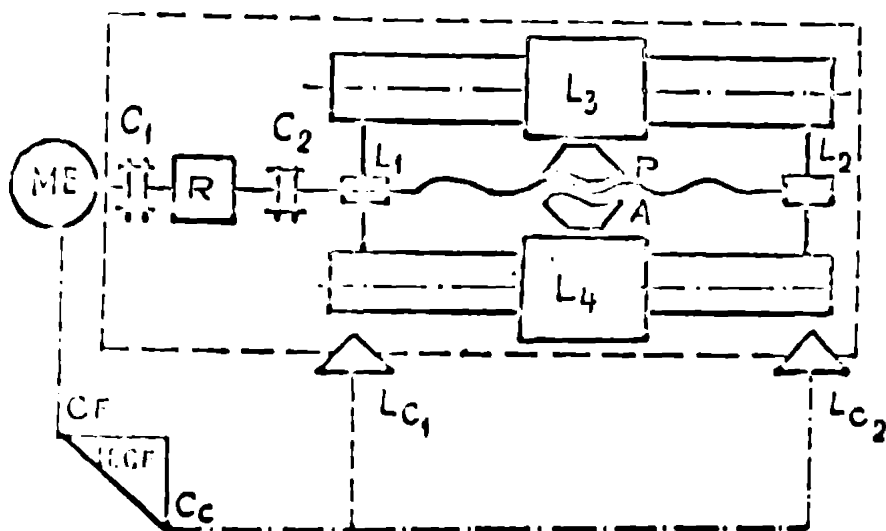


Fig.6.2.



Fig.6.3

Fiabilitatea funcțiunii de translație ($R_T(t)$) se

poate scrie:

$$R_T(t) = R_{ME}(t) \cdot R_{IM}(t) \cdot R_{IECF}(t) \quad (6.2)$$

Relația (6.2) evidențiază faptul că apariția unei căderi în unul din subansamble duce la blocarea activității întregului sistem de translație.

6.1.2. Determinarea fiabilității precalculate a motorului electric pentru acționarea translației $R_{ME}(t)$

Motorul electric de acționare a mecanismului de translație este caracterizat prin coeficientul de disponibilitate la valoarea maximă:1, deoarece el condiționează funcționarea propriuzisă.

Defecțiunile ce pot apare la aceste tipuri de motoare se împart în:

- Defecțiuni electrice - considerate fenomene aleatorii, caracterizate prin $\lambda = \text{constant}$; legea de variație admisă în calcule este cea exponențială;
- Defecțiuni mecanice datorate apariției uzurii; legea de variație admisă în calcule este legea normală sau Weibull.

Rata totală de defectare a motorului electric ($\lambda_{ME \text{ tot}}$) este dată de relația:

$$\lambda_{ME \text{ tot}} = \lambda_E + \lambda_{mt} \left[10^{-6} \text{ ore} \right] \quad (6.3)$$

unde:

λ_E - rata de defectare constantă, a elementelor electrice (părți colectoare, fișe de alimentare etc); se determină cu relația (6.4)

$$\lambda_E = \lambda_B \cdot \pi_E \cdot \pi_F \quad (6.4)$$

unde:

λ_B - factor ce ține seama de temperatura maximă admisă pentru funcționarea motorului și clase de izolație; π_E - coeficient ce ține seama de condițiile de exploatare și gradul de construcție al motorului; π_F - coeficient ce ține seama de tipul motorului: cu colector

fără colector, domeniul de turații; valorile coeficienților se prezintă în literatura de specialitate (51).

λ_{mt} - rata de defectare datorată elementelor mecanice, se determină funcție de rapoartele: $\frac{t}{m}$ și ρ ;

$$\lambda_{mt} = \frac{P \cdot 10^7}{t} \left[10^{-9} \cdot \frac{1}{n} \right] \quad (6.5)$$

unde:

t - durata de utilizare a motorului (ore); m - durata medie de funcționare a motorului; ρ - coeficient ce se determină ca un raport între sarcina efectivă a motorului și sarcina maximă a motorului; P - probabilitatea (%) de a se produce o defectare înaintea momentului t; se calculează cu relația $t = m - 3\sigma$; se consideră 3 grupe de motoare la care fiabilitatea datorită defecțiunilor mecanice este de 0,999

$$A: 3\sigma = (1-0,5)m = 0,5m \quad \sigma = 0,1667 m$$

$$B: 3\sigma = (1-0,3)m = 0,7m \quad \sigma = 0,2340 m$$

$$C: 3\sigma = (1-0) m = 1,0 m \quad \sigma = 0,333 m$$

Motoarele din grupa A au caracteristici uniforme de funcționare pe parcursul întregii perioade de funcționare; în grupă motoarele de tipul P sînt cele utilizate în funcționare curentă; întreținerea, verificarea motoarelor se face conform programului de mentenanță dat de producător. Pentru roboții din familia RENT s-au ales motoare din această grupă.

Admițînd o lege de distribuție exponențială pentru probabilitatea de apariție a defecțiunilor, se poate scrie:

$$R_{ME}(t) = e^{-\lambda_{MT} \cdot t} \quad (6.6)$$

unde valorile lui λ_{MT} s-au determinat statistic.

Antrenarea mecanismului de translație bază s-a realizat cu un motor de tipul SMUTI cu următorii parametri: puterea nominală $P_n = 1$ kW la turația de regim; $n_r = 300$ rot/min; puterea maximă a motorului este $P_{max} = 1,2$ kW, timpul de funcționare $t = 5000$ ore, motorul face parte din grupa A; este montat $\sqrt{P_c}$ raport fix în batiul echipamentului; nu se impun condiții speciale de climatizare; temperatura de regim $T = 50^\circ C$; se admite o suprasarcină pentru care $T_s = 60^\circ C$ în regim de sollicitare intermitent; temperatura maximă $T_{max} = 130^\circ C$; clasa de izolare este B - izolație anorganică cu impregnare organică; pentru aceeași parametri: $\lambda_B = 1,02 \cdot 10^{-9}$ (1/h); coeficientul \sqrt{E} pentru gradul 3 are valoarea $\sqrt{E} = 6,15$; coeficientul

$\bar{M}_F = 6 \div 24$. Rata de defectare λ_E se poate aprecia pentru un interval:

$$\lambda_{E \min} = 37,63 \cdot 10^{-9} \left(\frac{1}{h} \right) \text{ și } \lambda_{E \max} = 150,55 \cdot 10^{-9} \left(\frac{1}{h} \right)$$

Pentru valori ale parametrului $m = 8000$ ore $\frac{t}{m} = 0,62$; pentru valori ale lui $\frac{t}{m} = 0,62$ și $\rho = 0,9$ rezultă $P_{\min} = 0,12 \% P_n$ și $P_{\max} = 1,3 \% P_n$; odată calculate aceste posibilități se poate determina $\lambda_{mt \min} = 2400 \cdot 10^{-9} \left(\frac{1}{h} \right)$ și $\lambda_{mt \max} = 26.000 \cdot 10^{-9} \left(\frac{1}{h} \right)$

Rata de defectare a motorului electric $\lambda_{ME \text{ tot}}$ se poate scrie:

$$\lambda_{ME \text{ tot}, \min} = 2437 \cdot 10^{-9} \left(\frac{1}{h} \right) \text{ și } \lambda_{ME \text{ tot}, \max} = 26.150 \cdot 10^{-9} \left(\frac{1}{h} \right),$$

Pentru $t = 5000$ ore/an, fiabilitatea motorului electric se poate aprecia astfel:

$$R_{ME \min}(5000) = \exp(-26.150 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^3) = 0,9870 \quad (6.7)$$

$$R_{ME \max}(5000) = \exp(-2437 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^3) = 0,9879$$

6.1.3. Determinarea fiabilității precalculate a instalației mecanice (IM)

Probabilitatea de funcționare a IM este dată de relația:

$$R_{IM}(t) = R_{C1}(t) \cdot R_{C2}(t) \cdot R_{L1}(t) \cdot R_{L2}(t) \cdot R_{L3}(t) \cdot R_{L4}(t) \cdot R_{PA}(t) \quad (6.8)$$

Datorită faptului că pentru motorul electric s-a calculat fiabilitatea pentru $t = 5000$ ore de funcționare, fiabilitatea fiecărui element s-a determinat pentru aceleași valori ale timpului de funcționare. Valorile fiabilităților se prezintă în tabelul 6.1.

Cu aceste valori, admitând o lege de variație exponențială a căderilor pentru fiecare element i , pentru un interval

Tabelul 6.1

| Nr. crt. | Denumirea elementului | Rata de defectare $i \cdot 10^{-6} \frac{1}{h}$ | | | Fiabilitatea elementului i $R_i(t)$; pt. $t = 5000$ ore | | |
|----------|---|--|-----------|-----------|---|---------------|---------------|
| | | i_{min} | i_{med} | i_{max} | $R_{imin}(t)$ | $R_{imed}(t)$ | $R_{imax}(t)$ |
| 1. | Cupleaj rigid C_1 | 0,001 | 0,025 | 0,049 | 0,9998 | 0,999 | 1 |
| 2. | Reductor Red | 0,11 | 0,2 | 0,36 | 0,9982 | 0,9990 | 0,9995 |
| 3. | Rulment cu bile regim sever de lucru | 0,072 | 1,8 | 3,53 | 0,9825 | 0,991 | 0,9996 |
| 4. | Lagăr de alunecare L_3, L_4 | 1,12 | 2,5 | 12 | 0,9418 | 0,9876 | 0,9944 |
| 5. | Piuliță de antrenare PA | 1,065 | 1,52 | 3,21 | 0,9841 | 0,9924 | 0,9997 |

de timp de funcționare $t = 5000$ ore/an, se poate aprecia fiabilitatea instalației mecanice

$$R_{IM \min} = 0,6035 \quad R_{IM \text{ med}} = 0,9495 \quad R_{IM \max} = 0,9962$$

6.1.4. Determinarea fiabilității precalculate a instalației electrice de comandă și forță (IECF)

Tinând seama de structura echipamentelor și de modul în care acestea sînt cuplate, se poate aprecia valoarea ratei de defectare pentru IECF (5.7)

$$\lambda_{\min} = 0,13 \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{h} \right); \quad \lambda_{\text{med}} = 0,3 \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{h} \right) \quad \lambda_{\max} = 0,6 \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{h} \right)$$

Admițînd pentru frecvența de apariție a defectelor o lege de variație exponențială, pentru un interval de timp de funcționare $t = 5000$ ore/an, fiabilitatea instalației se poate aprecia:

Table 6.2

| t (ore) | 0 | 10 | 100 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 |
|---------|-----|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RME | max | 1 | 0,9998 | 0,9988 | 0,9976 | 0,9964 | 0,9951 | 0,9939 | 0,9927 | 0,9915 | 0,9903 | 0,9891 | 0,9879 |
| | min | 1 | 0,9997 | 0,9987 | 0,9974 | 0,9961 | 0,9948 | 0,9935 | 0,9922 | 0,9909 | 0,9896 | 0,9883 | 0,9870 |
| SIM | max | 1 | 0,9999 | 0,9996 | 0,9992 | 0,9989 | 0,9985 | 0,9981 | 0,9977 | 0,9973 | 0,9970 | 0,9966 | 0,9962 |
| | min | 1 | 0,9990 | 0,9508 | 0,9039 | 0,8594 | 0,8171 | 0,7769 | 0,7386 | 0,7022 | 0,6676 | 0,6348 | 0,6035 |
| Z | max | 1 | 1 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9997 | 0,9997 | 0,9996 | 0,9995 | 0,9995 | 0,9994 | 0,9994 |
| | min | 1 | 0,9999 | 0,9997 | 0,9994 | 0,9991 | 0,9988 | 0,9985 | 0,9982 | 0,9979 | 0,9976 | 0,9973 | 0,9970 |
| Z | max | 1 | 0,9997 | 0,9983 | 0,9967 | 0,9951 | 0,9933 | 0,9917 | 0,9900 | 0,9883 | 0,9866 | 0,9851 | 0,9834 |
| | min | 1 | 0,9897 | 0,9382 | 0,8801 | 0,8553 | 0,8119 | 0,7707 | 0,7315 | 0,6949 | 0,6609 | 0,6297 | 0,6009 |

$$R_{IECF \min}(5000) = 0,9970; \quad R_{IECF \text{ med}}(5000) = 0,9985;$$

$$R_{IECF \max}(5000) = 0,9994$$

6.1.5. Determinarea fiabilității precalculate a translației rotorului R_T

Fiabilitatea translației robotului, calculată pentru un interval de timp de funcționare $t = 5000$ ore/an, se poate aprecia cu relația (6-2)

$R_T \min(5000) = 0,5939$ corespunde cazului cel mai defavorabil în exploatare a translației robotului.

$R_T \max(5000) = 0,9748$; corespunde cazului cel mai favorabil în exploatare a translației robotului.

$R_T \text{ med}(5000) = 0,9834$; corespunde cazului normal de exploatare a translației robotului.

Valorile diferite, calculate pentru un interval de timp de funcționare $t = [0 - 500]$ ore de funcționare se prezintă în tabelul 6.2; reprezentarea funcției fiabilității $R(t)$ în intervalul de timp 0-5000 ore se prezintă în figura 6.4.

În figura 6.4 s-a notat cu R_T fiabilitatea translației.

Ținând seama de condițiile de funcționare a robotului, condiții similare de serie și masă, se observă că menținerea unei fiabilități minime $R_T \min = 0,88-0,90$, impune realizarea unui regim strict de intervenții de mentenanță, care să fie direcționat în special pe instalația mecanică. Pe parcursul unui an sînt necesare un număr de 4 intervenții de mentenanță de gradul 2(marcate cu(1-4).

Structura unei asemenea intervenții se referă la:

- Partea de acționare (motor electric ME):
 - Verificarea parametrilor motorului electric de acționare.
 - Înlocuirea lagărelor motorului și a perilor colectoare.
 - Verificarea variației de timp a curentului de alimentare a motorului.
- Partea de instalație electrică și forță(IECF):
 - Verificarea stării echipamentului electric de comandă și forță

- Determinarea parametrilor reali pentru motoarele de curent continuu și verificarea lor cu parametrii nominali impuși de proiectant.
- Verificarea stării limitatorilor de cursă și schimbarea celor care au un ciclu de funcționare depășit
- Verificarea stării traductorului TIRO-1000.

Partea de instalație mecanică (IM)

- Înlocuirea bușelor din structura lagărelor de ghidare a bazei.
- Înlocuirea lagărelor de susținere a șurubului de antrenare.
- Înlocuirea piuliței de antrenare a șurubului.
- Înlocuirea penelor la cuplajele de antrenare.
- Efectuarea reglajelor componentelor din structura instalației mecanice

Creșterea nivelului fiabilității la 0,94-0,95 se poate realiza prin aplicarea unui program de intervenții de mentenanță suplimentar (notat cu I-IV), amplasat la 400 de ore de funcționare din momentul terminării intervențiilor de mentenanță preventivă de gradul 2 (le numim intervenții de mentenanță de gradul 1). Ele vizează în special instalația mecanică; Se va verifica starea fiecărui element din structura instalației, fără a le demonta.

6.2. Aspecte privind fiabilitatea experimentală a componentelor integrate în structura roboților din familia REMT.

6.2.1. Selectarea componentelor mecanice cu fiabilitate redusă.

Robotul, ca și echipament ce asigură servirea unuia sau a mai multor locuri de muncă, se încadrează în familia produselor complexe. În structura robotului se evidențiază: componente electronice, componente electrice, componente mecanice (cuple cinematice, sisteme de acționare diverse, ghidaje, mecanisme de translație, rotație, preliminară ș.a.).

Aprecierea fiabilității în exploatare a componentelor, îndeosebi a celor mecanice, necesită experimentări de laborator, pe ștanduri special concepute. În urma experimentărilor efectuate se apreciază fiabilitatea componentelor, se întocmește un

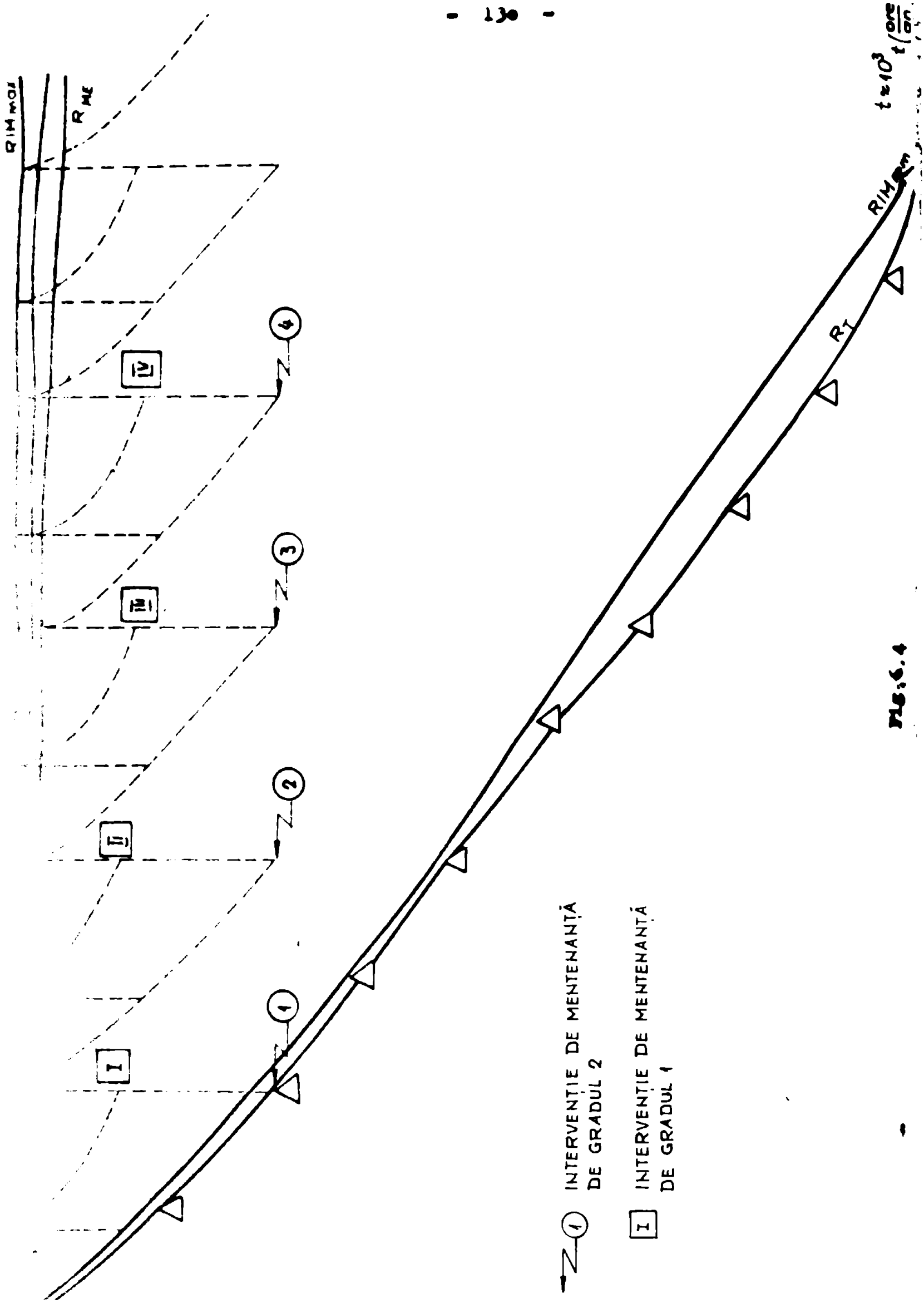


Fig. 6.4

program de mentenanță preventivă care vine să completeze programul de mentenanță corectivă general. Un program de mentenanță preventivă este prezentat de firma TRALLPA pentru roboții din familia TR - 3000 S (47;97).

Analiza fiabilității experimentale a componentelor mecanice ale robotului am început-o plecând de la ipoteza reală de altfel, că uzura componentelor în mișcare este mult mai activă decât uzura componentelor statice. Ținând seama de principalele mișcări realizate de robot pentru realizarea unui ciclu de fabricare complet, rezultă informații prezentate sintetic în tabelul 6.3.

Tabelul 6.3.

| Total (valori %) | Mișcări realizate de robot | | | | | |
|---------------------|----------------------------|--------|---------|---------|--------|-------------|
| | Translație | | | Rotație | | Prehensiune |
| | Bază | Braț | Coloană | Coloană | Braț | |
| 182/100 | 60/33 | 12/6,5 | 26/14,5 | 60/33 | 12/6,5 | 12/6,5 |

Din tabel rezultă că mișcarea de translație a bazei și cea de rotație a coloanei sînt mișcările cele mai frecvente, ele ocupînd 66% din totalul mișcărilor necesare pentru executarea unui ciclu de fabricare.

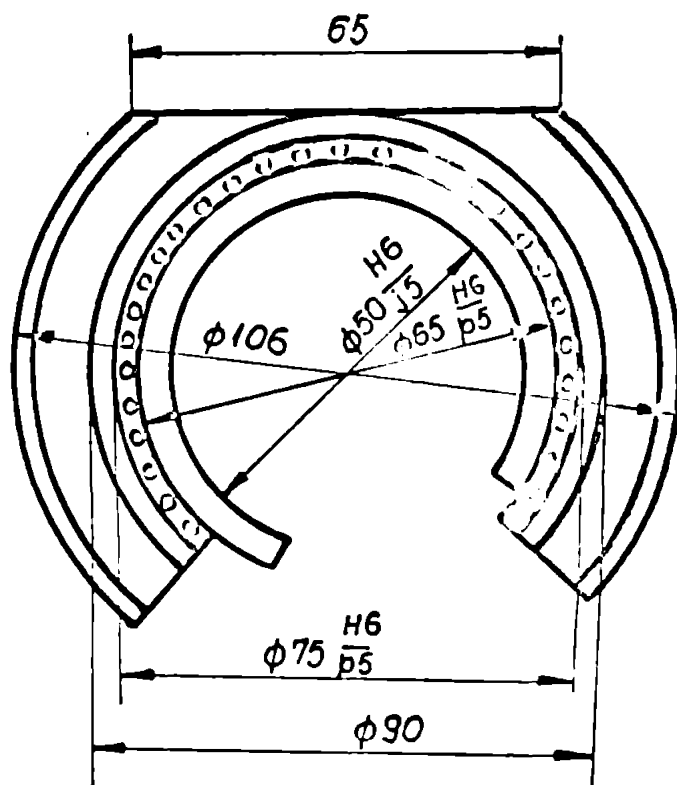
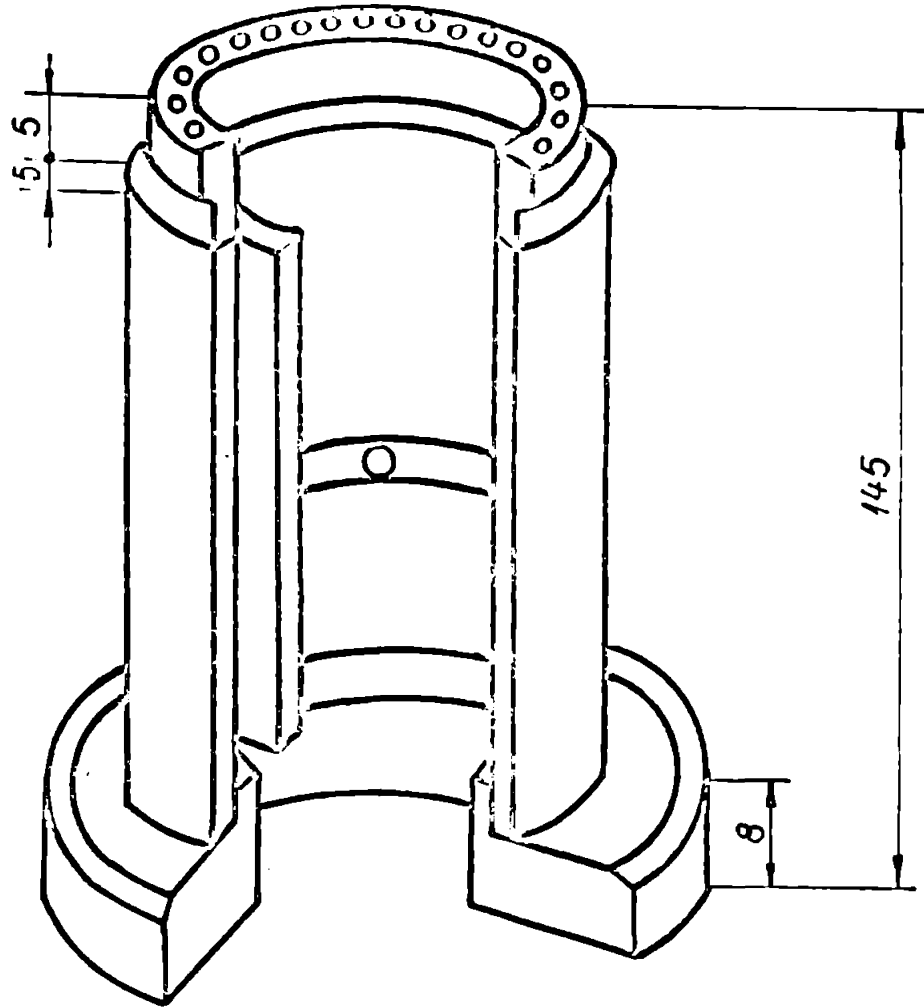
Ținînd seama de lungimea drumului parcurs de cuplele cinematice utilizate pentru cele două mișcări a rezultat că cel mai solicitat element al cuplei de translație sînt bușele de ghidare utilizate la translația bazei (fig.6.5)

Pentru aceste componente s-a trecut la efectuarea de testări a fiabilității lor pe cale experimentală.

6.2.2. Metodologia utilizată

Aprecierea fiabilității bușelor de ghidare s-a făcut în condiții de laborator avînd drept scop:

- Urmărirea modului de comportare a diverselor categorii de materiale la solicitările specifice cuplei cinematice de translație; s-au confecționat bușe din bronz turnat Bz14T, teflon și bronz grațitat.
- Aprecierea duratei de funcționare a bușei în regim de lucru



normal al robotului.

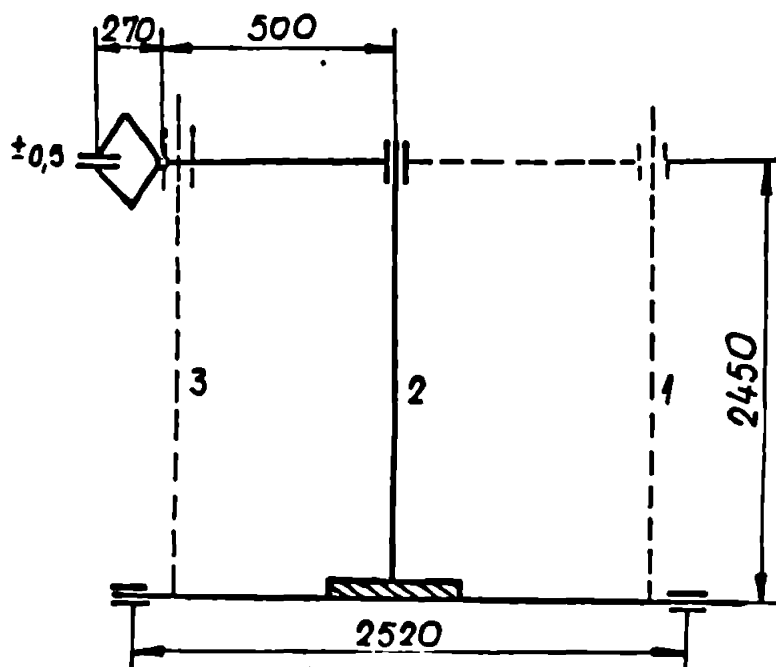
Pentru a modela condițiile de lucru reale, în laborator s-au studiat principalii factori care condiționează funcționarea cuplei cinematice de translație.

Dimensiunile și gabaritul robotului: lungimea ghidajelor cilindrice pe care glisează bușele $L_b = 2520$ mm, lungimea coloanelor verticale $L_v = 2450$ mm, lungimea brațului robotului $L_{br} = 500$ mm, lungimea mâinii mecanice $L_{mn} = 270$ mm. Ghidajele sînt confecționate din OL 50, cu suprafețe lustruite și cromate dur. Greutatea robotului $G = 800$ kg; numărul de translații de executat pentru realizarea unui produs finit în celulă este de 4; lungimea activă a ghidajelor este $L_{ba} = 1600$ mm; Productivitatea orară a celulei este $W_h = 20$ buc/oră produse finite. Regimul de lucru ales este de 3 schimburi a 8 ore fiecare.

Productivitatea muncii la nivelul unui an, a celulei este de: $W_{an} = 147.360$ buc/an. Precarea din cuplă este o frecare uscată.

Din datele prezentate rezultă că o bușă de translație va parcurge circa 943 km. anual.

Calculul erorilor de poziționare. Pentru aprecierea acestor factori s-a plecat de la ideea că uzura maximă a bușelor apare în momentul în care robotul nu mai asigură precizia impusă la dispozitivul de prehensiune. Schema de calcul utilizată are la bază indicațiile date în figura 6.6. În figură s-au evidențiat



țiat trei poziții de lucru ale robotului (marcate prin 1, 2, 3); pentru fiecare caz în parte s-a determinat eroarea ϵ_f , considerîndu-se că erorile ce apar la translația bazei se transmit neamplificate mecanismului de prehensiune. Calculul abaterii maxime a mecanismului de prehensiune funcție de erorile ce apar, se pre-

zintă sintetic în figura 6.7.a,b,c,

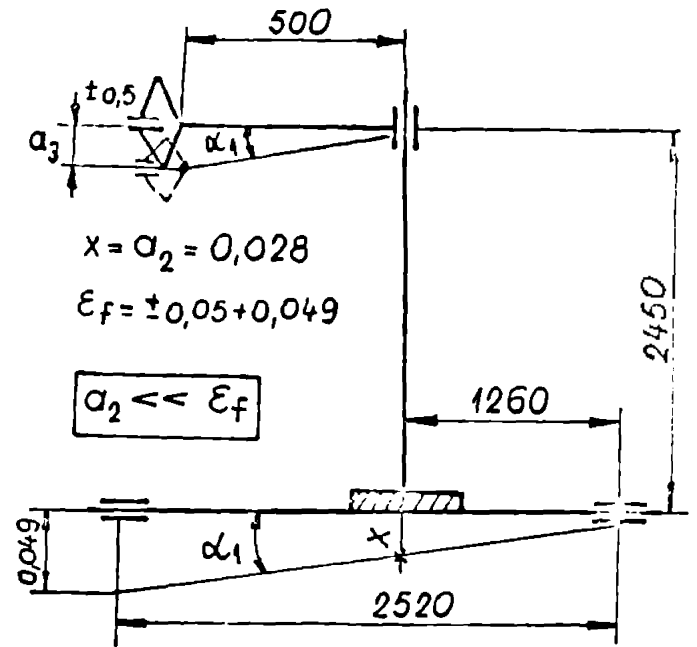
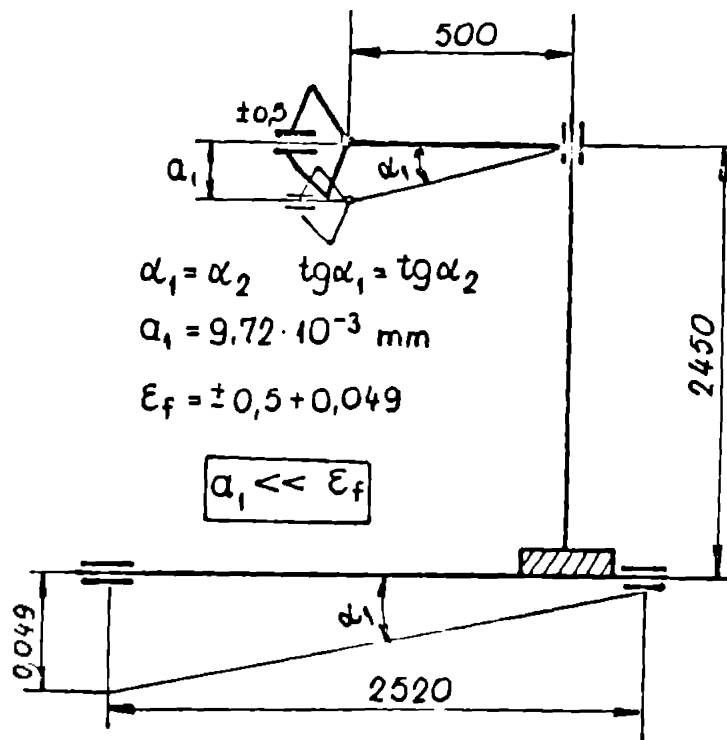


Fig.6.7. a și b

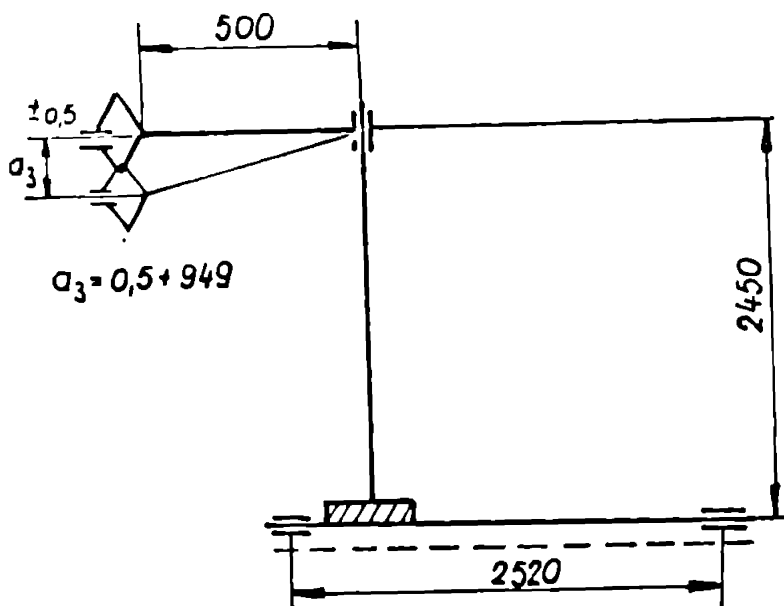


Fig.6.7. c

Din figură se observă că odată cu consumarea jocului maxim $J_{\text{max}} = 0,049$, precizia de prelucrare impusă mecanismului de prehensiune nu se mai poate respecta, deci se impune schimbarea bucșelor de ghidare (fig.6.8)

În condiții de laborator cupla cinematică de transmisie a fost asimilată cu o cuplă de frecare de tipul Maslov, sau o cuplă de clasă a III-a (47).

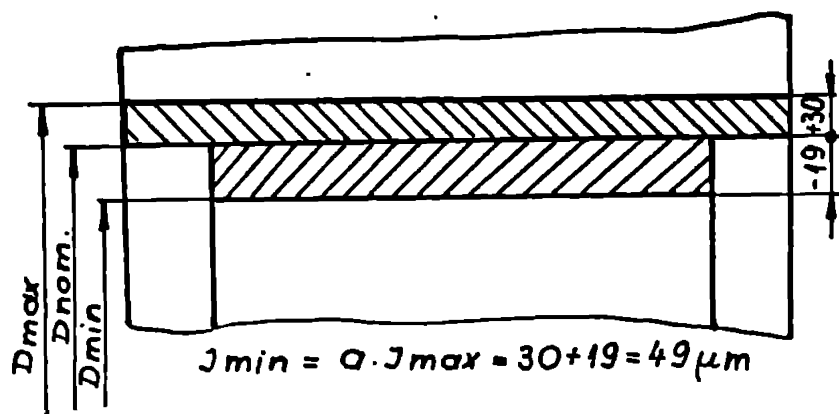


Fig. 6.8

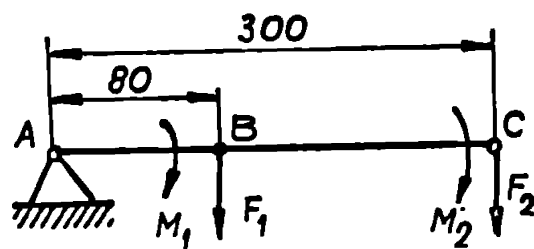


Fig. 6.9

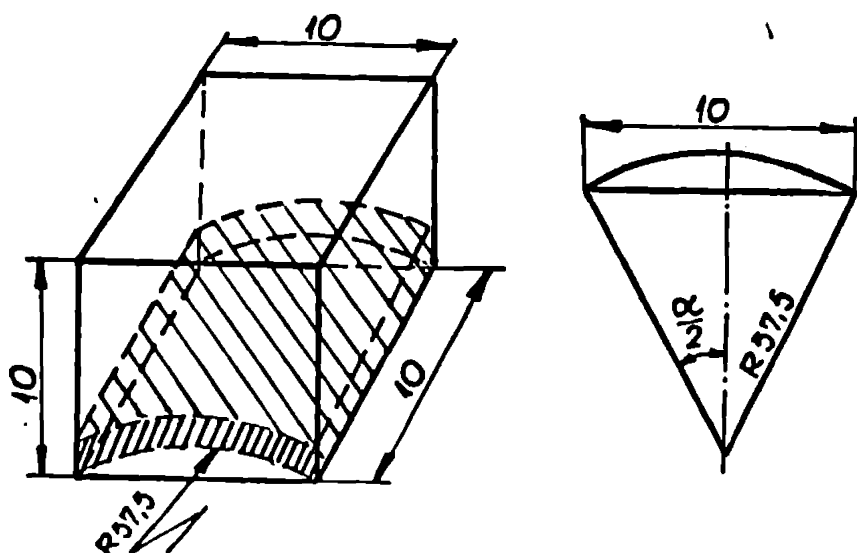


Fig. 6.10

Determinarea pară-
metrilor ce solici-
tă cupla Amster
în timpul încercă-
rărilor de labora-
tor se *referă* la
forța de încărcare
a cuplei volumul
de material dislocat
în timpul încercă-
rilor datorat ūsu-
rii și turația de
lucru optimă a stan-
dului. Forța de
încărcare s-a deter-
minat cunoscându-
se că sarcina nor-
mală între bucsă
și tijă este de
 $P = 1,7 \text{ daN/cm}^2$.
Determinarea greu-
tății cu care tre-
buie echipat stan-
dul se face conform
figurii 6.9. Din
figură se observă
că la 300 mm de
articulație se va
monta greutatea ce
va asigura o forță
de apăsare identică
cu P ; valoarea greu-
tății va fi 582 g.
În calculul greu-
tății s-a ținut seama
de faptul că tija
pe care se montează
greutatea are o
greutate proprie de
56 g.

Determinarea analitică a volumului de material dislocat datorită uzurii s-a efectuat pentru a putea determina masa materialului dislocat după un anumit interval de timp de solicitare prin cântărire și pentru a asigura un contact cât mai perfect în cadrul cuplei de frecare Amsler. Determinarea analitică se face conform figurii 6.10.

În figură s-a notat α = unghiul la centru corespunzător laturii cubului; s-a mai notat V_{c1} - volumul inițial al cubului; V_{c2} - volumul final al cubului de material; $V_{c2} - V_{c1}$ - volumul de material îndepărtat. Se cunosc $V_{c1} = 28,260 \text{ mm}^3$; $V_{c2} = 28,322 \text{ mm}^3$; $V_{c2} - V_{c1} = 62,87 \text{ mm}^3$.

Mărimea unghiului se determină cu relația (6.9)

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{5}{57,5} = 0,0370; \quad \alpha = 11^\circ \quad (6.9)$$

Volumul materialului îndepărtat este (6.10)

$$V_{\text{ind}} = \frac{V_2 - V_1}{360} = 1,93 \text{ mm}^3 \quad (6.10)$$

Masa de material îndepărtat este (6-11)

$$M_{\text{ind}} = D \cdot V_{\text{ind}} = 8,5 \cdot 1,93 \cdot 10^{-3} = 0,016 \text{ g} \quad (6.11)$$

În continuare se poate aprecia masa de material prin cântărire cu balanță de precizie. Cantitatea de material îndepărtată nu furnizează informații privind variația mărimii jocului în orice moment al solicitărilor.

Alegerea turației s-a făcut ținându-se seama de următoarele considerente:

- Gradientul de temperatură să fie păstrat la nivelul valorilor nominale;
- Regimul de lucru s-a stabilit în raport cu dimensiunile cuplei Amsler. Lungimea de referință a discului din structura cuplei este de 376,8 mm ținând seama de lungimea drumului parcurs de cupla de translație a robotului, numărul de rotații ale discului va fi de 600637 rot/anș; cunoscând vitezele de lucru ale robotului se poate determina gama de turații de pe stand; pentru gama de viteze a robotului $v \in (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7)$, v - [m/minut], corespunde gama de turații $n \in (270,8; 553,9; 1107; 1384; 1662; 1939)$, n - [rot/min]

Din această gamă de turații s-a ales turațiile

$n_1 = 200$ rot/min și $n_2 = 350$ rot/min deoarece celelalte valori nu asigură un gradient de temperatură la nivelul celui întâlnit în exploatarea reală a robotului. Rezultă că pentru turații cuprinse între 200 - 350 rot/min, regimul de lucru este de 17 ori mai accelerat față de regimul normal de lucru al robotului.

Incercările în regim accelerat s-au făcut pentru fiecare probă pe parcursul a 300 de minute; măsurătorile s-au efectuat la fiecare 60 de minute.

Parametrii regimului de lucru fiind stabiliți, s-a trecut la decuparea și prelucrarea eșantioanelor din materiale diferite (bronz turnat, teflon și bronz grafitat); în figura 6.11

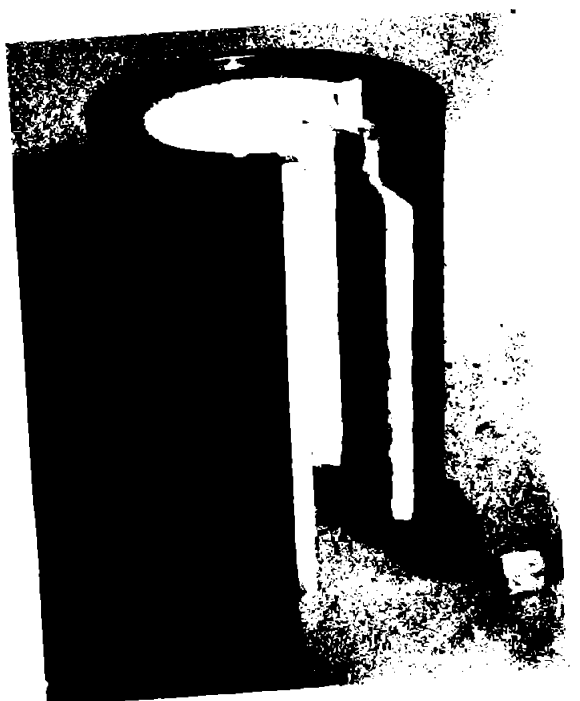


Fig. 6.11



Fig. 6.12

se prezintă un eșantion din teflon decupat din corpul bușei de ghidare propriu-zise. Dimensiunile cubului sînt de $10 \times 10 \times 10$ mm³. El prelucurează apoi pe una din fețe astfel încît să asigure un contact perfect cu discul de antrenare.

Aceste eșantioane, prelucrate au constituit o componentă a cuplei Amster. Cea de a doua componentă a constituit-o discul confecționat din același material cu tijolele de ghidare ale robotului și cromate dur. O vedere de ansamblu a celor două componente ale cuplei se prezintă în figura 6.12.

Diametrul exterior al discului este de 115 mm, iar lăţimea de $l = 20$ mm; diametrul interior este de $\varnothing 40$ mm.

6.3. Descrierea standului pentru determinarea fiabilităţii componentelor mecanice ale roboţilor

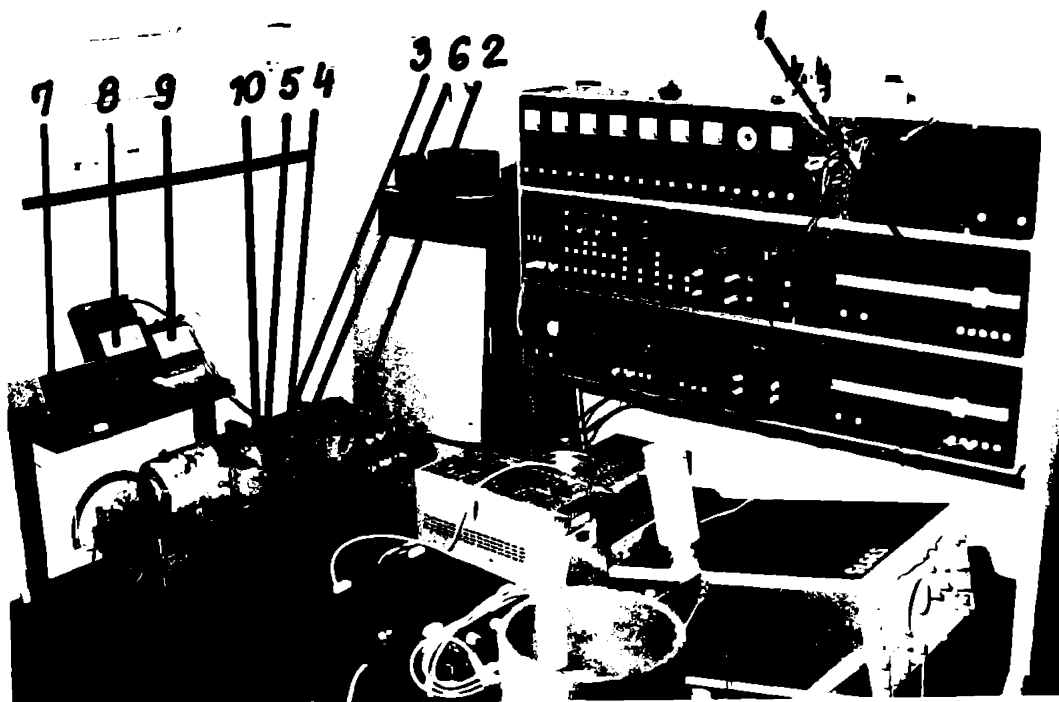


Fig. 6.13

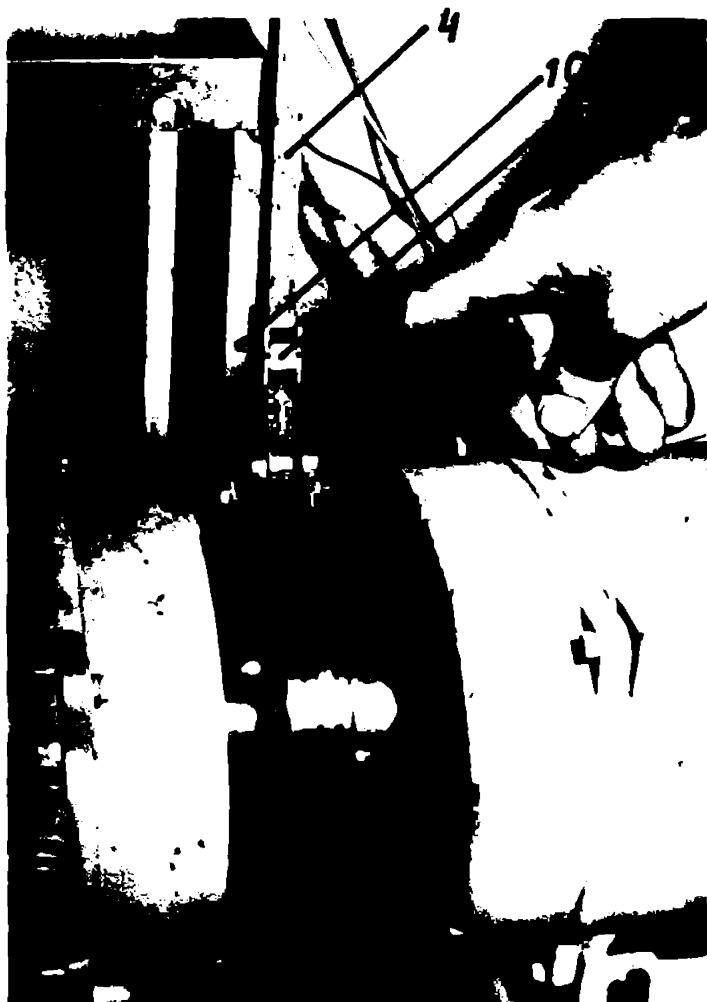


Fig. 6.14

Standul (fig. 6.13) are în structura sa următoarele componente:
Panoul de comandă (1) dotat cu echipamente de comandă, reglare și indicație, pentru diverse regimuri de lucru;
partea de acționare (2) compusă dintr-un generator de curent continuu (11) ce acționează un motor de curent continuu (12).

Prin acest montaj se creează posibilitatea de a efectua încercări privind fiabilitatea pentru diverse componente. Pe arborele de comandă al motorului se montează discul cromat (3), iar pe consola (4) special concepută se montează eșantionul (5) din materialul bușei. Greutatea (6) se fixează pe axul conului cu un șurub. Numărul de solicitări la care este supusă cupla se citește pe numărătorul (7); turația se poate controla cu ajutorul turometrului (8), iar gradientul de temperatură cu ajutorul indicatorului (9). Un detaliu al cuplei Ansler se prezintă în fig.6.14. În figură se observă modul de fixare al eșantionului pe consolă precum și partea de sesizare a gradientului de temperatură (10), care transmite informații privind modul de comportare a cuplei, în timpul solicitărilor ce au loc din punct de vedere a solicitărilor termice.

Partea de acționare este montată pe amortizoare

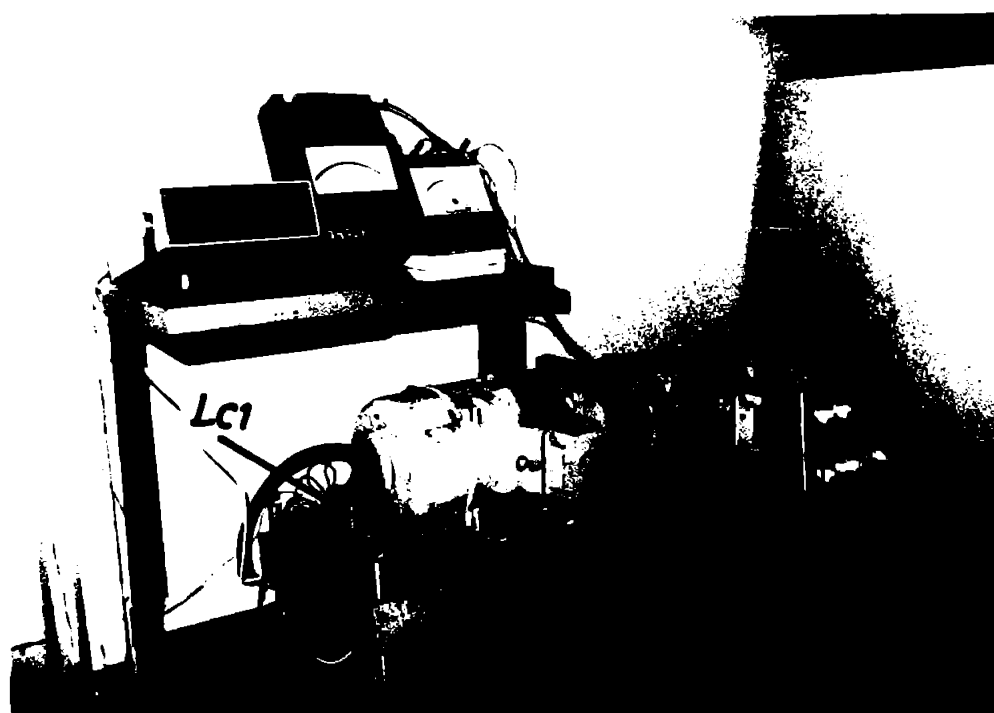


Fig.6.15

din cauciuc pentru a se asigura protecția împotriva vibrațiilor; un detaliu al părții de acționare, în timpul încercărilor se prezintă în figura 6.15.

Partea electrică de acționare se compune dintr-un set de contacte normal deschise, rezistența reglabilă R, bobina B și becul de control; conexiunea bornelor este dată în figura 6.16 a și b.

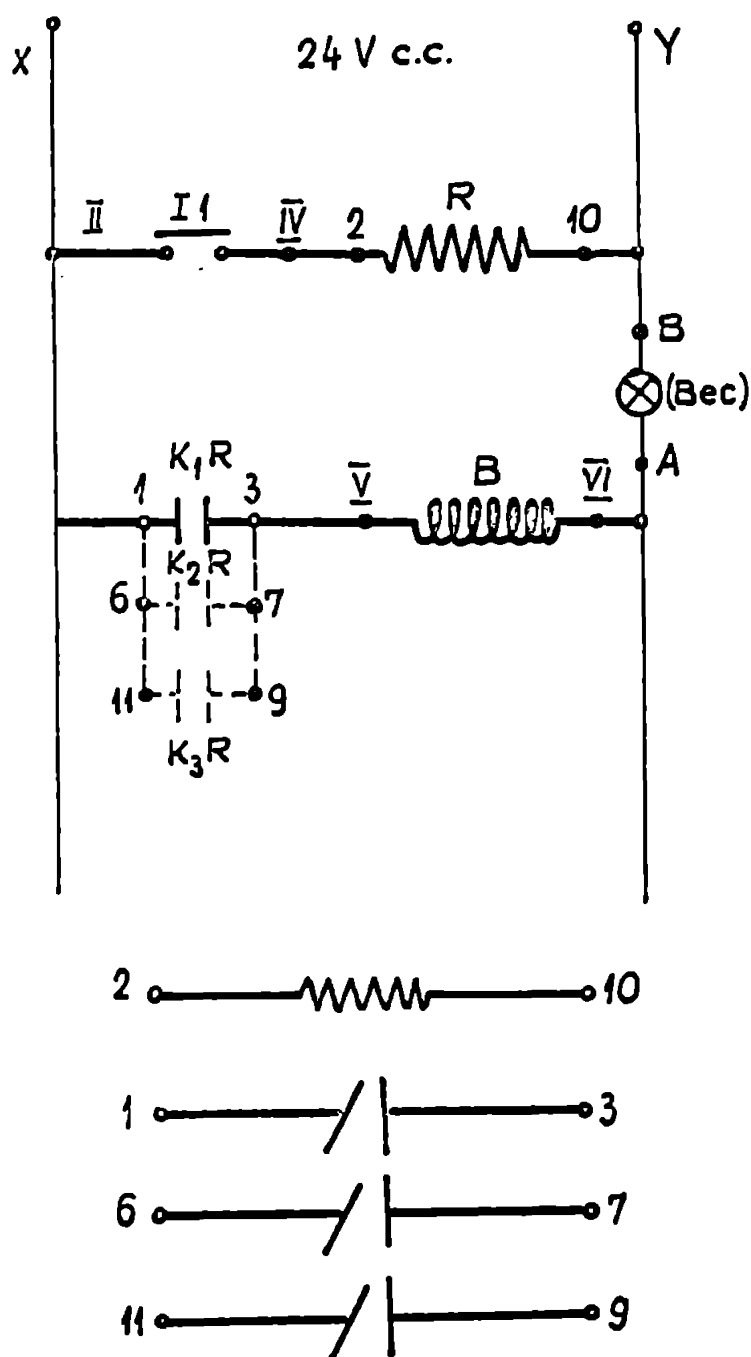


Fig. 6.16.a

Pe baza datelor prezentate tabelar s-au trasat diagramele din figura 6.17, 6.18 și 6.19.

În diagrama din fig. 6.17 s-a urmărit modul în care se realizează uzura eșantionelor din Bz 12 T și bronz grafitat. Se observă că pentru turația $n = 200$ rot/min viteza de uzură a bronzului grafitat este ceva mai redusă datorită faptului că grafitul are un efect de ungere a pieselor în contact.

În diagrama din figura 6.18 s-a urmărit modul în care s-a realizat uzura eșantionului din teflon pentru două viteze de lucru diferite. Se observă că procesul de uzură este mai intens pentru $n = 300$ rot/min decât pentru $n = 200$ rot/min.

În diagrama din figura 6.19 s-a urmărit modificarea

înălțimii cubului din componența cuplei (b). În funcție de valorile obținute pentru h , se poate stabili numărul de ore de funcționare a cuplei cinematice până la ieșirea ei din uz. Remedierea unei cuple cinematice realizându-se prin schimbarea unuia din partenerii în contact, de obicei cel care prezintă uzură mai accentuată.

Tinând seama de valoarea jocurilor maxime admise la mecanismul de prehensiune, se recomandă pentru bușele de ghidare ale mecanismului de translație următorul număr de ore de funcționare: pentru bușă confecționată din Bz 12 T circa 720 ore; pentru bușă confecționată din teflon 624 ore; pentru bușă con-



6.4. Prelucrarea rezultatelor

Rezultatele încercărilor se prezintă în sinteză în tabelul 6.4.

Tabelul 6.4

| Material | Nr. determinării | Durața încercării (ore) | Nr. de cicluri | Nr. de cicluri | Greutatea probei (g) | Cota (mm) | | Observații | |
|----------------|------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------------|-----------|-------------|------------|---|
| | | | | | | Măsu-rată | Cal-cu-lată | | |
| BRONZ | 1 | 1 | 200 | 10.000 | 8,0120 8,0118 | 0,0002 | 10,16 | 10,1564 | 9,30 - 10,30 |
| | 2 | 1 | 200 | 10.000 | 8,0118 8,0114 | 0,0004 | | 10,1493 | 10,30 - 11,50 La 11,50 întrerupere de curent |
| | 3 | 1 | 200 | 10.000 | 8,0114 8,0106 | 0,0008 | | 10,1351 | 9,50 - 10,50 |
| | 4 | 1 | 200 | 10.000 | 8,0106 8,009 | 0,0016 | | 10,1289 | 11,20 - 12,20 |
| TEFLON | 5 | 1 | 200 | 10.000 | 1,9536 1,9324 | 0,0212 | 10 | 9,9964 | 9,40 - 10,40 Disc uzat peste limită |
| | 6 | 1 | 200 | 10.000 | 1,9324 1,8993 | 0,0331 | | 9,9905 | 11,20 - 12,20 Disc uzat peste limită |
| | 7 | 1 | 200 | 10.000 | 1,8993 1,8574 | 0,0419 | | 9,9830 | 12,30 - 13,30 |
| | 8 | 1 | 200 | 10.000 | 1,8574 1,8083 | 0,0491 | | 9,9742 | 8,20 - 9,20 |
| BRONZ GRAFITAT | 9 | 1 | 200 | 10.000 | 9,8332 9,8327 | 0,0005 | 2+8 | 9,99108 | 10,25 - 11,25 |
| | 10 | 1 | 200 | 10.000 | 9,8327 9,8319 | 0,0008 | | 9,97679 | 11,30 - 12,30 |
| | 11 | 1 | 200 | 10.000 | 9,8319 9,8304 | 0,0015 | | 9,95005 | 8,30 - 9,30 |
| | 12 | 1 | 200 | 10.000 | 9,8304 9,8275 | 0,0020 | | 9,8983 | 10 - 11 |
| TEFLON | 13 | 1 | 300 | 10.000 | 1,9436 1,9015 | 0,0421 | 10,11 | 10,0921 | 8,40 - 9,40 |
| | 14 | 1 | 300 | 10.000 | 1,9015 1,8272 | 0,0743 | | 10,0559 | 9,50 - 10,50 |
| | 15 | 1 | 300 | 10.000 | 1,8272 1,7259 | 0,1013 | | 10,0098 | 11,30 - 12,30 |

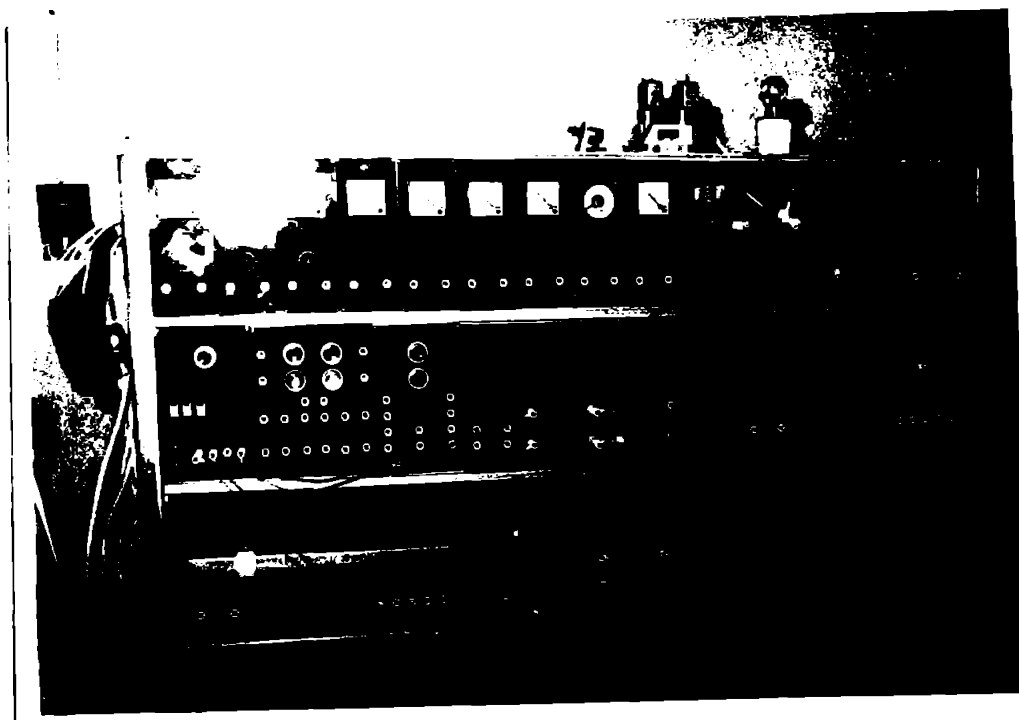


Fig. 6.16.b

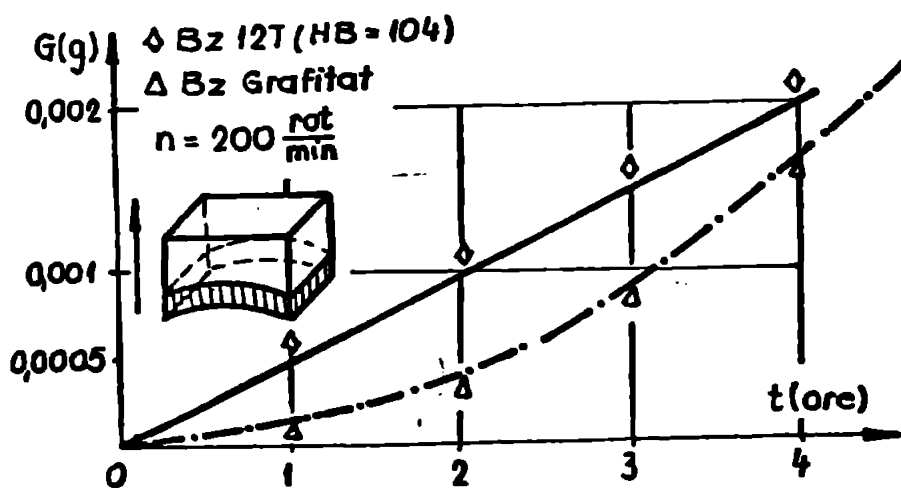
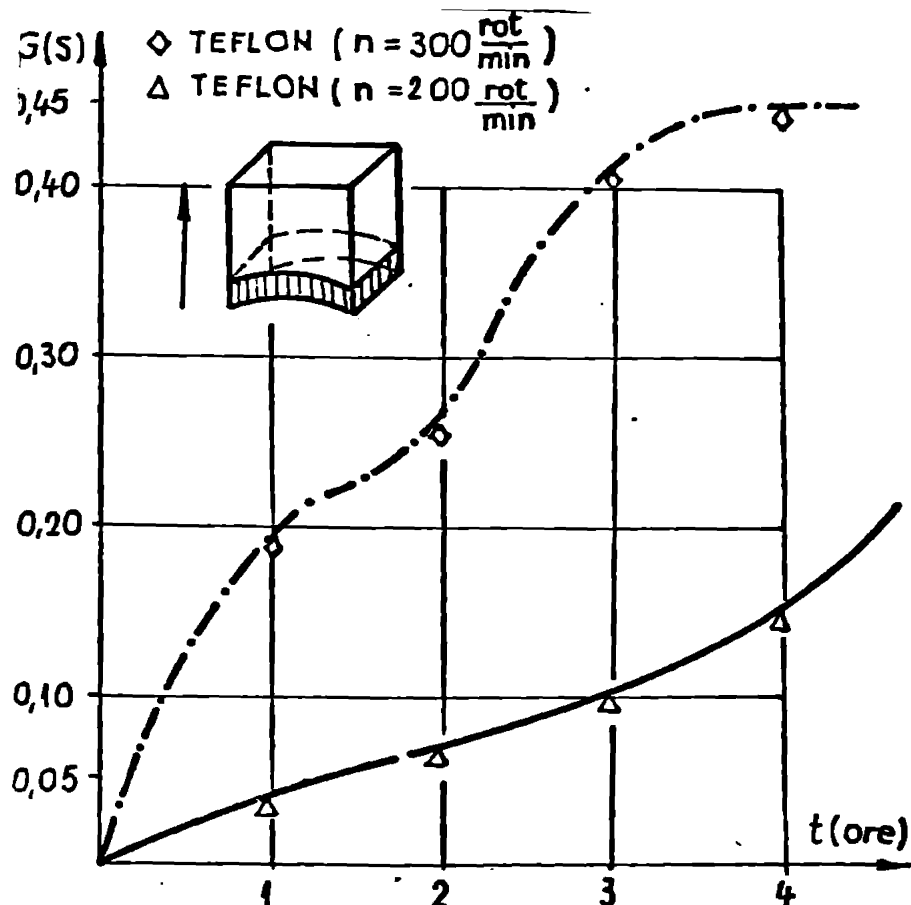


Fig. 6.17

fecționată din bronz grafitat 233 ore.

În funcție de regimul de lucru admis pentru întreaga celulă de fabricație se poate aprecia cu exactitate momentul în care buca de ghidare poate fi înlocuită.



Astfel, pentru un regim de 3 schimburi a 8 ore, într-un an se vor efectua 10 schimbări pentru cazul bușelor confecționate din Bz12T, 11 schimbări pentru cazul bușelor confecționate din teflon și 31 de schimbări pentru cazul bușelor confecționate din bronz grafitat. Cheltuielile ocazionate de schimbarea bușelor de ghidare pe parcursul unui an ($C_{tot an i}$) țin seama de următoarele elemente, prezentate în relația 6.12.

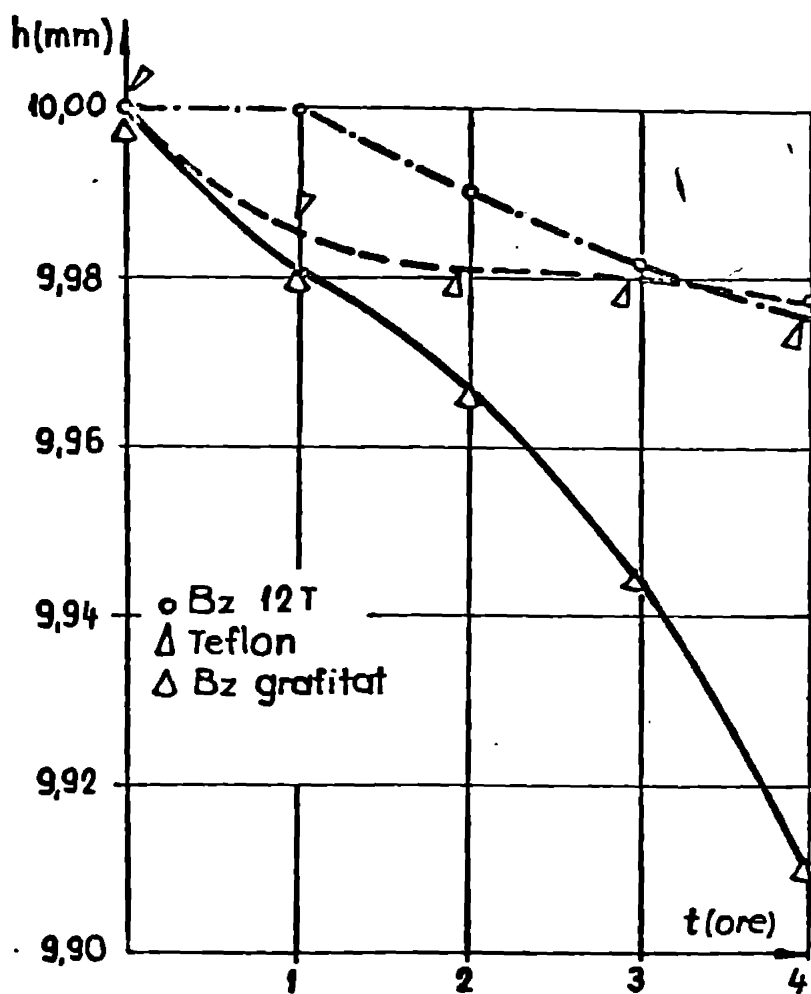


Fig. 6.19

$$C_{tot an i} = [C_{mat i} + C_{setri} (1 + R_s) + C_{d m}] Q_{an} [le/an] \quad (6.12)$$

re:

$C_{mat\ i}$ - cheltuielile cu materialul; C_{xtr} - cheltuielile cu retribuirea - țin seama de faptul că bușca se prelucurează mecanic și apoi se ajustează și se montează în ansamblul translației;
 C_{dm} - cheltuieli de demontare - montare a bușei; Q_{an} - volumul anual de bușe necesar; $R_s=regia$ - secției ce confecționează integral bușele

i - calitatea materialului din care se confecționează integral bușele.

În calculele efectuate nu s-a ținut seama de pierderile datorate întreruperii procesului de fabricație a celulei, datorită schimbării unui set de bușe. Rezultatele calculelor se prezintă în sinteză în tabelul 6.5.

Tabel 6.5

| i | Q_{an} buc/an | C_{mat} lei/buc | C_{setr} lei/buc | C_{dm} lei/buc | C_{tot} lei/an |
|-----|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 40 | 40 | 59 | 66 | 5200 |
| 2 | 44 | 25 | 59 | 66 | 5060 |
| 3 | 124 | 60 | 59 | 66 | 10600 |

Din tabel se poate observa că soluția mai economică vizează teflonul, apoi Bz 12T și în ultimă instanță bronzul grafitat.

În laborator metodologia prezentată este utilizată pentru aprecierea disponibilității unor componente ca: microîntreprătoare de diverse tipuri, limitatoare de cap de cursă, distribuitoare hidraulice, relee de diverse tipuri utilizate frecvent la construcția roboților din familia REMT.

Standul permite elaborarea unor montaje, în care factorii perturbatori să fie dirijați după o lege de variație similară cu **condițiile** reale, dar frecvența apariției lor să fie intensificată; prin aceasta se permite scurtarea timpului destinat încercărilor de laborator pentru aprecierea fiabilității elementelor.

În figura 6.20 și figura 6.21 se prezintă montajul care permite determinarea pentru un sistem de acționare ce are în structură un limitator de cursă (Lc) un relee de timp (RT) și un distribuitor electropneumatic.



Fig.6.20

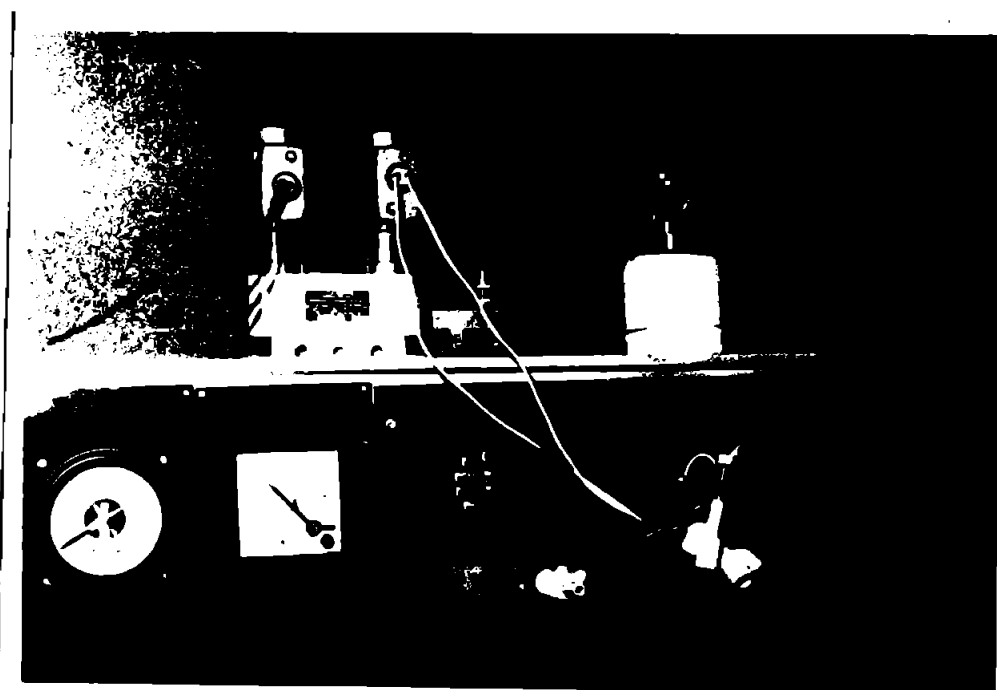


Fig.6.21

C A P I T O L U L 7

DISPONIBILITATEA CUPLEI CINEMATICE DE TRANSLATIE DIN STRUCTURA AMORTIZORULUI CU FRECARÉ USCATA DE TIPUL AFU 600/480

7.1. Aspecte privind eficiența economică a asamblării în fabricația de serie a amortizorului cu frecare uscată.

Amortizorul cu frecare uscată de tipul AFU-600/480 este un subansamblu al locomotivei Diesel cu transmisie electrică. Din punct de vedere al funcțiunilor pe care le îndeplinește, precum și din punct de vedere al structurii sale, poate fi considerat un produs complex.

Elementele componente ale amortizorului se prezintă în figura 7.1. S-au făcut notațiile: 1. Articulație sferică (2 buc).

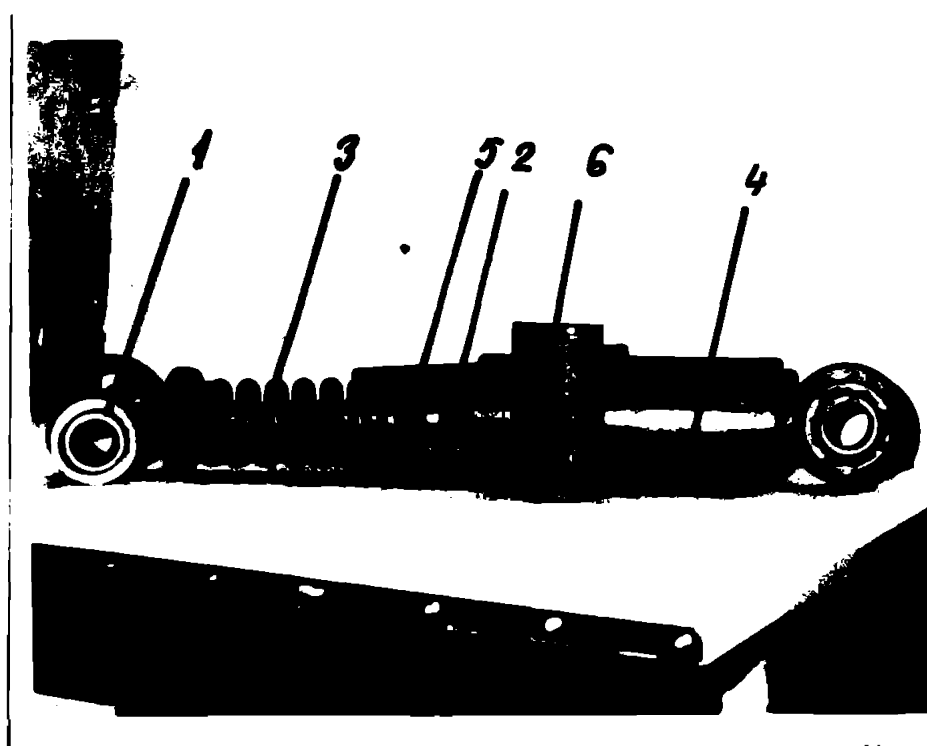


Fig.7.1.

2. Disc de presiune (1 buc). 3. Arc spiral (1 buc). 4. Corp amortizor (1 buc). 5. Inel cu fețe înclinate (1 buc). 6. Segment placat cu masă plastică (3 buc). Amortizorul cu frecare uscată are rolul de a prelua șocurile și vibrațiile cutiei locomotive (carose-riei, motor, cutiu

de viteze, boghiuri) la trecerea acestora peste capetele de linie, sau peste încrucișările de linii din stații.

Principiul funcțional este următorul: prelucrarea vibrațiilor se realizează prin deplasarea relativă a segmentelor pla-

cate cu masă plastică în raport cu capul amortizorului. Forța de frecare între segment și cap este realizată prin presarea inelului cu fețe înclinate de un arc spiral; forța arcului se poate regla cu ajutorul discului de presiune.

Discul de presiune este acționat de arc spiral. Forța de amortizare dezvoltată de arc variază între 480 - 600 daN, în funcție de felul solicitării. La o cursă dublă are loc o întindere și o compresiune a arcului spiral.

Amortizorul cu frecare uscată prezintă câteva avantaje față de amortizoarele hidraulice: au o construcție mai rigidă, având în structură numai componente mecanice; pot fi recondiționate mult mai ușor, prin schimbarea componentelor cu grad ridicat de uzură (articulație sferică, segment plăcat cu masă plastică); prin aceasta se poate reduce costul activității de întreținere.

Pentru o locomotivă Diesel sînt necesare 24 bucăți amortizoare.

Amortizorul se procură din import, pe licență Vest, la prețul de 280-320 \$/bucată; plecîndu-se de la necesitatea asigurării cu amortizoare a unui număr de 100 buc. locomotive/an rezultă un consum anual de $Q_{an} = 2400$ buc. amortizoare pe an ceea ce echivalează cu un import în valoare de 360.000 \$ anual.

Asimilarea în țară a produsului s-a realizat în cadrul Institutul politehnic "Traian Vuia" din Timișoara sub denumirea: APU tip IT 600/480 (68).

Eficiența economică privind asimilarea noului tip de amortizor ține seama de volumul critic anual al producției (Q_{cr}) pentru care varianta din import și cea fabricată în țară au același cost și durata de recuperare a investiției necesare asimilării în țară a amortizorului (D_r).

Costul fabricației (C_p) amortizorului s-a determinat cu relația (7.1)

$$C_p = C_{mat} + C_{retr}(1+R_g) + \frac{C_{fix}}{Q} \quad \text{lei/buc} \quad (7.1)$$

în care: C_{mat} = cheltuieli cu materialul necesar fabricației amortizorului (lei/buc); C_{retr} = cheltuieli cu retribuția necesară fabricației amortizorului (lei/buc); R_g = regia secției care confecționează amortizorul; C_{fix} = cheltuielile fixe necesare fabricației unui volum de producție (Q).

Efectuînd antecalculația rezultă pentru costul fabricației relația (7.2):

$$C_p = 500 + 865 (1+1,5) + \frac{300.000}{Q} \text{ (lei/buc) (7.2)}$$

Menționăm că procentul cheltuielilor cu regia este redus pentru cazul analizat, deoarece produsul se execută în cadrul Secției de prototipuri și microproducție.

Pentru un amortizor fabricat în cadrul Secției rezultă un cost al fabricației unitar $C_p = 2712$ lei/buc sau, ținînd seama de cursul valutar oficial un cost $c_p = 200$ \$/buc

Reprezentînd grafic costurile unitare în raport cu volumul producției anuale (Q_{an}) (figura 7.2) rezultă că pentru 240

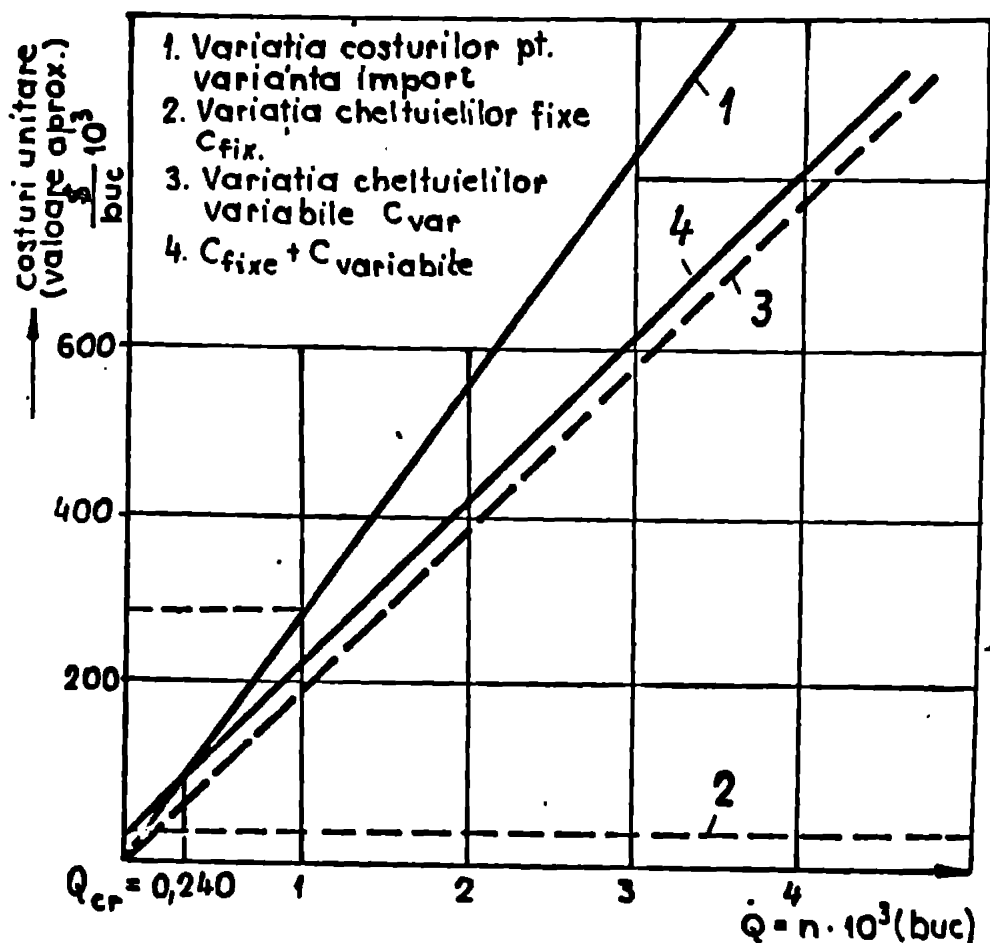


Fig. 7.2.

bucăți amortizoare costul fabricației se situează la nivelul prețului de import. Pentru volume de producție mai mari, este rentabilă asimilarea în fabricație a noului produs, aceasta este de fapt varianta pentru care Ministerul Căilor Ferate a optat.

Analitic, egalînd costul fabricației cu costul unitar pentru cazul cînd amortizorul este importat se poate scrie:

$$500 + 865(1+1,25) + \frac{300.000}{Q_{cr}} = 280.14 \cdot Q_{cr} \quad 240 \text{ lei/an} \quad (7.3)$$

În relația (7.3) s-a utilizat un curs valutar oficial $C_{vo} = 14 \text{ lei/\$}$.

Calculul duratei de recuperare a investiției (D_r) necesare fabricației amortizorului se poate aprecia cu relația (7.4)

$$D_r = \frac{I}{(C_v - C_f) Q_{an}} \quad (\text{ani}) \quad (7.4.)$$

în care: I - investiția pentru asimilarea în țară a amortizorului (lei)
 C_v - costurile necesare achiziționării din import a amortizorului (lei/buc)

Pentru cazul nostru $D_r = 2,5 \text{ ani} < D_{rn}$, deci și din acest punct de vedere este rentabilă asimilarea în fabricație a amortizorului.

D_{rn} - durata de recuperare normată a investiției = 5 ani.

Cheltuielile recalculat (K_j), după care varianta asimilării în fabricație este mai rentabilă se apreciază cu relația (7.5)

$$K_j = (I_{ind} + C_{ci} \cdot D_{rn}) \text{ (lei)} \rightarrow \min \quad (7.5)$$

în care:

j - varianta pusă în discuție ($j=2$)

$$C_{ci} = C_f \cdot Q_{an} \quad [\text{lei/an}]$$

Pentru cazul nostru procurarea din import necesită

$K_1 = 53.155.200 \text{ lei/an}$, iar asimilarea în fabricație proprie necesită $K_2 = 32.844.000 \text{ lei/an}$.

Și din acest punct de vedere este rentabilă asimilarea în fabricația proprie a amortizorului.

În concluzie analizînd din punct de vedere economic rentabilitatea asimilării în fabricație proprie a amortizorului cu încredințarea a rezultat că asimilarea este rentabilă din punct de vedere a duratei de recuperare a investiției, din punct de vedere al costurilor unitare de fabricare a produsului.

7.2. Aprecierea fiabilității precalculate a amortizorului cu frecare uscată de tipul AFU 600/480

Asimilarea amortizorului de tipul AFU în fabricație curentă a impus rezolvarea unor probleme constructive care nu fac obiectul lucrării de față și rezolvarea unor probleme privind modul de comportare al amortizorului în exploatarea curentă. Pentru a putea răspunde la cea de a doua problemă, pentru prototipurile confecționate s-a pus problema determinării fiabilității lor.

În timpul solicitării lor amortizoarele prezintă vibrațiile transmise de cele două sisteme pe care acestea le leagă. Vibrațiile sînt forțate și au un singur grad de libertate. Mecanismul matematic al transiterii lor a fost studiat în amănunțime (45) pentru aprecierea fiabilității precalculate s-a făcut o analiză a modului în care sînt legate elementele componente ale amortizorului (fig.7.3), și modul în care ele răspund solicitărilor

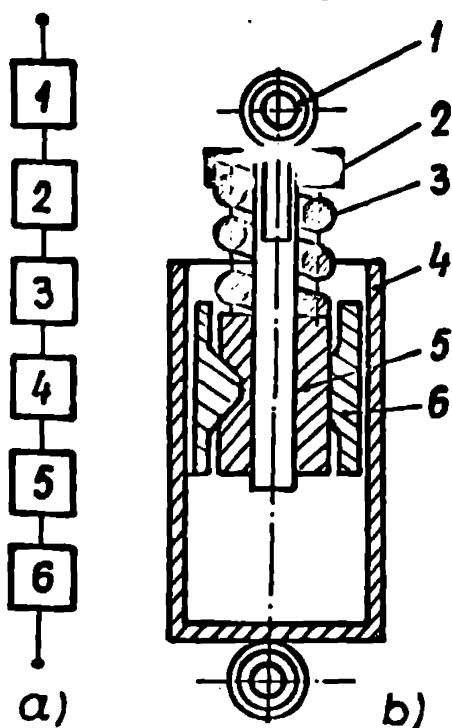


Fig. 7.3.

în timpul funcționării. Intensitatea de defectare a amortizorului λ_{an} se poate determina conform figurii 7.3.a cu relația 7.6

$$\lambda_{an} = \sum_{i=1}^6 \lambda_i \cdot N_i \quad (7.6)$$

în care λ_i = intensitatea de defectare a elementului i ; N_i - numărul elementelor i de aceeași fel, supuse solicitărilor; $i_1 \dots 6$ - numărul de elemente luate în considerare.

În ipoteza că toate elementele componente admit o fiabilitate exponențială (22), ipoteză aplicabilă la produsele complexe care au în structura lor elemente mecanice, funcția fiabilității sistemului $R_{am}(t)$ și timpul mediu de bună funcționare (\bar{t}) se pot scrie cu relațiile

$$R_{am}(t) = e^{-\lambda_{am} t} \quad \text{și} \quad \bar{t} = \frac{1}{\lambda_{am}} \quad (7.7)$$

Datele necesare efectuării calculelor se prezintă în tabelul 7.1.

Tabelul 7.1

| Nr. crt. | Denumirea elementului | $\lambda_i \cdot 10^{-6}$ [1/oră] | Nr. de repere pe 1 buc. produs |
|----------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. | Articulația sferică | 2,5 | 2 |
| 2. | Disc de presiune | - | 1 |
| 3. | Arc spiral | 0,11 | 1 |
| 4. | Corp amortizor | 0,03 | 1 |
| 5. | Inel cu fețe înclinate | 0,002 | 1 |
| 6. | Segment placat cu | 2,1 | 3 |

Tinând seama de relațiile 7.6 și 7.7 se determină

$$\lambda_{am} = 11,446 \cdot 10^{-6}$$

$$R_{am}(t) = e^{-11,446 \cdot 10^{-6} \cdot t}$$

$$\bar{t} = 87.400 \text{ ore}$$

Admitem că amortizorul este un subsansabil solicitat continuu în timp (din momentul montării lui pe locomotivă pînă în momentul demontării lui de pe locomotivă, solicitarea este continuă), se aproximează în medie durata de viață a unui amortizor la 10 ani.

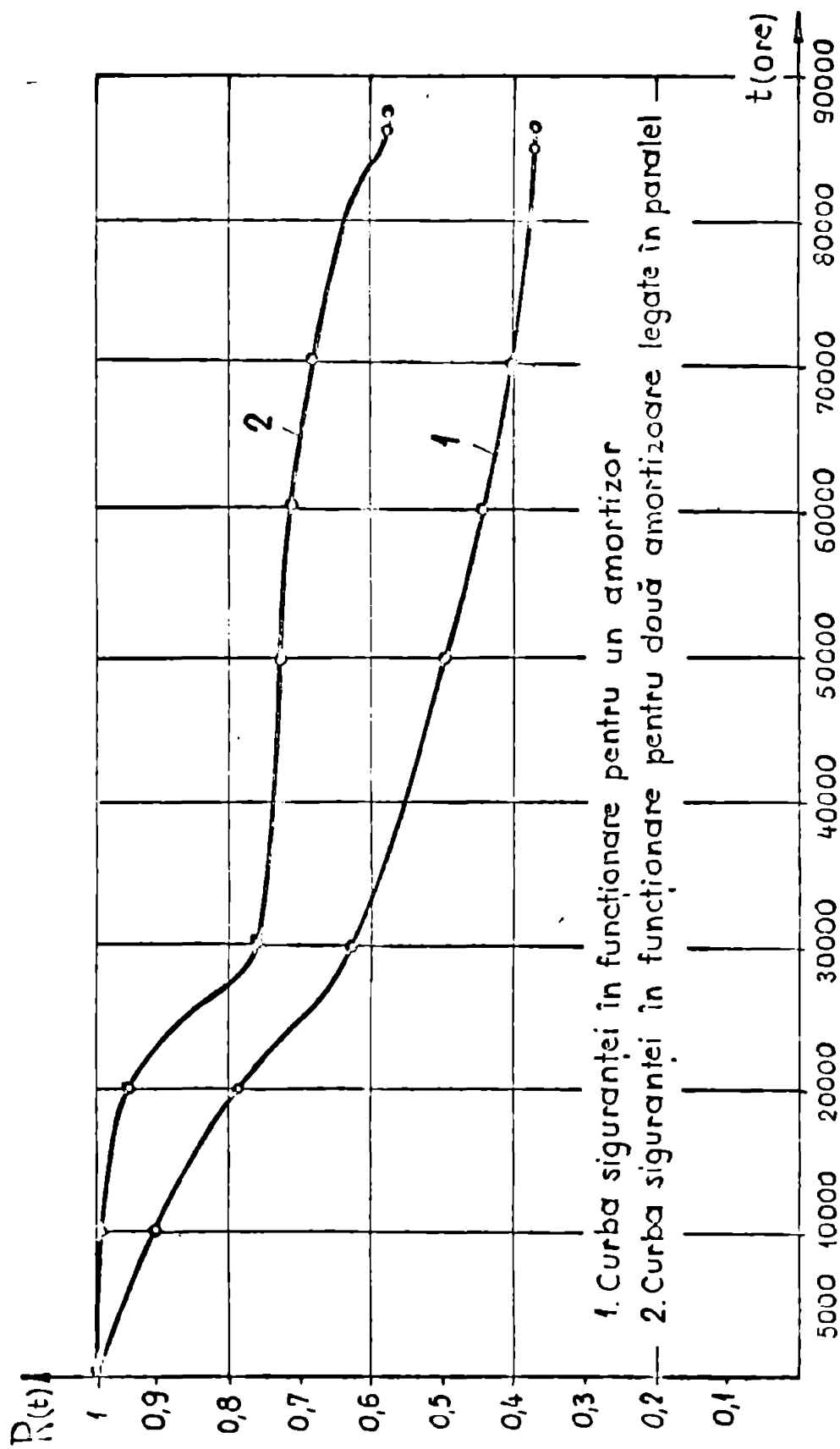
Variația funcției fiabilității, calculată pentru acest interval se prezintă în tabelul 7.2.

Tabelul 7.2

| | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| t(ore) | 500 | 1000 | 10000 | 20000 | 30000 | 50000 | 70000 | 100000 | 170000 | 275000 |
| $R_{am}(t)$ | 0,9886 | 0,9825 | 0,891 | 0,7954 | 0,6326 | 0,5032 | 0,448 | 0,4002 | 0,3694 | 0,3070 |

Reprezentarea grafică a funcției fiabilității este dată în figura 7.4, curba nr.1.

În scopul creșterii fiabilității amortizorului, s-au montat două amortizoare în paralel la fiecare roată de rulare; prin aceasta fiabilitatea totală a sistemului se poate scrie cu relația:



1. Curba siguranței în funcționare pentru un amortizor
 2. Curba siguranței în funcționare pentru două amortizoare legate în paralel

Fig. 7.4

$$R_{tot}(t) = e^{-2} \lambda_{am} \cdot t \quad (7.2)$$

Variația funcției fiabilității, pentru diverse valori ale intervalului de timp t , se prezintă grafic în tabelul 7.3.

Tabelul 7.3

| t (ore) | 500 | 1.000 | 10.000 | 20.000 | 30.000 | 50.000 | 70.000 | 80.000 | 85.000 | 87.000 | 87.500 |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\frac{R(t)}{\lambda_{am}}$ | 0,9886 | 0,9880 | 0,9870 | 0,9500 | 0,7620 | 0,7450 | 0,6947 | 0,6557 | 0,6131 | 0,6020 | 0,5990 |

Reprezentarea grafică a funcției fiabilității pentru cazul celor două amortizoare este dată în figura 7.4. curba nr.2.

Se observă că prin soluția constructivă adoptată și nivelul fiabilității $R_{tot}(t)$ a crescut astfel încât la efectuarea fiecărei revizii anuale (după circa 10000 ore de funcționare a locomotivei) se pot refolosi amortizoarele, efectuându-se numai mici reglaje sau înlocuiri de componente mai puțin pretențioase.

7.3. Realizarea standului pentru determinarea fiabilității experimentale a amortizoarelor cu frecare uscată de tipul AMU 600/480

Aprecierea fiabilității amortizoarelor cu frecare uscată de tipul AMU, încercarea și etalonarea lor se impune ca o condiție deosebită, ținând seama de regimurile de lucru intensive la care aceste produse complexe sînt supuse.

În acest scop, în laboratorul pentru studiul fiabilității produselor complexe s-a proiectat și executat un stand a cărui imagine se prezintă în figura 7.5. a și 7.5. b.

Condițiile impuse standului sînt:

- Să prezinte o rigiditate mărită pentru a asigura stabilitate în funcționare la 2 posturi de lucru, în intervale de timp apreciate la nivelul zecilor de ore de funcționare;
- Să aibă în structură componente sigure, cu fiabilitate cît mai ridicată;
- Să prezinte viteze de lucru variabile, cuprinse între 2,7-3,5m/min și frecvența 20-30 curse duble/minut;
- Să poată lucra în regim de comandă manuală sau comandă automată;
- Să prezinte informații referitoare la: numărul de cicluri la care este solicitat amortizorul, variația forței de amortizare în timp

temperatura atinsă de amortizor pe parcursul solicitării sale.

Structura de rezistență a standului este realizată din profile metalice sudate. Pentru creșterea stabilității dispozitivului partea de acționare este montată pe o platformă laterală sudată cu cadrul principal al standului fig.7.6.

Acționarea standului s-a realizat cu ajutorul unui grup motor pompă compus dintr-un motor electric de tipul B3-132A x7,5x1500 A și o pompă cu roți dințate de tipul ; acționarea amortizoarelor montate câte două pe stand, s-a realizat cu ajutorul a două hidromotoare liniare cu o cursă de 55 mm.

Acționarea standului se poate face manual, cu ajutorul unui distribuitor basculant cu două căi sau automat, utilizând un distribuitor hidraulic pilotat electromagnetic (cod 04.5004-04.71.20; $p = 200$ $Q = 170$ l/min). Schema acționării hidraulice a standului se prezintă în figura 7.7.; s-au utilizat notațiile DI - distribuitor hidraulic pilotat electromagnetic; SDP - supapă de descărcare a presiunii; SS1SS2- supapă de siguranță. Pe pompă TUROLA SARRS-soră cu filtru pentru uleiul hidraulic; R₂ - rezervor pentru ulei; F - filtru de ulei; HM1, HM2 - hidromotor liniar; M - manometru, DR1, DR2 - drosel pentru reglarea debitului.

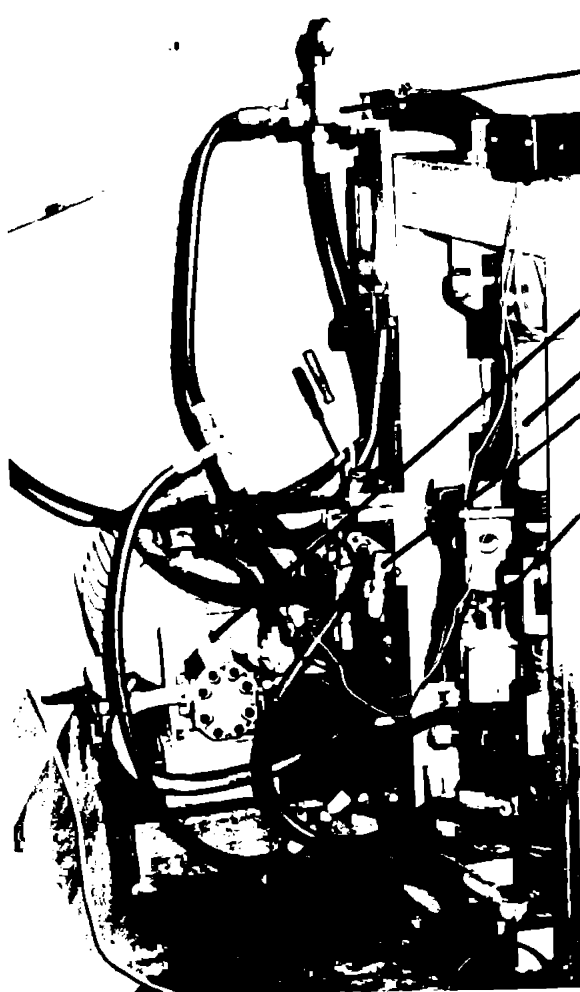
Inregistrarea numărului de curse (număr cicluri) se realizează cu un numărător electromagnetic pentru a cărei acționare se utilizează schema electrică din figura 7.8.

Transformatorul de rețea TR furnizează tensiunea U ce alimentează diodele D₁, D₂. În primă fază condensatorul C se încarcă. Prin comutarea întrerupătorului I, condensatorul C se va descărca pe bobina numărătorului, realizându-se acționarea armăturii numărătorului; revenirea armăturii se realizează chiar dacă întrerupătorul I rămâne conectat, prin intermediul resortului prevăzut în construcția numărătorului.

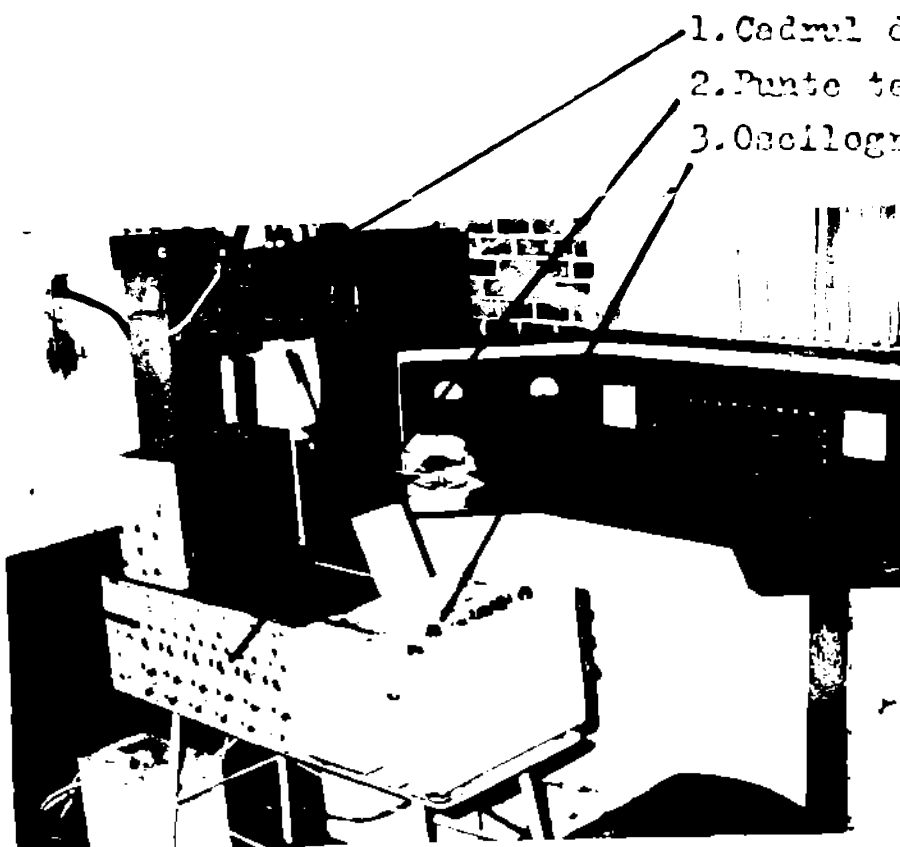
Circuitul este protejat împotriva tensiunilor de autoinducție care apar pe bobina electromagnetului, tensiune a căror valoare este de 2-3 ori tensiunea de alimentare a bobinei și care ar putea distruge diodele din circuitul de alimentare.

O vedere de ansamblu a montajului numărătorului se prezintă în figura 7.9.

Pentru cazul în care se încearcă pe stand aceste tipuri de amortizoare (amortizoare hidraulice spre exemplu) s-a proiectat executat un numărător mecanic - adaptat pentru scrierea numărului de curse al amortizorului respectiv.



1. Regulator de presiune
2. Numărător electromagnetic
3. Grup motor-pompă
4. Amortizor AFU 600/430
5. Distribuitor manual
6. Montaj tîmbre tensometrică
7. Cadrul de rezistență
8. Cilindru de acționare al amortizorului (hidromotor 110/100)



1. Cadrul de rezistență
2. Punte tensometrică
3. Oscilograf

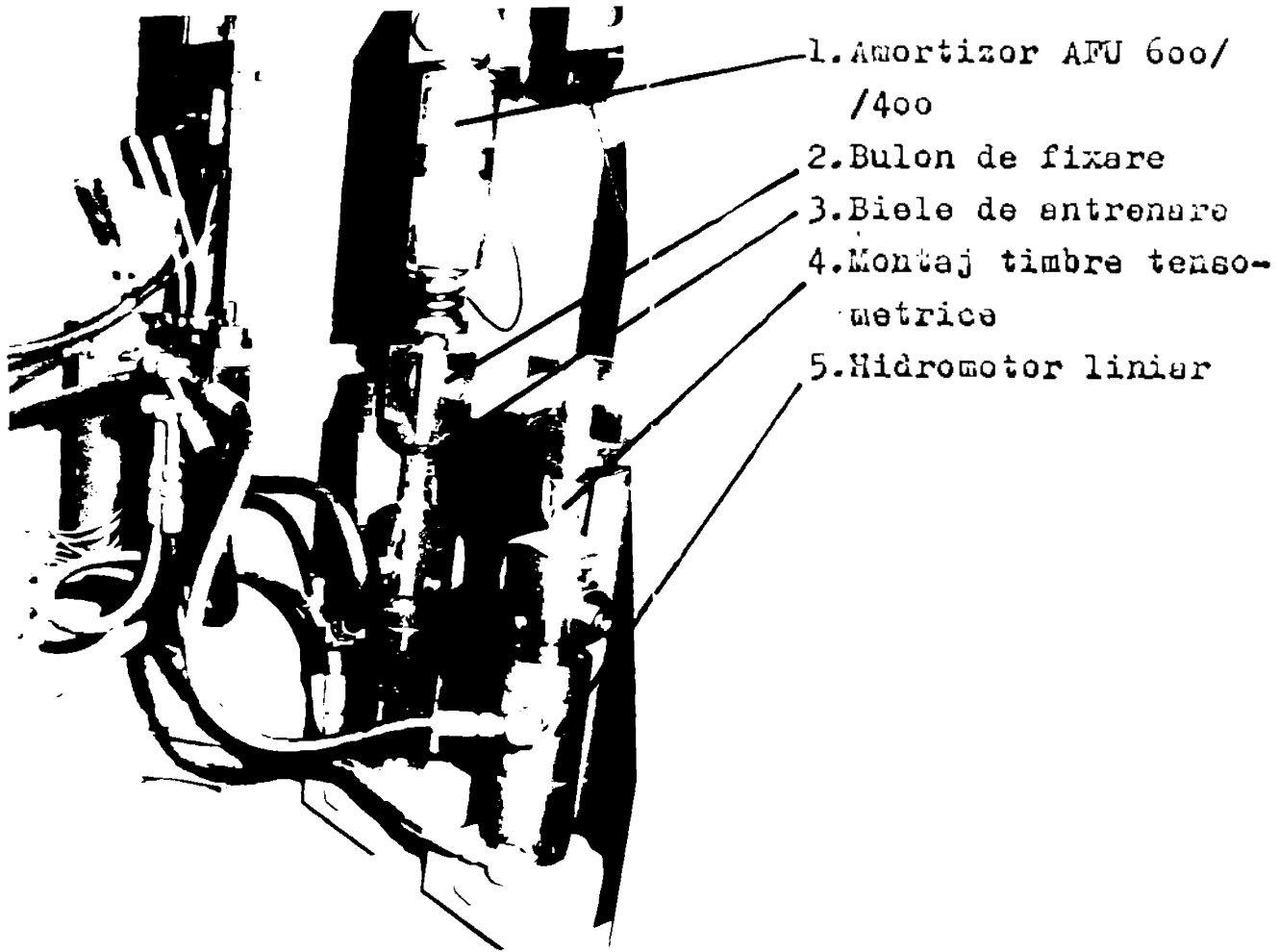


Fig. 7.6 c

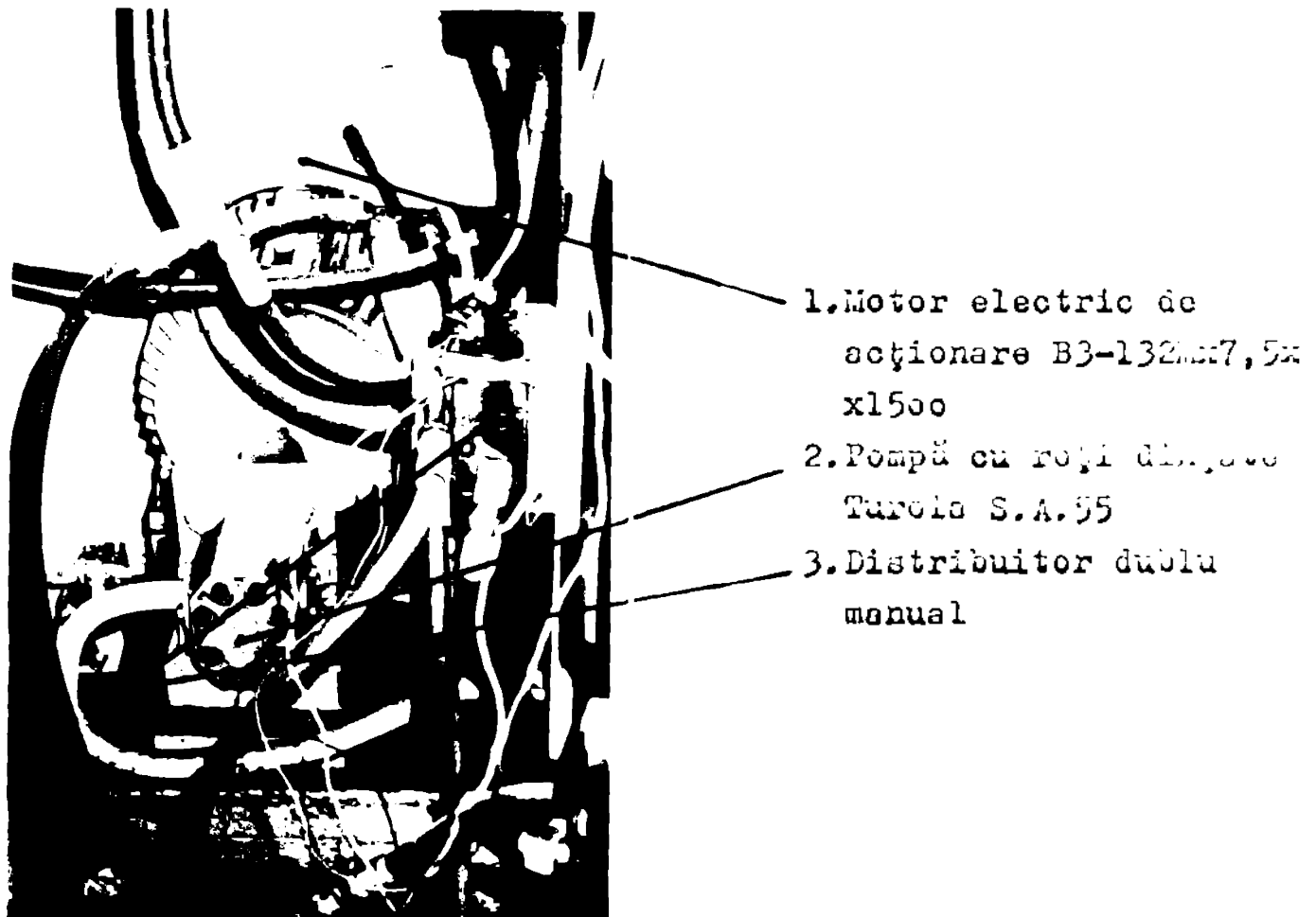


Fig. 7.6 d

- Blocul pentru măsurarea și etalonarea forței arcului se compune din: transductor alimentat de un generator de tensiune sinusoidală, amplificator de curent continuu și sistemul de indicație. **Schema bloc a echipamentului, pentru acest caz, se prezintă în figura 7.10.** În figură 7.10 s-au făcut notațiile PT - punte tensometrică; 1 - tensometru electronic, 2 - oscilograf.

Timbrele tensometrice s-au aplicat pe o porțiune a bielor de antrenare a amortizorului prelucrată în acest scop, așa cum se vede în figura 7.6.a.

Pornirea și oprirea standului se realizează de la un tablou central amplasat pe cadrul standului.

7.4. Incercări pe stand, rezultate, interpretări

Amortizoarele confecționate se testează individual pe stand. Metodologia de lucru este următoarea:

7.4.1. Se verifică amortizoarele din punct de vedere al calității fabricației. Se verifică modul în care a fost respectată documentația tehnologică de bază; se verifică dacă pișele componente au fost executate în conformitate cu prescripțiile documentației tehnice de execuție și în conformitate cu documentele tehnice normative.

7.4.2. Se controlează calitatea exploatării prin montarea pe stand a amortizorului, efectuarea unor solicitări în regim normal de exploatare. Se verifică prin aceasta comportarea articulațiilor sferice și a cuplei de frecare, totodată se verifică dimensiunile de gabarit ale amortizorului în stare întinsă și comprimată. În final se etalonează forța de amortizare pentru 600 daN la întindere, 480 daN la compresie cu o abatere de $\pm 12,5\%$.

7.4.3. Se supune amortizorul unui regim de solicitare similar celui din exploatare (50-60 curse pe minut).

După parcurgerea unui număr de 2000 cicluri se specifică: starea articulațiilor sferice, temperatura cilindrului amortizorului și valoarea forței de amortizare la întindere și compresie. Se trasează o diagramă de variație a forței în timp figura 7.11; prin compararea diagramei se poate aprecia stabilitatea în timp a forței de amortizare, comparativ cu diagrama trasată în faza inițială. Din cauza

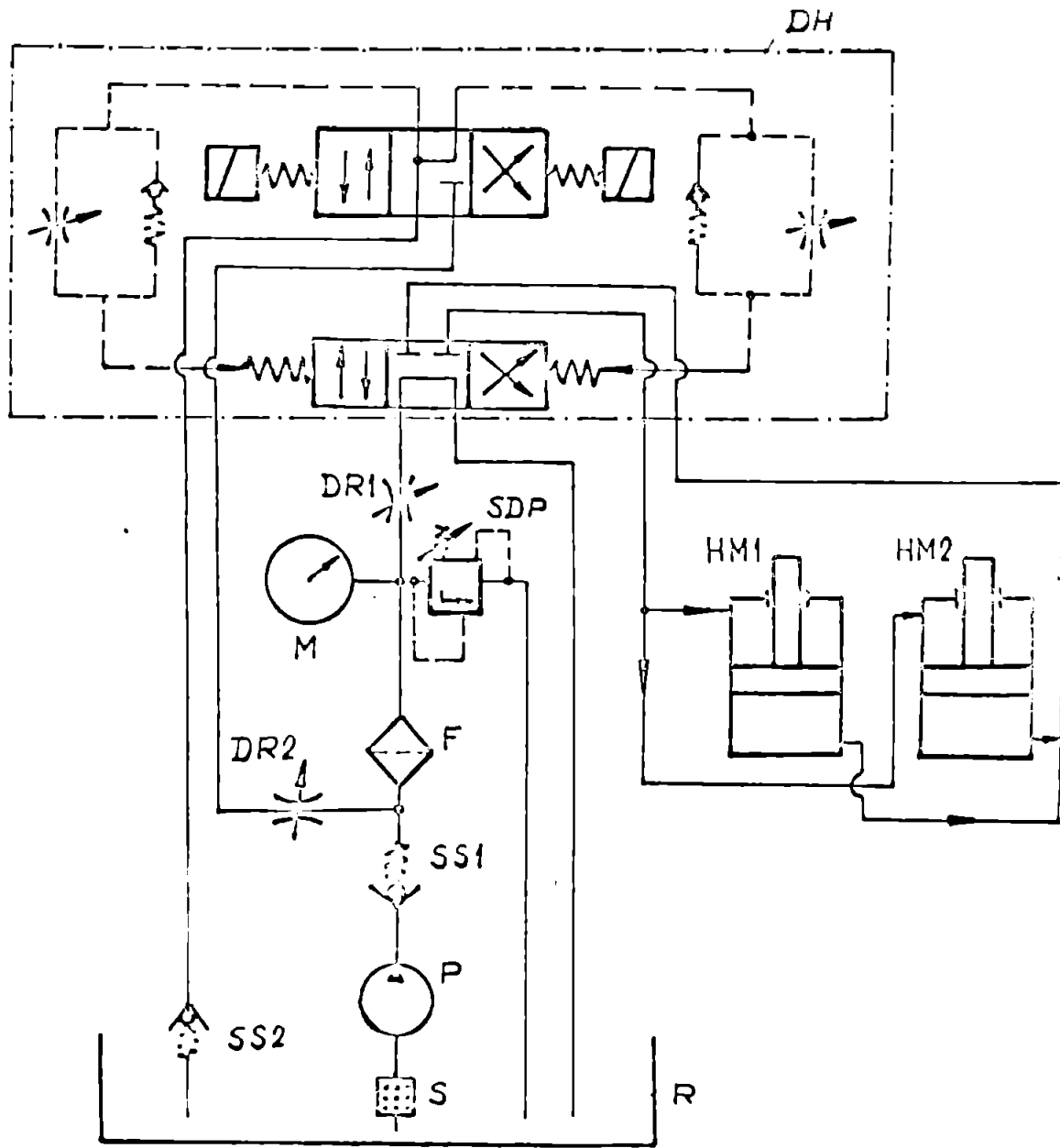


Fig. 7.7.

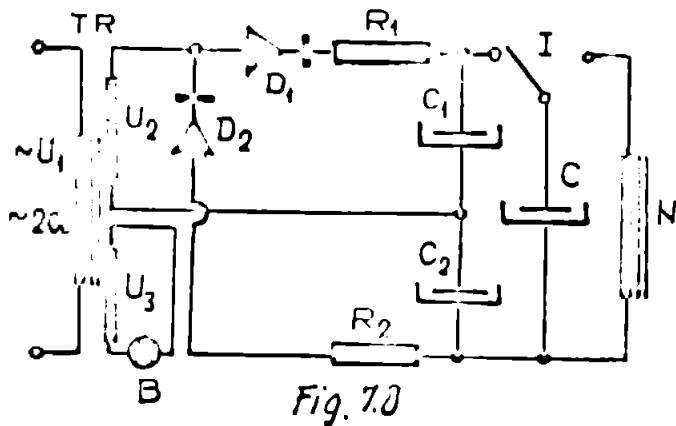


Fig. 7.9

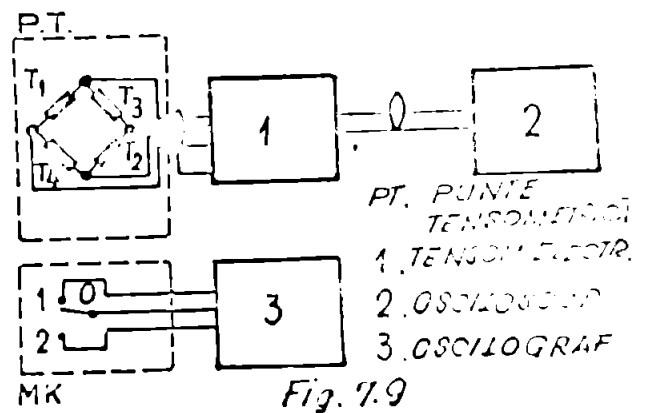


Fig. 7.10

PT. PUNTE
TENSOMETRICA
1. TENSOM. ELECTR.
2. OSCILOSCOPI
3. OSCILOGRAF

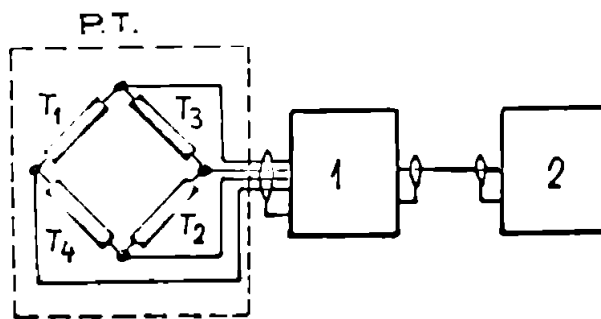


Fig. 7.10

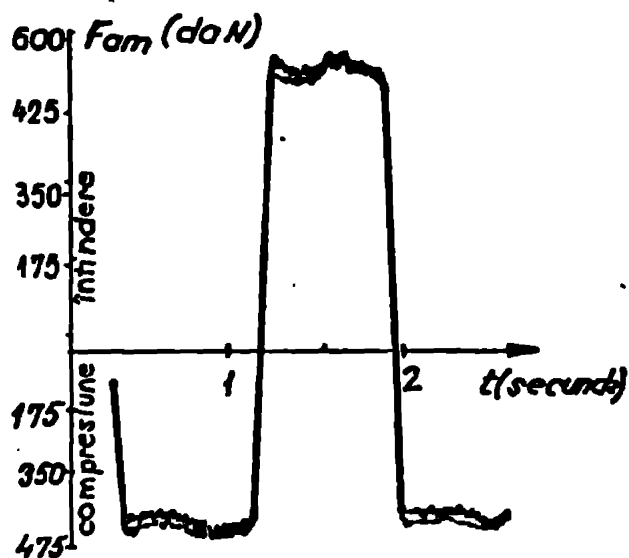


Fig.7.11

este supus unui număr de 2000 cicluri. Se observă că forța de amortizare (F_{am}) rămâne practic constantă, indiferent de regiul de solicitare impus. Se efectuează o cântărire a amortizorului, greutatea înregistrată fiind trecută în certificatul de calitate.

7.4.4. În final se trec toate datele înregistrate inclusiv diagrama în certificatul de calitate al amortizorului. Fiecare

amortizor este marcat pe plăcuța de inscripționare a acestuia (fig.7.13)

În conformitate cu prevederile legale, un exemplar din certificatul de calitate se livrează cu amortizorul, celălalt exemplar se păstrează la executant.

Menționez că asamblarea amortizorului s-a efectuat în cadrul Secției de prototipuri și microproducție din cadrul Institutului politehnic "Traian Vuia" Timișoara. Pe baza concluziilor emise de Ministerul Căilor Ferate s-a trecut la fabricarea în serie a acestui produs. Livrarea produsului finit se realizează numai după ce produsul a parcurs toate etapele programului de control a fiabilității elementelor componente.



Fig.7.12

INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA" TIMISOARA
Bd. 30 Decembrie nr. 2

CERTIFICAT DE CALITATE
pentru A.F.U. tip I.P.T. 600/480 nr. 1

Executant

Control de calitate:

| Nr. crt. | C A R A C T E R I S T I C I | Nominale | Efective | Obs. |
|----------|-----------------------------|-----------|----------|------|
| 1. | Forța de amortizare (daN) | | | |
| | la întindere | 600+12,5% | | |
| | la compresiune | 480+12,5% | | |
| 2. | Lungimea maximă (mm) | 430 | | |
| 3. | Lungimea minimă (mm) | 340 | | |
| 4. | Lungimea de montaj (mm) | 385 | | |
| 5. | Greutatea (kg) | 10,5 | | |

Data fabricației 19

Data efectuării controlului 19

Diagrama efectivă de funcționare:



EXECUTANT:

CONTROL DE CALITATE:

Fig. 7.13

7.5. Program de mentenanță pentru amortizorul A.F.U. tip I.P.T. 600/480

Amortizorul cu frecare uscată este un subansamblu greu detașabil de pe locomotiva Diesel. Detașarea sa necesită activități prealabile care consumă timp pentru suspendarea cutiei locomotivei. Ținând seama de structura programului de reparații a locomotivei Diesel, se impune ca parametrii funcționali ai amortizorului să fie constanți pe parcursul unei perioade de timp de circa 6000 ore; după acest interval de timp de funcționare, amortizorul se demontează de pe locomotivă, se controlează calitatea exploatarei lui în stand, trasându-se diagrama de variație a forței de amortizare.

Prin comparație cu diagrama etalon se determină abaterile forței de amortizare față de valorile nominale.

Reetalonarea se efectuează prin reglarea forței din arc cu ajutorul discului de presiune, la valoarea nominală.

Verificarea articulațiilor se face cu ajutorul unui dispozitiv de încercare prevăzut cu cheia dinamometrică.

Dacă articulația are joc, sau se rotește pentru momente mai mici decât 15 kgm se extrage articulația și se înlocuiește cu alta nouă. Am propus înlocuirea articulației cu cale de rulare exterioară confecționată dintr-o singură bucată (figura 7.14 b); această modificare constructivă realizează următoarele avantaje:

- Tehnologia de fabricare și montaj a articulației este mult simplificată
- Precizia de prelucrare a articulației crește, reducându-se numărul componentelor din structura articulației (figura 7.14. c)
- Posibilitatea efectuării rapide a operațiilor de mentenanță prin extragerea inelului de rulare interior și înlocuirea lui cu un altul ale cărui cote exterioare să asigure un moment de torsiune minim conform documentației.
- Reducerea cheltuielilor materiale de producție (E_{gn}) datorită economiilor realizate prin modificarea tehnologiei de fabricare a articulațiilor (E_{tehn}) și datorită economiilor realizate din activități de mentenanță preventivă (E_{ment}).

Calculul economiilor datorate modificării tehnologiei de fabricare s-a realizat ținând seama de costul complet comercial (C_{cc}) al unei articulații (15.II) dat de relația 7.9

$$C_{cc} = \left\{ \sum_{s=1}^n [C_{md} + C_{ed} + C_{cd} - C_{des} + C_{rd}(1+R_s)] s + C_{SDV} \right\} (1+R_1) + C_d \quad (7.9)$$

în care $s = 1, 2, \dots, n$ indice pentru secțiile care realizează succesiv operațiile de fabricare a produsului; C_{md} - costul materialelor directe, calculabil pe unitatea de produs pe baza normelor de consum specific de material (kg/buc) și a tarifelor unitare (lei/buc sau lei/kg) C_{ed} - costul energiei tehnologice directe; C_{cd} - costul combustibilului tehnologic direct; C_{des} - contravaloarea degeurilor recuperabile; C_{rd} - costul retribuiției directe, inclusiv impozitul pe retribuire și contribuția la asigurări sociale; C_{SDV} - cota pentru SDV-uri speciale; R_s - regia secției S ; R_1 - regia întreprinderii

C_d - costuri de desfacere.

Calcululele efectuate pentru reperatele: cale de rulare exterioară și inel de rulare interior se prezintă în tabelul 7.4.

Tabelul 7.4.

| Nr. crt. | Elemente de cost | U/M | Cale de rulare exterioară | | Inel de rulare | OBS. |
|----------|--|---------|---------------------------|--------|----------------|----------------|
| | | | Var. A | Var. B | | |
| 1. | Cheltuieli materiale directe | lei/buc | 9,0 | 9,0 | 5,5 | |
| 2. | Cheltuieli cu energie directă | lei/buc | 9,7 | 8,0 | 4,0 | |
| 3. | Cheltuieli cu combustibilul direct | lei/buc | 1,2 | 1,2 | 1,2 | |
| 4. | Cheltuieli pentru valorificarea deșeurilor | lei/buc | 0,3 | 0,3 | - | |
| 5. | Cheltuieli cu retributia directă | lei/buc | 14,06 | 10,5 | 5,5 | Prel. mec. |
| 6. | Cheltuieli cu retributia directă | lei/buc | 1,76 | 1,76 | 1,76 | Tratam termice |
| 7. | Cota de SDV-uri | lei/buc | 2,0 | 2,0 | - | |
| | Costul complet com. unitar | lei/buc | 71,94 | 64,86 | 38,43 | |

Costul complet comercial al unei articulații este:

- pentru varianta a: 110,37 lei/buc
- pentru varianta b: 103,30 lei/buc.

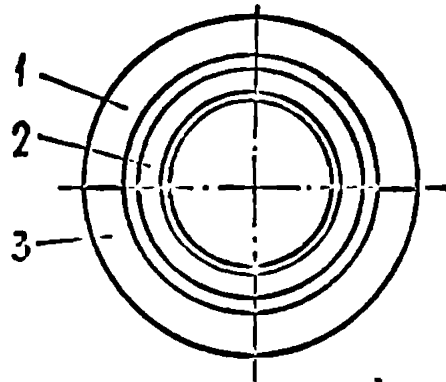
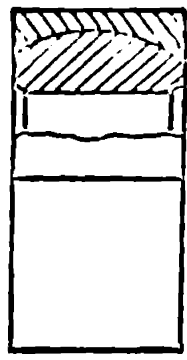
Economiile realizate prin modificarea tehnologiei de fabricarea a articulațiilor calculate în condițiile prezentate în subcapitolul 7.1 sînt în valoare de $E_{tehn} = 1400$ lei/an.

Schiabarea articulațiilor în cadrul programului de mentenanță preventivă, dacă se utilizează articulații de tipul a, necesită 20,67 lei/an, dacă se utilizează articulații de tipul b, necesită 7,76 lei/an.

Economiile datorate activităților de mentenanță preventivă vor fi de $E_{ment} = 13.000$ lei/an.

Economiile totale anuale vor fi $E_{an} = 14.400$ lei/an.

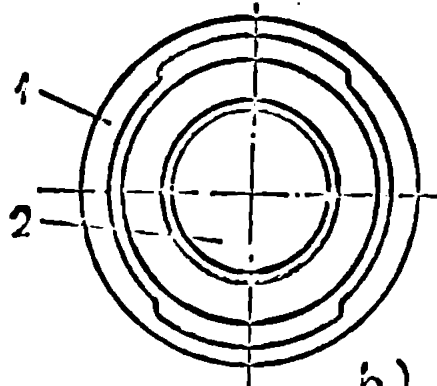
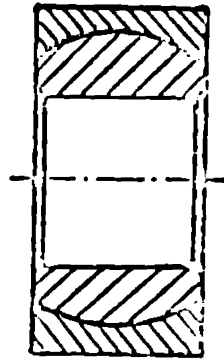
În etapa actuală încercările efectuate pe standul de încercare au evidențiat o comportare a noilor articulații în exploatare la nivelul articulațiilor din producția de serie.



- 1. Cale de rulare exterioară 1
- 2. Inel de rulare interior
- 3. Cale de rulare exterioară 2

a)

Fig. 7.14.a



- 1. Cale de rulare
- 2. Inel de rulare interior

b)

Fig 7.14 b



Fig. 7.14.c

CONCLUZII FINALE SI CONTRIBUTII ALE LUCRARI

Studiile și cercetările efectuate pe parcursul elaborării tezei de doctorat permit formularea următoarelor concluzii generale:

I. Progresul tehnic impus de dezvoltarea societății noastre, poate fi realizat numai printr-o creștere calitativă a nivelului tehnic al proceselor de producție, creștere corelată cu un nivel calitativ superior al produselor fabricate; această corelare impune abordarea sistemică a activităților de cercetare, proiectare, fabricație și utilizarea sistemelor tehnologice.

II. Creșterea gradului de complexitate a sistemelor tehnologice precum și implicațiile tehnico-economice datorate acestor creșteri necesită ca abordarea problemelor de fiabilitate și mentenanță să fie realizată încă în faza de proiectare a sistemului.

Pentru sistemele complexe se vor elabora, pe lângă programele de mentenanță corectivă și programe de întreținere și exploatare preventivă (mentenanță preventivă).

III. O atenție deosebită se va acorda fazelor de punere în funcțiune a echipamentelor și a sistemului complexe; În acest sens:

- Se impune întocmirea programelor detaliate pe faze și activități pentru punerea în funcțiune a sistemelor complexe

- Se va instrui în mod deosebit personalul care va fi destinat să urmărească activitatea sistemelor complexe, pentru a putea să coordoneze și să controleze activitatea la nivelul sistemului de producție.

Principalele contribuții originale aduse în cadrul lucrării sînt:

1. Interpretarea sistemică a conceptului frecare-uzare pentru echipamente complexe. Dezvoltînd sistemic acest concept,

pentru produse și sisteme de prelucrare complexe, se poate aprecia perioada de garanție, impusă de legislația în vigoare (89,90).

2. La punerea în funcțiune a primului sistem de prelucrare complex de tipul: celulă flexibilă robotizată pentru prelucrarea arborilor motoarelor electrice (82) și a celulei flexibile robotizate pentru strunjirea roților dințate cilindrice cu dantură dreaptă(83), am participat la elaborarea unui sistem de evidență a urmării căderilor și uzurilor pentru echipamentele complexe din cadrul sistemului amintite.

3. Pe parcursul elaborării tezei am participat la elaborarea unor elemente specifice programului de mentenanță preventivă pentru motoarele navale Diesel, elemente incluse în instrucțiunile de exploatare pentru motoare Diesel, elaborate de I.C.M.Regiza(84,85,86).

4. Ținând seama de faptul că sistemele complexe sînt în general sisteme de revenire (refacere) am abordat cîteva aspecte privind evaluarea fiabilității acestor sisteme. Am ajuns la concluzia că pentru sistemele complexe, aprecierea fiabilității se poate face numai după ce sistemul de date necesare (tabloul de date) este complet realizat. Aprecierea fiabilității se poate realiza în funcție de structura concretă a sistemului.

In teză am prezentat un mod concret de esimilare utilizînd metoda "ELECTRE" a motoarelor Diesel ținînd seama de parametrii de fiabilitate a lor.

5. Abordarea problemelor legate de asigurarea mentenabilității produselor complexe, am realizat-o ținînd seama de eficiența economică a activităților de întreținere.

Modelul matematic utilizat la elaborarea programului de mentenanță are în vedere faptul că, pentru sisteme complexe de tipul motoarelor Diesel navale, se impun condiții deosebite, atît pentru efectuarea activităților de mentenanță, cît și pentru reducerea timpilor de staționare în docuri.

Pentru sistemele complexe de tipul: celule flexibile de fabricație, elaborarea programelor de mentenanță, în scopul asigurării fiabilității impuse, s-a realizat ținînd seama de structura fiecărui sistem în parte, de regimul de lucru impus fiecărui sistem și de modul în care este asigurată servirea sistemului.

Pentru fiecare sistem în parte am elaborat soluții concrete pentru asigurarea disponibilității impuse.

Rezultatele activității depuse, în cadrul unor colective mai largi, interdisciplinare, au fost concretizate prin participarea subsemnatului la contracte de cercetare cu diverși beneficiari (82.83).

În vederea aprecierii fiabilității experimentale a diverselor componente din structura sistemelor complexe, am conceput și realizat "Standul pentru aprecierea fiabilității experimentale a diverselor tipuri de cuple cinematice"

6. Metodologia privind aprecierea fiabilității și menținabilității sistemelor complexe a fost aplicată și la unul din produsele fabricate în cadrul Secției de prototipuri și microproducție a Institutului politehnic: Amortizorul cu frecare uscată AFU-600/480 - beneficiari Ministerul Căilor Ferate, Departamentul Aprovizionării Tehnico-Materiale - Baza de Aprovizionare Brașov-

Participarea la finalizarea primei comenzi de 50 bucăți amortizoare s-a concretizat prin:

- Elaborarea unui program detaliat pentru aprecierea fiabilității amortizorului.
- Încercarea și etalonarea fiecărui amortizor în parte.
- Eliberarea certificatului de calitate pentru fiecare amortizor în parte.
- Elaborarea unei soluții noi pentru articulațiile cu care vor fi dotate noile amortizoare din dotarea locomotivelor Diesel electrice.
- Proiectarea, execuția și etalonarea standului pentru etalonarea amortizoarelor de diverse tipuri.

Ambele standuri proiectate și executate sînt în dotarea Laboratorului de fiabilitate din cadrul Facultății de mecanică.

Pe parcursul elaborării lucrării, de un real folos mi-a fost sprijinul acordat de specialiștii în domeniu din cadrul ICM Reșița, CCSITEH Reșița și conducerii colectivului interdisciplinar de roboți de pe lângă Facultatea de mecanică și electrotehnică a Institutului politehnic "Traian Vuia" Timișoara.

Elaborarea tezei de doctorat am realizat-o sub directă îndrumare a prof.em.dr.ing.Savii Gheorghe.

Îmi exprim și pe această cale mulțumirile și întreaga mea gratitudine conducătorului științific, pentru indicațiile primite pe parcursul perioadei de pregătire și susținere a examenelor, a susținerii referatelor, precum și pe perioada de întocmire și elaborare a tezei de doctorat.

B I B L I O G R A F I E

1. Ceaușescu N. : Raport la cel de-al XIII-lea Congres al Partidului Comunist Român, Editura politică, București 1984.
2. x x x : Programul-directivă de cercetare științifică, dezvoltarea tehnologică și de introducere a programului tehnic în perioada 1981-1990 și direcțiile principale pînă în anul 2000, Editura politică, București, 1979.
3. x x x : Rezoluția Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român, Editura politică, București 1984
4. Aramă C. : Terotehnica, Editura tehnică, București, 1976
5. Baron T. : Calitatea și fiabilitatea produselor, Editura didactică și pedagogică, București, 1976
6. Brînzeș P și colectiv : Tehnologia reparării utilajului agricol. Indrumător de lucrări de laborator, Cluj 1974
7. Buzdugan G. și Blumenfeld : Calculul de rezistență al pieselor de mașini, Editura tehnică, București 1979
8. Bîrlea St. : Inițiere în cibernetica sistemelor industriale, Editura tehnică, București 1975
9. Bărbetu și colectivul : Cercetarea operațională în întreprinderile industriale, Editura tehnică, București 1981
10. Cătuneanu V.M. : Teoria fiabilității și controlul statistic. Curs litografiat, Institutul politehnic București, 1973
11. Cioclov D. : Rezistență și fiabilitate la solicitări variabile, Editura Decia, Cluj Napoca 1975
12. Cabu I. : Fiabilitatea utilajelor, Editura tehnică, București 1972
13. Ceaușu I și colectivul : Organizarea și conducerea activităților de întreținere și reparații, Editura tehnică București 1980
14. Coofirlă T. și colectivul : Organizarea și conducerea întreprinderilor, din industria energiei electrice și din industria electrotehnică, curs litografiat, Institutul politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1977

1. Crăciunescu V și Mareș D.: Economia cercetării și dezvoltării produselor, Editura Pacla, Timișoara 1973
2. Crețu I. : Inițiere în estetica produselor, Editura tehnică, București 1973
7. Dumitrescu C: Aspecte privind fiabilitatea și mentenabilitatea în construcția de mașini, Referat nr.1, prezentat în cadrul Institutului politehnic "Traian Vuia" Timișoara 1979
8. Dumitrescu C: Studii privind mentenabilitatea produselor în construcția de mașini , Referat nr.2 prezentat în cadrul Institutului politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1979
9. Dumitrescu C: și colectivul: Aspecte teoretice privind mentenabilitatea produselor industriale, Buletinul științific și tehnic al Institutului politehnic "Traian Vuia" Timișoara, iulie-decembrie 1979
20. Dumitrescu C și colectivul: Aspecte privind relația disponibilitate pentru aprecierea performanțelor unui echipament - Al VII-lea Simpozion de Organizare a producției Timișoara, 12-13 octombrie 1979
21. Dumitrescu C și colectivul: Aspecte privind reducerea componentelor timpului de imobilizare pentru efectuarea reparațiilor. Al VII-lea Simpozion de Organizare a producției, Timișoara 12-13 octombrie 1979
22. Dumitrescu C și colectivul: Aspecte privind indicatorii utilizați pentru aprecierea fiabilității unui produs, Lucrare publicată la Conferința Națională de Organizare Timișoara, 1981, vol.1
23. Dumitrescu C: Intocmirea programului de mentenanță corectivă pentru motoare Diesel și diverse subansamble complexe. Referat nr.3 prezentat în cadrul Institutului politehnic "Traian Vuia" Timișoara 1982
24. Dumitrescu C și colectivul: Căi de creștere a fiabilității în robotizarea industrială, Al IV-lea Simpozion "Robotizarea în industrie-Mecanisme și transmisii mecanice" Timișoara 29.XI-2.XII.1984, vol.IV
25. Elmaghraby-Salek E.: Proiectarea sistemelor de producție, Editura tehnică, București 1968

26. Enrik L.N. : Programmes de qualité et de fiabilité pour les années soixante dix, Ev. "L'étude du travail" nr. 218 iunie, Paris 1970
27. Ferry B și Castenne a M: Siguranța structurilor, Editura tehnică București 1974
28. Georgescu G.S. : Indrumător pentru atelierele mecanice, Editura tehnică, București 1970
29. Gheorghiu A și colectivul: Măsurarea, analize și optimizarea calității produselor industriale, Editura științifică și enciclopedică, București 1982
30. Gnedenko B și colectivul: Metode matematice în teoria siguranței Editura tehnică, București 1968
31. Gnedenko B și colectivul: Méthodes mathématiques en théorie de la fiabilité, Editions MIR - Moscou-URSS 1972
32. Golea N. : Exploatarea, întreținerea și repararea utilajelor de preparare a substanțelor minerale Editura tehnică, București 1985
33. Haviland R. : Tehnica fiabilității și durata de funcționare a utilajelor, Ed. Eyrolles, Paris 1966
34. Hrușciiov M.M. : Tendințe actuale în dezvoltarea științei asupra rezistenței la uzură a materialelor, Conferința a 3-a Unională Moscova 1958, I (trad. IDT-1962 p. 9-16)
35. Ionuț V și colectivul: Tehnologia reparării utilajului agricol, Editura didactică și pedagogică București 1976
36. Jica P : Determinarea eficienței progresului tehnico-științific și a calificării, Editura politică București 1979
37. Juran J.M. și colectivul: Calitatea produselor, Editura tehnică, București 1973
38. Jurin V. : Creșterea siguranței tehnologice a mașinilor-unelte, în Mașinostroenie-Moskva 1981
39. Kamarinopoulos L.: Metode de simulare directe și ponderate pentru studierea fiabilității sistemelor tehnice, Teză de doctorat Berlin 1972
40. Kaoru I. : Controlul de calitate, Curs pentru meștri și șefi de echipă. Editura tehnică București 1973

- Kovacs Pr. și colectivul: Probleme ale determinării fiabilității în robotizarea industrială. Lucrare publicată în volumul: Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini, Secția III, Iași 15-16.IV.1984
6. Kovacs Pr. și colectivul: Manipulatoare, roboți și aplicațiile lor industriale, Editura Pacla, Timișoara 1982
7. Manea H. : Utilizarea roboților în industrie, Sinteză INID-100 pg, București 1982
8. Marcovici C și colectivul: Utilization de techniques de fiabilité en mécanique. Editura Technique et Documentation Paris 1975
9. Marinca V. : Vibrații forțate cu amortizare viscoasă și uscată cu un grad de libertate-Comunicare la IV Conferință de Vibrații în Construcția de mașini Timișoara 26-27 noiembrie 1982
10. Matei St. : Considerații privind relația costuri minime-calitate, în activitatea economică, Revista Economică nr. 10, 1981
11. Micheletti G. și colectivul: Tool vibration pattern and tool life au automatic screw machine, în Hv. Advances Machine-Tool Design and Research, Oxford 1971
12. Mihoc G. și colectivul: Bazele matematice ale teoriei fiabilității Editura Dacia Cluj Napoca 1976
13. Neiman V. : Hidroprovodi aviaționiș sistem npravlenie, Mașinostroenie, Moscova 1973
14. Oprean Al și colectivul: Fiabilitatea mașinilor unelte, Editura tehnică, București 1979
15. Oprean Al și colectivul: Acționări hidraulice, Elemente și sisteme, Editura tehnică, București 1982
16. Pansite V și colectivul: Control statistic și fiabilitate, Editura didactică și pedagogică, București 1982
17. Pavelescu D. : Concepții noi, calculul și aplicații în frecarea și uzura solidelor deformabile, Editura Academiei, București 1971
18. Pavelescu D și colectivul: Tribologie, Editura didactică și pedagogică București 1977
19. Popa H. și colectivul: Economie și organizarea producției, Indrumător de lucrări litografiate, Institutul politehnic "Traian Vuia" Timișoara 1980

56. Pops H. și colectivul: Sisteme informatice și analiza economică
Indrumător de lucrări litografiate, Institutul poli-
tehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1983
57. Pops H și colectivul: Determinarea eficienței economice a produc-
ției și utilizării roboților industriali-Al II-lea
Simpozion Național de roboți industriali, București
28-30 octombrie 1983
58. Popovici M și colectivul: Ghid pentru controlul statistic al cali-
tății produselor industriale, Editura tehnică
București 1973
59. Ryabinin : Reliability of Engineering Systems-Editura MIR
Moscow-1976
60. Roman I. : Disponibilitatea, fiabilitatea și mentenabilitatea
produselor, Rv. Calitatea producției și metrologie
nr. 5/1971
61. Savii Gh. și colectivul: Studiul coeficientului de frecare și al
uzurii la DISCURILE de fricțiune de la suspensia
locomotivei Diesel-electrice, Buletinul științific
și tehnic al I.P. Timișoara, seria II; tom. 8(22),
fascicola 2, iunie-decembrie 1963.
62. Savii Gh. și colectivul: Studiul legăturii între starea suprafeței
și uzură în cazul frecării de alunecare. Buletinul
științific și tehnic al I.P. Timișoara, tom 9(23),
fascicola 2, iulie - decembrie 1964.
63. Savii Gh. și colectivul: Studiul caracteristicilor de frecare ale
unor materiale aglomerate folosite ca segmenti de
frână la autovehicole. Buletinul științific și teh-
nic al I.P. Timișoara, seria II, tom 10(24), fascicola
1, ianuarie-iunie, 1965.
64. Savii Gh. și colectivul: Studiul legăturii între tratamentul termic
superficial, rugozitatea suprafeței și uzură, în ca-
zul frecării de rostogolire cu alunecare, Buletinul
științific și tehnic al I.P. Timișoara, tom. 12(26),
fascicola 1, ianuarie-iunie 1967.
65. Stăncioiu I : Eficiența economică a asimilării de utilaje noi.
Editura tehnică, București 1974
66. Savii Gh. și colectivul : Flexibilitatea în fabricația de mașini
Editura Facla, Timișoara 1977
67. Savii Gh., Dumitrescu C.: Determinarea fiabilității optime a unui

- produs utilizând metode "ELECTRE" al VII-lea
Simposiu de Organizare a producției Timișoara
12-13 octombrie 1979
68. Savii Gh. și colectivul: Aspecte privind reducerea timpului de
reparații la subansamble pentru locomotive Diesel
Conferința Națională de Organizare-Timișoara
1981 volumul 1.
69. Savii Gh. și colectivul: Aspecte privind creșterea gradului de
disponibilitate pentru motoarele Diesel-nevale
de mare putere, Conferința Națională de Organizare
Timișoara 1981
70. Scheafiu A.H.: Cartica moderne de la Qualite Editura Dunod Paris
și colectivul 1964
71. Scob M și colectivul: Frate de fiabilité - Editura Masson Cii
Paris 1969
72. Tomescu D și colectivul: Recondiționarea și mărirea rezistenței
la uzură a organelor de la mașinile agricole
Editura Ceres București 1973
73. Toviss și colectivul: Metode statistice, aplicații în producție
Editura științifică și enciclopedică, București
1982.
74. STAS 8174/1-77: Fiabilitate, mentenabilitate și disponibilitate
Fiabilitate Terminologie
75. STAS 8174/2-77: Fiabilitate, mentenabilitate și disponibilitate
Mentenabilitate Terminologie
76. STAS 8174/3-77: Fiabilitate, mentenabilitate și disponibilitate
Disponibilitate Terminologie
77. STAS 8742-79 : Fiabilitatea mijloacelor de automatizare a ape-
raturii de joasă tensiune. Prescripții
78. STAS 10307-75 : Fiabilitatea produselor industriale. Indicatori
de fiabilitate
79. STAS 10911-77 : Fiabilitate, mentenabilitate și disponibilitate
Culegerea datelor privind comportarea în exploa-
tarea produselor industriale.
80. STAS 12007/1-81: Încercare de fiabilitate a echipamentelor.
R
Prescripții generale
81. STAS 12007/7-81R: Încercarea de fiabilitate a echipamentelor. Planuri
de eșantionare pentru confirmarea ratei de defec-
tare și a timpului mediu între defectări, în ipo-

- unei rate de defectare constante.
82. x x x Studii și cercetări privind fiabilitatea și eficiența economică a roboților industriali REMT; Contract de cercetare IPT nr.224/1981 Beneficiar Intreprinderea Electromotor Timișoara
83. x x x Celulă flexibilă robotizată pentru linia de strunjire semifabricate roți dințate cilindrice cu dantură dreaptă poziția 4.2 în contractul de cercetare IPT nr.83/1984, beneficiar Intr.Tehnometal Timișoara 1984/1985
84. x x x MAN Exhaust turbocharger - Programul de mentenanță al motoarelor Diesel de mare putere realizate de firma MAN 1980
85. x x x Instrucțiuni de exploatare pentru motoarele Diesel tip KSZ 70/150C - ICM Reșița și CCSITEH Reșița-1981
86. x x x The Motor Ship - Catalogul motoarelor navele MAN ianuarie 1974
87. x x x Studiul tehnico-economic pentru Intreprinderea de Reparații și Utilaj Miner Deva - Organizare și tehnologie - Contract de cercetare IPT nr.138/75 beneficiar. Institutul de cercetări și proiectări miniere Deva 1976/1978
88. Legea nr.3/1972 Legea cu privire la activitatea de comerț interior
89. Legea nr.7/1977 Legea privind calitatea produselor și a serviciilor
90. Legea nr.3/1979 Legea privind calitatea produselor și a serviciilor
91. Legea nr.27/1978 Legea metrologiei
92. Legea nr.12/1980 Legea privind întărirea autoconducerii muncitorești și autogestiei economico-financiare și valutare în activitatea de comerț exterior și cooperare economică internațională
93. Decretul 686/1973 - Decret privind asigurarea calității produselor provenite din import
94. HCM 1899/1960 Standardizarea în R.S.România
95. HCM 576/1971 Organizarea activității de "service"
96. HCM 753/1965 Bunurile de folosință îndelungată, garanția de bună funcționare și durabilitate
97. x x x Manual for Installation and operation TR 300 S; Publication nr.R-5000; Bryne-Norway-May 1979