MANAGEMENT ŞI INGINERIE INDUSTRIALĂ

ATTR
ASOCIAŢIA DE TEROTEHNICĂ
ŞI TEROTEHNOLOGIE
DIN ROMÂNIA

Fiabilitatea şi mentenanţa sistemelor industriale



EDITURA ACADEMICĂ DE MANAGEMENT
ASOCIAŢIA DE TEROTEHNICĂ ŞI TEROTEHNOLOGIE
ROMÂNIA

BULETIN INFORMATIV
Nr. 49-50

Copyrigt © 2006 Editura ACADEMICĂ DE MANAGEMENT - ROMÂNIA

Toate drepturile sunt rezervate Editurii **ACADEMICE DE MANAGEMENT**
Nici o parte din acestă **revistă** nu poate fi copiată fără permisiunea scrisă a Editurii **ACADEMICE DE MANAGEMENT**
Drepturile de distribuție în străinătate aparțin în exclusivitate editurii.

Colectivul redacțional al lucrării:

Prof. univ. dr. ing. Florea Alexandru-Univ. din Petroşani
Prof. univ. dr. ing. Constantin Bărbulescu - ASE
Prof. univ. dr. ec. Eugeniu Țurlea - ASE
Prof. univ. dr. ec. Constantin Bâgu - ASE
Prof. univ. dr. ing. Constantin Răduți - Univ. Politehnica Buc.
Prof. univ. dr. ing. Anatol Carabulea - Univ. Politehnica Buc.

Coordonatori lucrare:

Prof. univ dr. ing. Dănilă Nicolae
Prof. univ. dr. ing. Mihăilescu Nicolae

ISSN 1221 - 4183
A.T.T.R., EDITURA ACADEMICĂ DE MANAGEMENT
B-dul N. Bălcescu nr. 16, Sector 1, cod 010052
Oficiul Poştal nr. 37, Bucureşti, România
Tel./Fax: 021 313 85 42; 0723 297 835.

Publicație aprobată de CNCSIS

TIPĂRIT ÎN ROMÂNIA
Semestrul -I- 2006

A.T.T.R.

ASOCIAȚIA DE TEROTEHNICĂ ȘI TEROTEHNOLOGIE DIN ROMÂNIA

BULETIN INFORMATIV NR: 49-50

Titlu: FIABILITATEA ȘI MENTENANȚA SISTEMELOR INDUSTRIALE

Autor:

Drd. ing. MIHAI PRISACARIU

Trimestrul I
2006

CUPRINS

1. FIABILITATEA 5

1.1. Concepte ale noțiunii de fiabilitate 5

1.2. Defecte şi defectări 6

1.3. Relațiile fundamentale ale fiabilității 8

1.3.1. Funcția de repartiție (funcția căderilor) 11

1.3.2. Densitatea de probabilitate a căderilor 12

1.3.3. Rata căderilor 13

1.3.4. Caracteristica experimentală a ratei căderilor 15

1.3.5. Media timpului de bună funcționare 16

1.4. Factorii determinanți ai fiabilității 21

1.4.1. Design-ul şi ergonomia produselor 21

1.4.2. Tipizarea pieselor, subansamblelor şi tehnologiilor 24

1.4.3. Comportarea sistemelor mecanice, electrice, hidraulice şi pneumatice în exploatare 27

1.5. Acțiuni concrete pentru creşterea fiabilității maşinilor, utilajelor şi instalațiilor 32

2. MENTENABILITATEA ŞI MENTENANȚA 37

2.1. Definiții şi relații de calcul 37

2.1.2. Mentenabilitatea 50

2.1.3. Disponibilitatea 53

2.2. Modelul conceptual strategic al mentenanței 59

2.2.1. Motivația modelului 59

2.2.2. Proiectarea noului sistem strategic 60

2.2.3. Eficiența economică a sistemului proiectat 75

3. STUDIU DE CAZ: ORGANIZAREA MENTENANȚEI LA SUCURSALA PETROMSERVICE VEST 76

3.1. Considerații organizatorice generale 76

3.1.1. *Petromservice susține performanța* 78

3.1.2. *Scurt istoric* 79

3.1.3. *Organigrama Petromservice S.A.* 80

3.1.4. *Rapoarte financiare* 80
3.1.5. *Lucrări şi instalaţii pentru petrol şi gaze* 80
3.1.6. *În domeniul utilizării energiei electrice* 82
3.1.7. *Transporturi* 82
3.1.8. *Evenimente şi cooperare internaţională* 85
3.1.9. *Mediu* 86
3.2. *Organizarea activităţii de mentenanţă a echipamentelor şi instalaţiilor din dotare* 88
3.3. *Rezultate şi perspective* 90
BIBLIOGRAFIE **92**

1. FIABILITATEA

1.1. Concepte ale noţiunii de fiabilitate.

Fiabilitate, a fost definită destul de complet ca fiind ***"capacitatea maşinilor, utilajelor şi instalaţiilor de a funcţiona fără defecţiuni, un interval de timp bine determinat, în anumite condiţii date"***. Corespunzător, în cele ce urmează, ne vom referi la diferitele concepte ale noţiunii de fiabilitate, la problematica defectărilor, dar mai ales la exprimarea matematică a conceptelor respective.

Funcţionarea unui dispozitiv, produs sau instalaţii este limitată de apariţia unei abateri sau a unui defect. Matematic este posibil să se prevadă sau să se descrie, cu un anumit grad de incertitudine, comportarea unui produs în anumite condiţii de utilizare stabilite. Din acest punct de vedere, fiabilitatea este unul din elementele esenţiale ale unui produs.

Trebuie făcută observaţia că în multe cazuri noţiunea de fiabilitate nu este interpretată corect, mai ales atunci când valoarea fiabilităţii este abordată prin prisma unor încercări de laborator în care solicitările nu sunt corect corelate cu cele din utilizarea normală. Avem în vedere încercările accelerate pentru aprecierea fiabilităţii, la care se prescriu, de regulă, suprasolicitări într-o perioadă mai redusă de funcţionare. Extrapolările care se efectuează pentru ambii parametri (solicitări, durată) trebuie determinate într-un mod foarte judicios, altminteri concluziile încercărilor fiind eronate. În mod reciproc, interpretarea corectă a fiabilităţii este deosebit de importantă, am spune esenţială, în proiectarea şi efectuarea unor încercări determinative de fiabilitate. Mai trebuie subliniat faptul că determinările experimentale de fiabilitate sunt necesare nu numai pentru produsele finite, ci şi pentru piesele şi subansamblele care, în mod normal, sunt supuse frecvent uzurii. Ceea ce impresionează la fabricile japoneze este faptul că vizitatorii sunt conduşi mai întâi în laboratoarele de încercări de fiabilitate în care, cu mecanisme relative simple, se efectuează milioane de operaţii cu repere care în exploatare servesc la manevre de comutare şi reglaj. Nici ambalajele nu scapă acestor încercări, atestând că produsele pot fi expediate ş transportate fără grijă la utilizatori.

Fiabilitatea unui produs se hotărăşte încă din faza de proiectare prin soluţia constructivă adoptată; activitatea de fabricaţie nu face decât să realizeze produsul la parametrii proiectaţi sau să coboare fiabilitatea din cauza abaterilor tehnologice sau a derogărilor de la prescripţiile constructive, de materiale sau de tehnologie. Fiabilitatea poate fi prezentată, sub aspectul conţinutului şi etapei de abordare, în mai multe moduri, conform precizărilor din tabelul 1.1.

Tabelul 1.1.

Diferite concepte ale noţiunii de fiabilitate

Denumire fiabilitate	Conţinut
Previzională (preliminară)	**Fiabilitatea este predeterminată prin calcul, anterior oricăror încercări. Această fiabilitate este proprie etapei de proiectare a unui produs**
Experimentală	**Fiabilitatea este obţinută prin încercări determinative pe standuri speciale, pe baza unor eşantioane de produse. Se numeşte:** **- observată (estimată), dacă se referă la etapa urmărită în laborator;** **- extrapolată, dacă pe baza informaţiilor din laborator se fac estimări prin extrapolare a duratei cercetate.**
Operaţională	**Fiabilitatea determinată pe baza prelucrărilor prin extrapolare a informaţiilor**
Nominală	**Fiabilitatea prescrisă în documentaţia tehnică (standarde, norme, contracte)**
Intrinsecă	**Fiabilitatea determinată pe baza legăturilor dintre solicitarea aplicată şi rezistenţa la solicitări a elementului considerat**
Extrinsecă	**Fiabilitatea determinată pe baza prelucrării datelor eşantionate sau analitice cu ajutorul indicatorilor de fiabilitate**

Specialiştii proiectanţi trebuie să urmărească obţinerea unor relaţii adecvate între aceşti estimatori în scopul precizării datelor de proiectare.

1.2. Defecte şi defectări

Defectul este evenimentul fundamental în teoria fiabilităţii. Prin *defectare* sau *cădere* se înţelege procesul de încetare a funcţiei impuse unui produs, iar *defectul* reprezintă efectul procesului. Dacă un produs trebuie să funcţioneze pe o anumită durată, se poate spune că îndeplineşte o misiune, iar rezultatul poate fi un ***"succes "*** sau un ***"eşec"***. Defectele pot fi datorate unor diverse cauze : accidentale, de uzură (îmbătrânire), suprasolicitare etc.

Tabelul 1.2.

Clasificarea defectelor

Criteriul de clasificare	Tipul defectului	Caracteristici
1	2	3
Mod de manifestare	Totală	Încetarea funcţionării produsului industrial
	De derivă	Funcţionarea în afara limitelor admisibile prescrise
Perioada de apariţie	Precoce (infantil)	Defecte ascunse care apar în prima perioadă de punere în funcţiune
	De maturitate	Defect aleator produs în timpul unei exploatări normale
	De bătrâneţe (de uzură)	Defect care însoţeşte uzura (poate fi în total sau de derivă)
Viteza de apariţie	Brusc	Modificare bruscă a caracteristicilor
	Progresiv (treptat)	Degradare lentă a cracteristicilor
Reducerea capacităţii de funcţionare	Total	Pierderea totală a capacităţilor
	Parţial	La produse complexe defectul de derivă a unor componente
Durata defectării	Temporar	Poate să dispară fără intervenţia exterioară şi fără să revină
	Intermitent	Dispare fără intervenţia exterioară şi reapare
	Permanent	Odată apărut rămâne definitiv
Consecinţele defectării	Critice	Consecinţe grave. Produce reclamaţii
	Majore	Consecinţe sesizabile. Poate produce reclamaţii
	Minore	Uneori sesizabile. Nu produc reclamaţii
	Secundare	Nu sunt sesizabile. Un specialist le-ar putea detecta
Legătura cauzală	Primare	Apare fără a fi provocat de un alt defect
	Cauzale	Este consecinţa altui defect
Legătura probabilistică cu alte defecte	Independente	Probabilitatea nu este influenţată de apariţia altui defect
	Dependente	Probabilitatea este influenţată de apariţia sau neapariţia altui defect

În tabelul 1.2 se prezintă o clasificare a defectelor, considerând diferite criterii de clasificare. Pentru mai buna înțelegere a unor caracteristici, trebuie precizat că, în general, produsele industriale pot fi considerate *reparabile* sau *nereparabile*. Cele nereparabile sunt înlocuite definitiv la apariția defectului. În mod similar, se pot folosi denumirile *sistem cu restabilire* sau *sistem fără restabilire* pentru sistemele a căror funcție – în urma defectării – poate fi restabilită sau nu.

1.3. Relațiile fundamentale ale fiabilității

În expresiile matematice ale fiabilității variabila aleatoare este reprezentată de timp, sau un echivalent al acestuia, (durata, cicluri, manevre etc.), considerat din momentul punerii în funcțiune până la apariția unui defect, sau ca interval între două defectări succesive.

Expresia analitică a fiabilității se obține pornind de la următoarele considerații: Fie un număr $\boldsymbol{n_o}$ de elemente în stare de funcționare la timpul t = 0. La un moment oarecare $\boldsymbol{t}$, înaintea unui interval [t, t $+\Delta$t) mai supraviețuiesc (sunt în stare de funcționare) un număr $\boldsymbol{n}$ de elemente. Numărul de elemente care se defectează pe durata $\Delta\mathbf{t}$ (figura 1.1.) este $\Delta\mathbf{n}$.

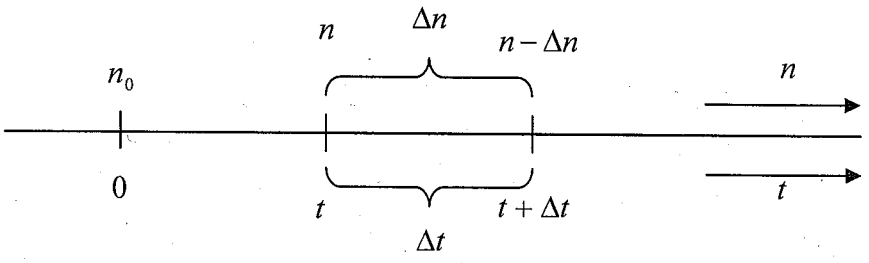


Fig. 1.1. Căderile corespunzătoare unui interval de timp

Considerând un factor de proporționalitate considerat constant $\lambda > 0$, rezultă relația evidentă:

$$\Delta n = -\lambda n \Delta t \qquad (1.1)$$

Semnul minus arată că numărul de elemente aflate în stare de funcționare scade cu trecerea timpului (figura 1.2.).

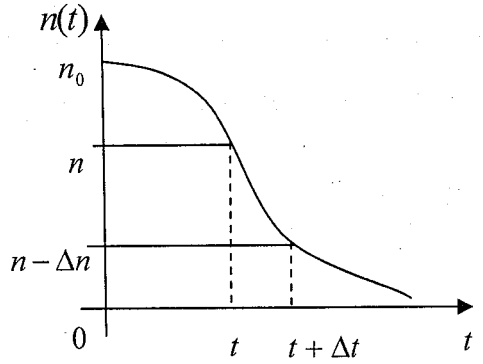


Fig. 1.2. Variația numărului de elemente în stare de funcționare

Trecând la limită, se poate scrie:

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{dn}{dt} \qquad (1.2)$$

din care se obține următoarea ecuație diferențială:

$$\frac{dn}{dt} = -\lambda n \qquad (1.3)$$

a cărei soluție, obținută prin integrare este :

$$\frac{n}{n_0} = e^{-\lambda t} \qquad (1.4)$$

Raportul $\frac{n}{n_0}$ reprezintă proporția (frecvența) de elemente aflate în stare de funcționare la momentul ***t***, adică tocmai fiabilitatea, cu expresia:

$$R(t) = \frac{n}{n_0} = e^{-\lambda t} \qquad (1.5)$$

Mai exact, fiabilitatea *R(t)* reprezintă probabilitatea ca un element să funcționeze fără defectare în intervalul (0, t) în condiții determinate.

Relația (1.5) s-a obținut în ipoteza că λ = const. În realitate acest factor poate să varieze în timp, adică este o funcție $\lambda(t)$ de timp şi atunci expresia (1.3) trebuie scrisă sub forma:

$$\frac{dn}{dt} = -n\lambda(t) \qquad (1.6)$$

din care se obține prin integrare expresia finală a fiabilității :

$$R(t) = \frac{n}{n_0} = e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} \qquad (1.7)$$

cu reprezentarea din figura 1.3. Din aceasta figură se observă că funcția fiabilității *R(t)* este de tip exponențial, având extreme R(0) = 1 şi R(∞) = 0.

În unele cazuri se ignoră momentul punerii în funcțiune, interesând numai fiabilitatea pe un interval (t_0, t_1). În acest caz, considerăm evenimentul A – bună funcționare în intervalul (0, t_0) şi evenimentul B – bună funcționare în intervalul (t_0, t_1). Atunci buna funcționare în intervalul (0, t_1) este dată de evenimentul A ∩ B. Posibilitatea acestui eveniment este:

$$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B/A) \qquad (1.8)$$

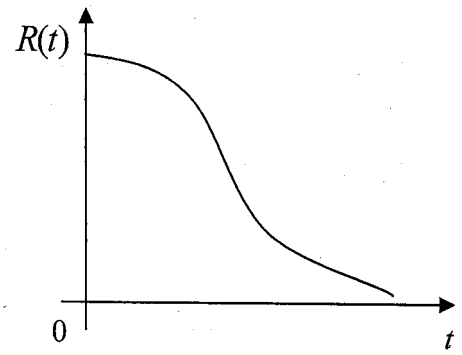


Fig. 1.3. Variația fiabilității

Remarcăm însă că:

$P(A \cap B) = R(t_1)$ este fiabilitatea pentru intervalul $(0, t_1)$;

$P(A) = R(t_0)$ şi

$P(B/A) = R(t_0/t_1)$ este fiabilitatea în intervalul (t_0, t_1), denumită şi *fiabilitate condiţionată.* Cu aceste precizări, relaţia (1.8) se poate pune şi sub forma:

$$R(t_1) = e^{-\int_0^{t_1}\lambda dt} = e^{-\int_0^{t_0}\lambda dt} e^{-\int_{t_0}^{t_1}\lambda dt} = R(t_0)R(t_1/t_0) \qquad (1.9)$$

Prin urmare, fiabilitatea pe un interval oarecare este o fiabilitate condiţionată de buna funcţionare la începutul intervalului, reprezentând astfel posibilitatea ca elementul care a funcţionat la momentul $t = t_0$ să funcţioneze şi în intervalul (t_o, t_1).

Dacă se consideră factorul λ = const., fiabilitatea condiţionată are expresia

$$R(t_1/t_0) = e^{-\lambda(t_1 - t_0)} = e^{-\lambda\theta} \qquad (1.10)$$

unde: $\theta = t_1 - t_0$ este durata intervalului. Se deduce că pentru λ = const., fiabilitatea pe un interval oarecare nu depinde de durata funcţionării anterioare t_0, sau, altfel spus, *fiabilitatea misiunii nu depinde de momentul începerii misiunii.*

1.3.1. Funcţia de repartiţie (funcţia căderilor)

Dacă A reprezintă buna funcţionare la timpul t iar $\overline{A}$ defectarea după acest moment, între ele există relaţia evidentă:

$$P(\overline{A}) = 1 - P(A) = 1 - R(t) = P(T<t) = F(t) \qquad (1.11)$$

Funcția F(t) reprezintă *funcția de repartiție a căderilor (defectărilor)* şi, ținând seama de relația (1.7), ea are expresia explicită:

$$F(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} \qquad (1.12)$$

În baza considerațiilor anterioare se mai poate scrie:

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - \frac{n}{n_0} = \frac{n_0 - n}{n_0} = \frac{r}{n_0} \qquad (1.13)$$

unde r este numărul elementelor defecte. Funcția de repartiție a căderilor (defectelor) poate fi scrisă şi pe baza *densității de probabilitate,* cu expresia generală *f(x)*, sub forma:

$$F(x) = \int_0^t f(x)dx \qquad (1.14)$$

Atunci relația (1.11) mai poate fi scrisă şi astfel:

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_0^\infty f(t)dt - \int_0^t f(t)dt = \int_t^\infty f(t)dt \qquad (1.15)$$

sau:

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - \int_t^\infty f(t)dt \qquad (1.16)$$

1.3.2. Densitatea de probabilitate a căderilor

Conform definiției şi relației (1.14), *densitatea de probabilitate a repartiției timpului fără defecțiuni* mai poate fi scrisă şi sub forma :

$$f(t) = \frac{dF}{dx} \qquad (1.17)$$

sau:

$$f(t) = \frac{d(1-R)}{dt} = -\frac{dR}{dt} \qquad (1.18)$$

Cu ajutorul creşterilor finite se poate determina densitatea de probabilitate pe un anumit interval:

$$F(t) = \frac{F(t+\Delta t) - F(t)}{\Delta t} = \frac{\Delta n}{n_0}\frac{1}{\Delta t} \qquad (1.19)$$

În figura 1.4 sunt reprezentate graficele funcţiilor *R(t), F(t)* şi *f(t).*

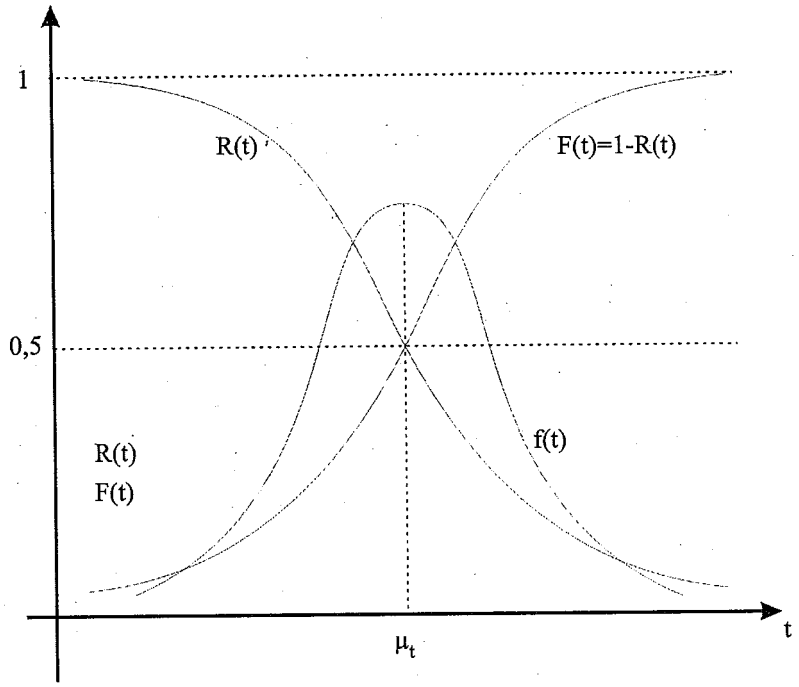


Fig.1.4. Graficele funcţiilor R(t), F(t) şi f(t)

1.3.3. Rata căderilor

Factorul de proporţionalitate $\lambda(t)$ reprezintă unul dintre parametrii cei mai importanţi ai fiabilităţii şi poartă denumirea de *rata căderilor (rata defectărilor* sau *intensitatea de defectare).* Considerând relaţia fundamentală (1.7), rezultă :

$$\frac{dR}{dt} = -\lambda(t)e^{-\int_0^{\lambda(t)dt}} = -\lambda(t)R(t) \qquad (1.20)$$

de unde:

$$\lambda(t) = -\frac{dR}{dt}\frac{1}{R} = \frac{1}{R}\frac{dF}{dt} = \frac{f(t)}{R(t)} \qquad (1.21)$$

Folosind această relație, fiabilitatea poate fi scrisă şi astfel:

$$R(t) = \frac{f(t)}{\lambda(t)} \qquad (1.22)$$

Relația (1.20) evidențiază faptul că densitatea de probabilitate poate fi definită, în baza ratei căderilor, prin expresia:

$$f(t) = \lambda(t)e^{-\int_0^{\lambda(t)dt}} \qquad (1.23)$$

Utilizând metoda creşterilor finite, rata căderilor capătă forma:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\Delta n}{n_0}\frac{1}{\Delta t}\frac{n_0}{n} = \frac{\Delta n}{n}\frac{1}{\Delta t} \qquad (1.24)$$

Dacă intervalul Δt este foarte mic, se poate da următoarea interpretare ratei căderilor:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \to \infty} \left\{ \frac{\text{Probabilitatea ca elementul care a funcționat în intervalul } (0,t) \text{ să se defecteze în intervalul } (t,\ t+\Delta t)}{\Delta t} \right\}$$

Rata defectărilor poate fi definită şi cu ajutorul probabilităților condiționate considerând evenimentele:

A – buna funcționare în intervalul (0, t);

B – apariția unui defect în intervalul (t, t + Δt).

Atunci probabilitatea unei defectări pe durata Δt la cele ***n*** elemente în stare de funcționare la începutul intervalului (t, t + Δt) este :

$$\lambda(t) = P(B / A) = P(A \cap B) / P(A) \qquad (1.25)$$

Având în vedere că probabilitatea intersecției $P(A \cap B)$ reprezintă densitatea căderilor în intervalul considerat, iar P(A) = R(t), se ajunge la relația anterioară (1.20).

1.3.4. Caracteristica experimentală a ratei căderilor

S-a constatat experimental că rata căderilor are pentru orice produs industrial aceeaşi evoluţie, respectiv dacă se reprezintă curba ratei căderilor în funcţie de timp se obţine aceeaşi formă, denumită *"cadă de baie"* – figura 1.5.

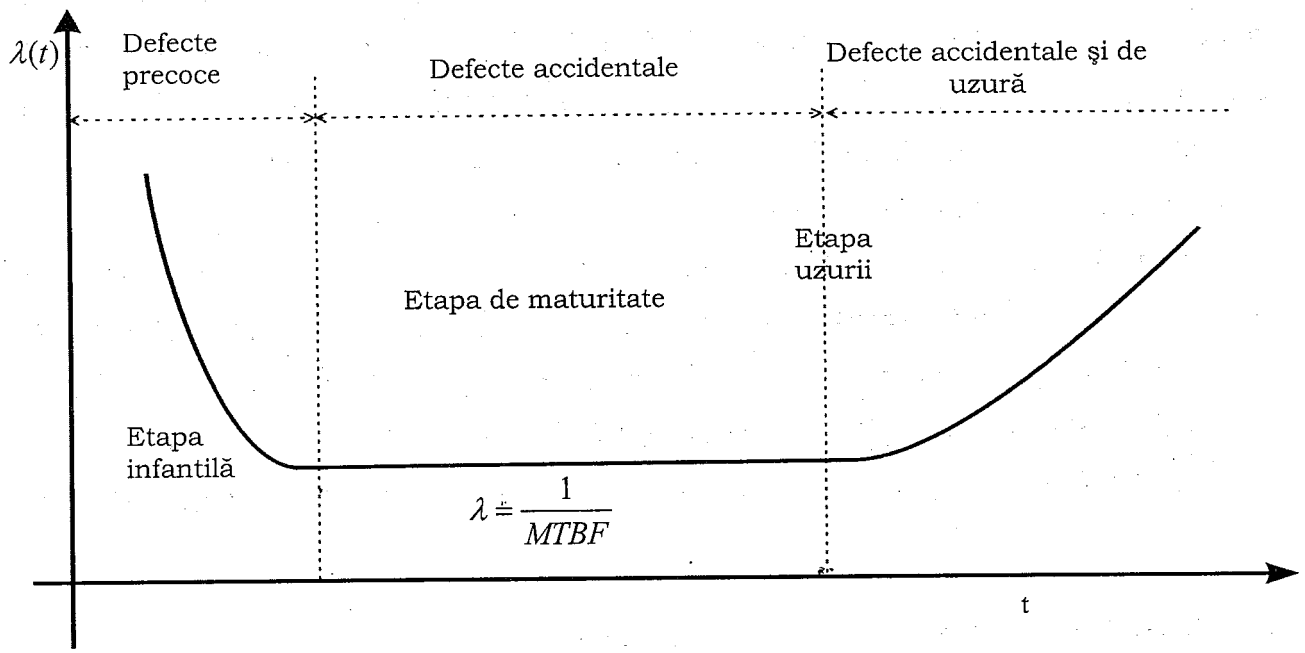


Fig.1.5. Caracteristica ratei căderilor ("cada de baie")

Modul de variaţie a ratei defectărilor delimitează trei perioade tipice din viaţa produsului, pentru care sunt specifice anumite defecte:

a). *Perioada infantilă* (a defectelor precoce);

b). *Perioada maturităţii* (a defectelor accidentale);

c). *Perioada bătrâneţii* (a defectelor de uzură).

Perioada infantilă, sau a defectelor precoce, sau a mortalităţii infantile este etapa în care rata defectărilor are iniţial o valoare ridicată, dar care descreşte continuu. Aceasta etapă cuprinde defectele care apar la începutul punerii în funcţiune a produsului. Ele sunt datorate în cea mai mare parte unor defecte *"ascunse"* de fabricaţie sau de materiale pe care un control – oricât de riguros – nu reuşeşte să le îndepărteze. Asemenea tipuri de defecte nu ar trebui să se producă, în general, la beneficiar şi se caută să se elimine în

timpul *punerii în funcțiune* a produsului sau instalației, sau prin *rodaj*. În cazul unei instalații complexe conținând mai multe elemente (componente) şi a cărei încercare la furnizor ridică anumite probleme se poate efectua un rodaj pe subansamble sau funcțiuni, cu condiția stabilirii regimurilor corespunzătoare de lucru.

Perioada maturității (a vieții utile) a produsului este caracterizată numai de defectele accidentale. Cum aceste defecte au aceeaşi probabilitate de a se produce, în oricare moment al perioadei respective, fără a le putea evita, rezultă o rată a defectărilor constantă. Durata vieții utile este cel mai important atribut în funcționarea unui produs, iar în cazul unei *întrețineri* corecte aceasta etapă constituie perioada cea mai economică de exploatare, fiind – de fapt – cea care caracterizează rata defectării unui produs.

Perioada bătrâneții este etapa în care rata căderilor creşte rapid din cauza defectelor de uzură. După cum se constată din figura 1.5, la începutul bătrâneții se pot produce atât defecte accidentale, cât şi de uzură (cotul curbei), după care materialele şi piesele îmbătrânite dau evidente semne de oboseală şi defectele sunt provocate numai de uzură, crescând liniar cu timpul.

1.3.5. Media timpului de bună funcționare

Expresia analitică a mediei timpului de bună funcționare, prescurtat MTFB, poate fi scrisă sub formă integrală astfel :

$$M[t] = MTFB = \mu = \int_0^{\infty} tf(t)dt \qquad (1.26)$$

Înlocuind densitatea de probabilitate din relațiile anterioare se obține:

$$\mu = MTFB = \int_0^{\infty} -t\frac{dR}{dt}dt \qquad (1.27)$$

şi integrând prin părți (punând în formula generală v = t şi du = -dR), expresia devine:

$$MTFB = -Rt\Big|_0^\infty + \int_0^\infty Rdt = \int_0^\infty Rdt \qquad (1.28)$$

În cazul particular în care λ = const., rezultă:

$$MTFB = \int_0^\infty Rdt = \int_0^\infty e^{-\lambda t}dt = -\frac{1}{\lambda}e^{-\lambda t}\Big|_0^\infty = \frac{1}{\lambda} \qquad (1.29)$$

Această dependență dintre MTFB şi rata defectărilor este caracteristică perioadei de maturitate (figura 1.5). Trebuie făcută observația că în cazul elementelor reparabile MTFB reprezintă durata medie între căderi sau până la prima cădere, iar pentru elementele nereparabile reprezintă durata medie până la apariția unui defect.

Deoarece este mai uşor de intuit, durata medie de viață a unui produs este foarte frecvent utilizată ca parametru de fiabilitate. Este însă necesar de subliniat că această noțiune prezintă aspecte diferite, depinzând de faptul dacă produsul este reparabil sau nu (cu sau fără restabilire). Pentru o mai bună fixare a ideilor, vom exemplifica, într-un studiu de caz, o situație întâlnită des în exploatare. Considerăm 9 lămpi de iluminat puse în funcțiune în condiții identice. Vom face presupunerea că prima lampă se arde după un timp t_1, a doua la t_2 şi aşa mai departe, conform diagramei căderilor din figura 1.6.

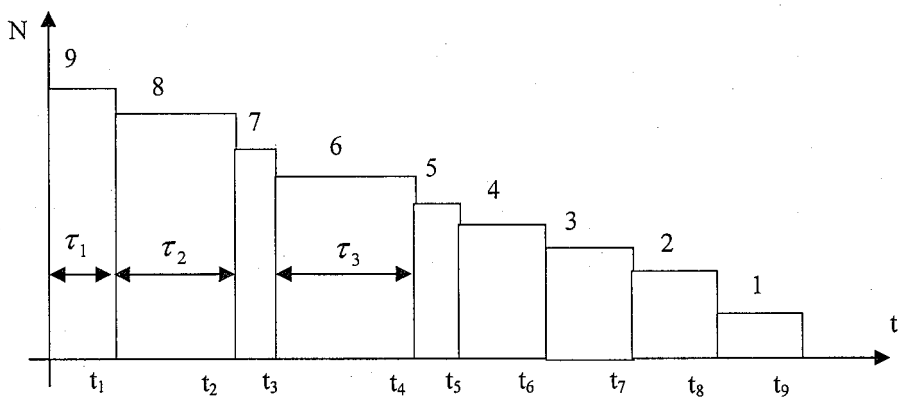


Fig.1.6. Diagrama momentelor defectării

Dacă τ_i este timpul care separă două defectări consecutive, atunci *timpul între defectări*, prescurtat TBF *"time between failures"*, pe care-l putem denumi şi *timpul bunei funcționări* va fi definit de valorile $\tau_1, \tau_2, ..., \tau_n$ Dacă piesa defectă

se înlocuieşte sau se repară, timpul bunei funcţionări TBF capătă o altă semnificaţie, de durată medie, simbolizată prin MTFB *("mean time between failures")* şi denumită *media timpului de bună funcţionare*, aşa cum s-a arătat mai sus. Precizăm că atunci când o piesă defectă este înlocuită sau reparată, echipamentul este considerat (cu oarecare aproximaţie) ca nou, la fiecare punere în serviciu. În cazul unei populaţii foarte mari, de exemplu constituită din numeroase lămpi cu incandescenţă, se pot face următoarele constatări: Dacă lămpile arse nu se înlocuiesc, atunci curba duratei de viaţă are o repartiţie normală (figura 1.7), iar dacă se înlocuiesc pe măsură ce se ard, prima generaţie de lămpi începe să dispară având aceeaşi medie μ_0 = MTFB (figura 1.8).

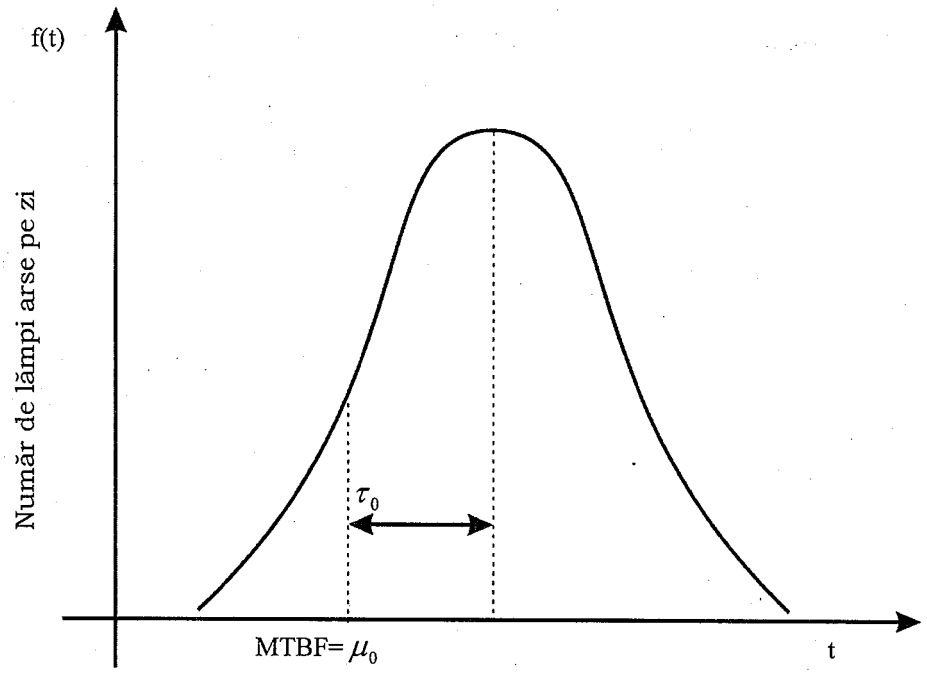


Fig.1.7.Densitatea de probabilitate la un sistem fără restabilire

Lămpile din a doua generaţie nu sunt puse simultan în serviciu şi prin urmare curba de repartiţie a arderilor se obţine aplatizată, cu un maxim la $\mu = 2\mu_0$.

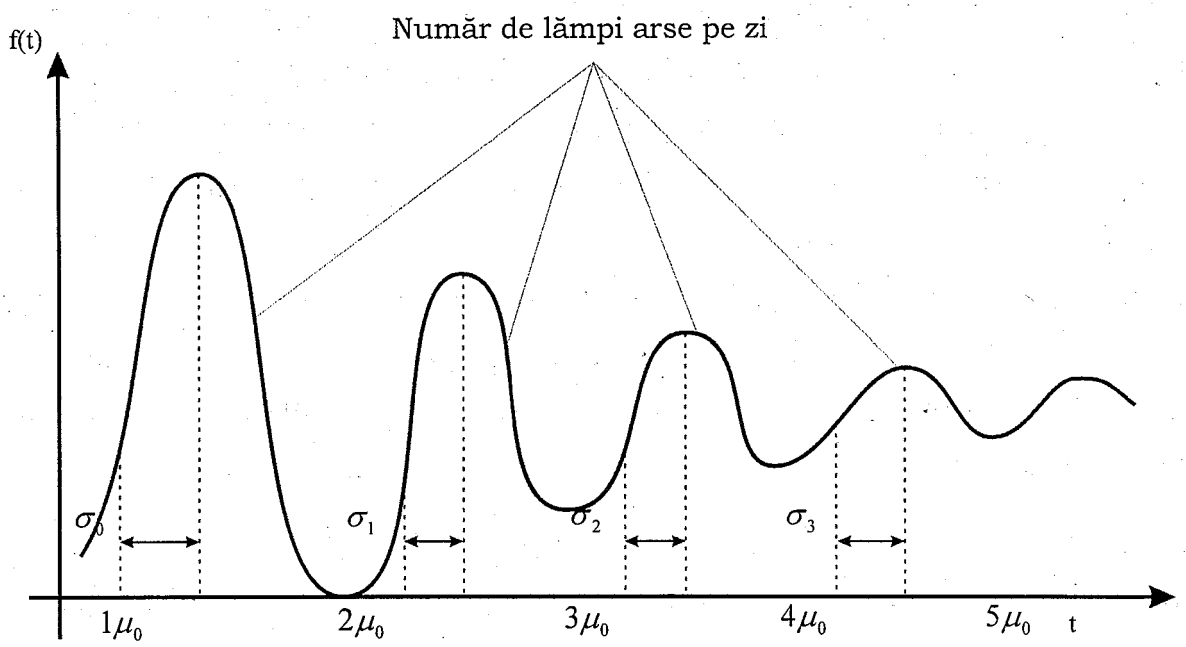


Fig.1.8. Densitatea de probabilitate la un sistem cu restabilire

Încep apoi să intre în funcțiune şi lămpile din a 3-a generație având o curbă de repartiție şi mai aplatizată, cu un maxim la $3\mu_0$. Procesul continuă în acelaşi mod şi după un timp $t = n\mu_0$, practic după $t = (4\sim5)\mu_0$ se obține o stabilizare a frecvenței căderilor. Rata de căderi a lămpilor de vârstă inegală capătă o valoare constantă ($\lambda_3 = 1/\mu$), cauzată numai de uzură. Durata medie, μ, va fi în acest caz egală cu timpul mediu între defectările unei populații de amestec. Rata defectărilor este constantă, dar acestea nu sunt defecte pur accidentale, ci – din contră – sunt numai defecte de uzură. Dacă elementele sunt nereparabile (neînlocuibile), se ia în considerație timpul până la defectare, simbolizat TTF *("time to failure").* Media acestor valori , denumită *durata medie de funcționare* reprezintă deci o medie a timpului până la prima defectare – MTTF *("mean time to failure"),* fiind – deci – media aritmetică a duratelor de viață (de funcționare) :

$$MTTF = \frac{1}{n_0}\sum_{1}^{n_0} t_i \qquad (1.30)$$

În cazul elementelor reparabile, după înlocuirea tuturor elementelor, MTFB reprezintă exact aceeaşi valoare ca şi *durata medie de funcționare* până la prima defectare (MTTF).

După cum s-a văzut (relația 1.29), media timpului de bună funcționare pentru λ= const. este egală cu $1/\lambda$. Această valoare, care se referă numai la defectările accidentale, poate să depăşească semnificativ durata vieții utile a unui produs. În studiul practic al fiabilității se urmăreşte, în general, să se prevadă posibilitatea de supraviețuire a unei misiuni pe o durată dată. Dacă durata misiunii are valoarea MTFB = $1/\lambda$, atunci fiabilitatea misiunii este R(MTFB) = e^{-1} = 0,37. În cazul în care durata misiunii t este foarte mică în raport cu MTFB-ul respectiv (adică t/MTFB << 1), expresia fiabilității se poate simplifica prin dezvoltarea în serie şi neglijarea termenilor de ordin superior:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \cong 1 - \lambda t \qquad (1.31)$$

Caracterul exponențial al variației fiabilității se poate exemplifica prin câteva calcule simple. Pentru $t = \mu/10$, fiabilitatea este R = 0,9. Pentru $t = \mu/100$, fiabilitatea rezultă 0,99, iar pentru $t = \mu/1000$ se obține R = 0,999. În cazul ultim, fiabilitatea de 0,999 arată că dintr-o mie de produse ne putem aştepta ca 999 să rămână în stare de funcționare un timp egal cu $\mu/1000$, iar unul să se defecteze. Aceste rezultate sunt valabile pentru orice produs industrial care se supune legii exponențiale de variație în timp (figura 2.9,a). Se poate trasa şi o curbă de fiabilitate tip, unică pentru toate produsele, luând ca unitate a variabilei independente timpul redus , respective t/μ, aşa cum se observă în figura 2.9,b.

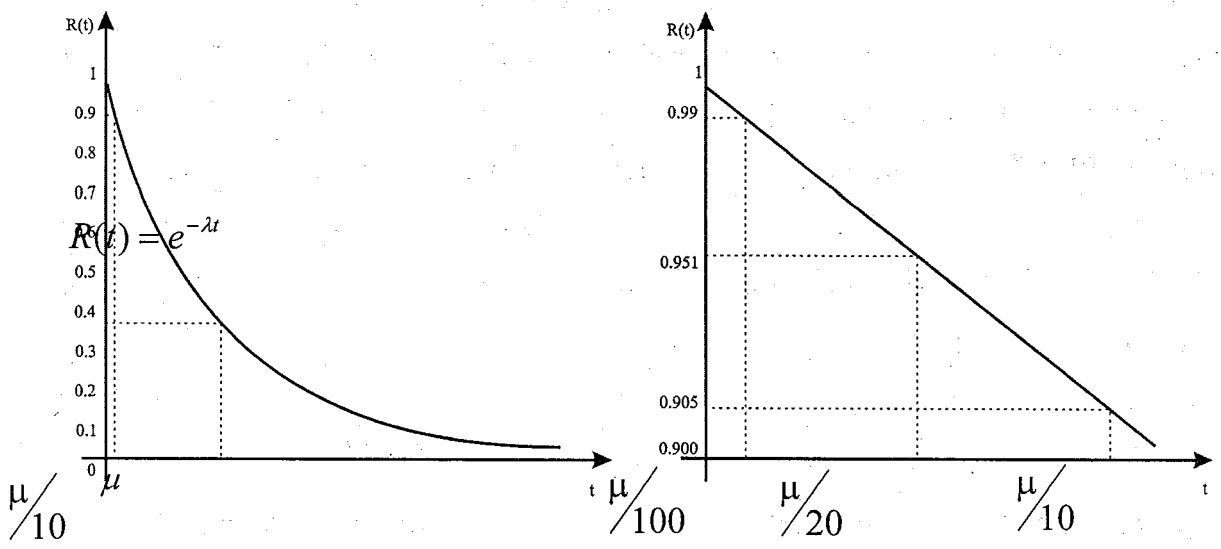


Fig.1.9. Fiabilitatea corespunzătoare valorilor submultiple ale MTFB-ului

Prin urmare, dacă se urmăreşte ca un element să aibă, pentru o oră, o fiabilitate R = 0,9999, el trebuie să fie consemnat cu un MTFB egal cu 1000 ore de funcţionare. În concluzie, MTFB indică măsura în care un produs este fiabil pe o perioadă dată, de-a lungul vieţii sale utile. Astfel un element care are un MTFB = 100.000 h este creditat cu o fiabilitate R = 0,999 pentru 100 h de funcţionare, ceea ce înseamnă că, practic, în această perioadă de lucru el nu se defectează.

1.4. Factorii determinanţi ai fiabilităţii

În paragraful anterior au fost examinaţi, într-o abordare cantitativă, parametrii care influenţează fiabilitatea produselor şi instalaţiilor industriale, În cele ce urmează ne vom opri asupra unor elemente cu importanţă majoră, respectiv al facilităţilor de operare şi de intervenţie pentru repararea sau înlocuirea unor piese şi subansamble supuse uzurii.

1.4.1. Design-ul şi ergonomia produselor

Producţia modernă de utilaje şi instalaţii se caracterizează printr-un proces continuu de mecanizare şi automatizare, dar şi printr-un design atrăgător şi o gândire ergonomică încă din proiectare, care să permită folosirea unor AMC-uri şi SDV-uri pe cât posibil universale, a unor unelte şi accesorii standard pentru realizarea mentenanţei şi reparaţiilor. Această gândire trebuie să conducă la proiectarea şi realizarea unor maşini şi instalaţii care să poată fi utilizate de muncitori în deplină siguranţă, cu un consum minim de energie, să contribuie la obţinerea unei productivităţi sporite şi să nu dăuneze sănătăţii mediului înconjurător. Îndeplinirea acestor deziderate presupune un schimb permanent de informaţii între proiectanţi, tehnologi, designeri, economişti, specialişti în ergonomie şi chiar în psihologia muncii.

Personalul mecano-energetic, destinat să asigure întreţinerea şi repararea – recondiţionarea – modernizarea mijloacelor fixe din dotare, acţionează asupra uneltelor de lucru, a dispozitivelor şi a altor mecanisme prin comenzi manuale sau de picior şi de aceea este deosebit de util să facem câteva precizări asupra

acestor elemente, aparent minore, dar cu o importanță semnificativă în funcționarea fără reproș a mașinilor și instalațiilor.

Comenzile manuale sunt realizate prin butoane, manivele și pârghii. Forma, dimensiunile și mai ales accesibilitatea acestora sunt decisive în realizarea unei mentenanțe corespunzătoare cerințelor actuale.

Butoanele, care sunt acționate prin apăsare cu degetele, trebuie să aibă un diametru între 12-30 mm, cursa de 3- 4 mm, iar forța de acționare până la 1 kg. Distanța de amplasare între butoane trebuie să fie între 15-50 mm. Sunt situații când în locul butoanelor se utilizează :

- *întrerupătoare basculante* care trebuie să aibă brațul între 12-50 mm, diametrul de 6-25 mm, unghiul de deplasare de 40-120 grade și forța de acționare până la 2 kg;
- *întrerupătoare rotative* la care, pentru o rotație completă de 360 grade, se pot obține de la 3 la 24 poziții de comutare; au forma conică sau tronconică cu diametrul între 6-100 mm și înălțimea cuprinsă între 12-25 mm;
- *volante,* pentru forțe mari, care au diametrul exterior cuprins între 175-525 mm, cel al butucului între 25-150 mm și necesită o forță de manevră de până la 25 kg.

Pentru realizarea unor viteze de rotație mari, la reglaje continue sau de mare amplitudine, se folosesc *manivelele.* La forțe de acționare mari, se recomandă ca raza manivelei să fie cuprinsă între 60-500 mm, iar pentru forțe mici până la 112 mm. Forța de acționare trebuie să fie mai mică de 4 kg.

Pentru executarea comenzilor continue și de amplitudine mică, la operațiile care necesită schimbări de viteză sau de proces tehnologic, se folosesc *levierele* sau *pârghiile.* Acestea se vor amplasa la înălțimea umerilor pentru poziția de lucru în picioare, sau la nivelul coatelor pentru poziția așezat. Evident, ele trebuie amplasate alături de executant. La pârghiile de genul schimbătoarelor de viteză, pentru ca mișcarea să fie rapidă și ușoară, este necesar ca unghiul de deplasare al pârghiilor să fie mai mic de 90 de grade. Cursa înainte-înapoi nu trebuie să depășească 350 mm, iar cursa stânga-dreapta va fi sub 950 mm. Lungimea levierului depinde de unghiul de deplasare, de viteza de acționare și de forța oponentă.

Din categoria pârghiilor fac parte și *pedalele* de pornire și mișcare. Dimensiunile acestora se recomandă a fi : lățimea minimă – 25 mm, lungimea

minimă – 75 mm, cursa maximă – 60 mm (la acționarea din gleznă) şi 175 mm (la acționarea prin gambă). În ceea ce priveşte forța de acționare, aceasta va fi între 1,5-9 kg pentru pedalele de pornire şi între 2-90 kg pentru pedalele de mişcare.

Pentru controlul proceselor tehnologice se vor utiliza aparate de măsură şi control cu diverse sisteme de citire şi diverse clase de precizie, care pornesc de la 0,5 % pentru aparatele electrice de laborator şi ajung până la 10-15 % pentru aparatele mecanice şi termice. Aparatele se amplasează în fața operatorului, la înălțimea ochilor, formând un câmp vizual cuprins în unghiul solid al unei raze situate la 25 grade deasupra şi 15 grade dedesubt (figura 1.10).

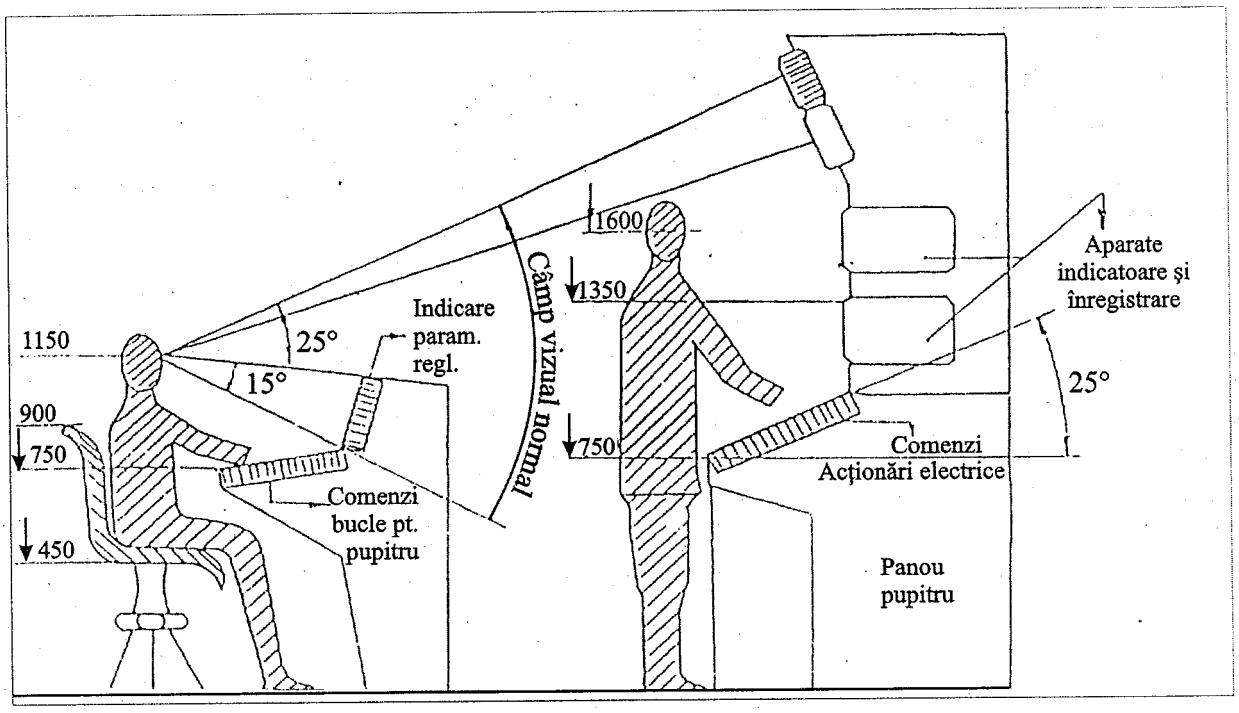


Fig.1.10. Organizarea ergonomică a locurilor de muncă cu aparatură de comandă şi control

Scrierea cadranelor trebuie să fie făcută citeț, utilizând aceleaşi scări de gradare pentru măsurarea aceloraşi parametri, iar înălțimile de scriere trebuie să fie egale.

1.4.2. Tipizarea pieselor, subansamblelor şi tehnologiilor

Introducerea tipizării în tehnologia întreţinerii şi reparării utilajelor şi instalaţiilor trebuie să fie considerată ca o măsură de mare însemnătate pentru economie, în general, şi pentru întreprinderi, în particular.

Tipizarea tehnologică a lucrărilor de reparaţii, care asigură o înaltă productivitate a muncii şi un cost minim, se bazează pe proiectarea şi realizarea unor piese cu forme şi dimensiuni normalizate sau standardizate, produse cu o aceeaşi tehnologie de fabricaţie.

În ultimul timp, dezvoltarea produselor nu poate fi imaginată fără utilizarea calculatoarelor, în diverse etape şi pentru diferite funcţiuni, cum ar fi:

a. ca bancă de date, înregistrând şi ordonând informaţii mai vechi şi mai noi din domeniul tehnic şi comercial;

b. ca metodă de calcul, nu pur şi simplu pentru desfăşurarea mai rapidă a succesiunii de operaţii necesare dimensionării şi calificării unui produs, ci pentru selectarea şi optimizarea soluţiilor posibile, mai ales dacă se pune problema unor familii de produse, a unor serii unitare de maşini sau utilaje;

c. ca metodă de proiectare a geometriei şi a formei pieselor şi subansamblelor, făcând apel la standardizarea şi normalizarea internă şi internaţională, dar şi la tipizarea internă a întreprinderii; în anumite domenii, de exemplu al motoarelor electrice, există o avansată standardizare internaţională în cadrul Comitetului Electrotehnic Internaţional (CEI), care permite – pentru o anumită putere şi turaţie – interschimbabilitatea motoarelor, indiferent de firma sau ţara furnizoare;

d. ca posibilitate de simulare a diverselor funcţiuni ale produsului, reducând la minim machetele experimentale şi prototipurile evolutive;

e. ca mijloc de predeterminare a parametrilor şi mentenabilităţii produsului, în acelaşi scop al reducerii cheltuielilor şi timpului pentru încercări experimentale şi punerii în funcţiune complexe.

Concepţia asistată de calculator în dezvoltarea produselor este cunoscută sub denumirile de circulaţie internaţională :

- C.A.D. (*Computer Aided Design),* în limba engleză;
- C.A.O. (*Conception Assistee par Ordinateur),* în limba franceză.

Informatizarea concepției nu se reduce la derularea unor programe de calcul şi optimizarea soluțiilor numerice, ea însemnând şi elaborarea soluțiilor constructive şi editarea desenelor de execuție, a fişelor de operații, nomenclatoarelor de piese etc. În ultimul timp s-a trecut de la reprezentarea în două axe (de suprafață, sau în "2D" – de la două dimensiuni), la reprezentarea şi studiul pieselor sau subansamblelor în trei axe (modelare volumică, sau în "3D"). Evident, modelările tridimensionale sunt superioare celor din plan, oferind o mai bună cunoaştere şi analiză a pieselor, precum şi o economie de reprezentări, dar prezintă unele limite în ceea ce priveşte suprafețele negeometrice ("sculptate") sau lipsa de detalii la intersecția unor volume.

Mulți specialişti în 3D fac apel la operații booleene asupra primitivelor geometrice de bază, alții recurg la o reprezentare B.REP. *(Boundary Representation),* în care piesa este cunoscută prin muchiile şi fețele volumului său, cu indicarea orientării şi conectării suprafețelor. În acest sens, lucrările unor specialişti ca M. Gross, P. Rixhon, W. Eversheim, G. Abolins şi C. Marty au oferit posibilitatea creării unor relații între parametrii tehnici şi funcțiuni în diverse stadii ale concepției, stabilirii funcțiunilor aferente fiecărui element şi a cerințelor de poziție, formă şi de asamblare.

Informatizarea concepției îşi propune în prezent *codificarea constructivă si tehnologică* a reperelor, în scopul generării automate a altor game de elemente şi subansamble.

Facultatea de a crea *obiecte-primitive parametrabile* (codificate ca geometrie, formă, funcțiuni, material etc.) oferă birourilor de studii din întreprinderi posibilitatea de a se dota cu o adevărată *"repertecă"* (bancă de repere), a cărei punere în operă va fi mai mult sau mai puțin performantă în funcție de modul propriu de definire a elementelor respective. Utilizând un termen din branşa confecțiilor, se poate spune că sistemul va putea evolua spre un produs *"făcut la comandă"* şi pe măsura *"ştiinței de a face"* a întreprinderii.

În aceeaşi ordine de idei, ar mai trebui amintite tehnicile utilizate în *"analiza valorii"* care au permis trecerea rapidă de la obiectivul inițial, al

reducerii costurilor la optimizarea tehnico-economică a produselor şi tehnologiilor; pornind de la principii simple, dar utilizând metode de analiză precise (printre care răspunsurile la *"fatidicele"* întrebări : De ce (aşa)?, Cu ce?, Cum (altfel) ? Când ?), ea a demonstrat eficacitatea şi rentabilitatea sa în numeroase domenii de activitate, nu neapărat industriale.

Referindu-ne la sfera terotehnicii şi terotehnologiei, este clar că tipizarea asigură îndeplinirea unor serii de lucrări folosind piese interşanjabile şi aceeaşi metodă de reparaţie, în felul acesta ridicându-se apreciabil calitatea şi eficienţa economică a lucrărilor de mentenanţă. Totodată, se permite stabilirea unei tehnologii concrete pentru fiecare lucrare.

O tehnologie concretă de lucru se obţine pe baza observaţiilor zilnice constatate în timpul aplicării procedeului tehnologic tip şi determinarea precisă a volumului de operaţii, de materiale şi piese necesare, precum şi a normelor de timp. În baza acestora se întocmeşte dosarul-tip de întreţinere şi reparaţii, care trebuie să cuprindă :

- desenele tehnice şi schemele cinematice (după caz);
- fişele tehnice cu nominalizarea lucrărilor şi normelor de timp;
- condiţiile tehnice şi caietele de sarcini pentru realizarea lucrărilor de mentenanţă – recondiţionări-modernizări;
- normele pentru verificare şi control;
- descrierea operaţiilor de verificare;
- nominalizarea SDV-urilor şi AMC-urilor de lucru;
- diferite observaţii şi completări necesare.

Tipizarea proceselor tehnologice se efectuează, în principal, pentru :

- piesele complicate : axe, came, bucşe, bolţuri etc.;
- piesele cu uzură rapidă : roţi dinţate, mecanisme de avans etc.;
- piese simple, dar de serie : şuruburi, piuliţe, garnituri, şaibe, pene, prezoane etc.

Tipizarea tehnologică se face în două variante şi anume : detaliată şi generală. Tipizarea detaliată priveşte producţia de serie mare a pieselor simple, unde, pe acelaşi desen – într-un tabel – sunt date toate dimensiunile necesare şi tehnologia tip cu norma de timp, în funcţie de grupa realizată. Tipizarea generală se referă la piesele complicate, la care se realizează atât desenele

cadru, cât şi tehnologiile tip, urmând ca apoi, de la caz la caz, să se nominalizeze anumite cote în funcţie de starea tehnică a celorlalte piese din componenţa ansamblului şi, totodată, să se completeze şi tehnologia cu operaţiile suplimentare necesare.

1.4.3. Comportarea sistemelor mecanice, electrice, hidraulice şi pneumatice în exploatare

Încă din faza de proiectare a maşinilor, utilajelor şi instalaţiilor trebuie să se ţină seama că unele dintre acestea lucrează la temperaturi mari, presiuni înalte, medii corosive, vibraţii, trepidaţii, medii poluante – cu praf şi umiditate – iar altele din industria chimică, petrolieră sau construcţii lucrează în medii cu totul defavorabile preciziei, care provoacă o serie de defecte de natură mecanică, electrică, hidraulică, pneumatică etc. ale mecanismelor componente.

Uzurile premature şi avariile în funcţionare apar nu numai datorită unor erori de proiectare, dar şi a subestimării unor condiţii de exploatare, a lipsei calculelor de rezistenţă mecanică şi termică, sau a neglijării condiţiilor de mediu în care lucrează respectiva maşină, utilaj sau instalaţie. La acestea se mai adaugă şi lipsa instrucţiunilor de exploatare, a restricţiilor în funcţionare – date tot din faza de proiectare – cât şi ignorarea unor instrucţiuni de lucru, manevrare, acţionare şi comandă.

Înainte de a examina, în mod succint, principalele tipuri de defecţiuni, am reprezentat în figura 1.11 histograma defecţiunilor apărute în funcţionarea sistemelor care fac obiectul terotehnicii, datorită lipsei de fiabilitate la maşini, utilaje şi instalaţii.

Deficienţele în ***sistemele mecanice*** apar prin coliziunea subansamblelor mobile, ruperea dinţilor angrenajelor datorită cuplării necorespunzătoare a roţilor dinţate baladoare din cutiile de viteză, forfecarea penelor şi a ştifturilor de siguranţă datorită suprasolicitărilor, prin distrugerea cuplajelor, reductoarelor şi a căilor de rulare (în cazul instalaţiilor de ridicat) sau defectarea rapidă a reperelor care lucrează la turaţii mari (cazul maşinilor de ţesut) sau în medii grele (praf, umiditate, atmosfere acide).

Rezultatele studiilor efectuate în diverse condiții de exploatare au arătat că ieşirea din funcțiune a roților dințate se datorează uneia din cele trei forme de compromitere a dinților şi anume:

a. ruperea;

b. uzura capetelor dinților (la intrarea în angrenaj);

c. uzura flancurilor.

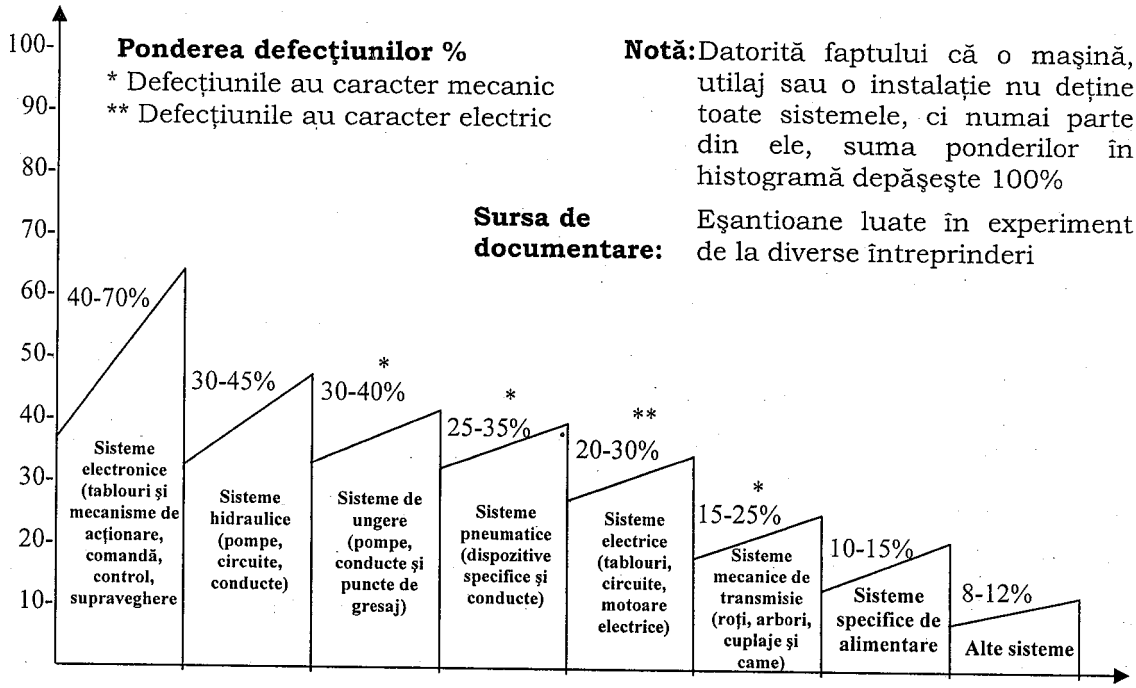


Fig. 1.11. Histograma defecțiunilor apărute în funcționarea sistemelor

La majoritatea maşinilor şi utilajelor supuse observațiilor s-a constatat că din numărul total de roți dințate schimbate în cutiile de viteză în primii 5 ani de exploatare, 79 % au ieşit din funcțiune datorită ruperii dinților, 17 % în urma uzurii capetelor dinților, 3 % datorită uzurii flancurilor şi 1 % din alte cauze. În general, roțile dințate din cutiile de viteze şi de avansuri corect proiectate, executate şi exploatate ies din funcțiune, în mod obişnuit, ca urmare a uzurii în timp, manifestându-se ca un proces normal al utilizării.

Mecanismele de transmisie a mişcărilor cu lanțuri, role, curele, prin fricțiune etc. au uzuri rapide din cauza neluării în considerare a frecărilor şi a utilizării corecte a lubrifianților, care fac ca jocurile să se mărească şi, în consecință, mişcarea se transmite numai parțial.

La came, excentrice şi cruci de Malta uzura apare pe suprafețele active de lucru, ca – de exemplu – pe conturul exterior al camei în contact cu rola sau

tachetul de comandă din cauză că la proiectare nu s-a ținut seama de calitatea materialelor în contact.

La rulmenți deficiențele apar la inele sau corpurile de rotire (bile, role) din cauza funcționării defectuoase (jocuri, solicitări axiale), sau din lipsa lubrifiantului.

Deficiențele în ***sistemele electrice şi electronice*** se referă la elementele de acționare (motoare electrice şi electromagneți), aparate de conectare şi comutare, elemente intermediare şi de protecție (relee intermediare, relee de timp, relee de viteză, relee de protecție, sonde termice etc), elemente de comandă (butoane, limitatoare de cursă), elemente de semnalizare şi elemente auxiliare. Este evident că defectarea unui element – chiar minor – dintre acestea provoacă ieşirea din funcțiune a maşinilor şi utilajelor din dotare.

Motoarele electrice sunt elemente deosebit de importante în asigurarea unei fiabilități corespunzătoare pentru sistemele de acționare şi comandă electrică. Ele sunt supuse unor solicitări şi regimuri grele de lucru. Tipurile principale de defecte ale motoarelor electrice sunt: deteriorarea înfăşurărilor ca urmare a suprasarcinilor sau străpungerii izolației, blocarea rulmenților, uzura suprafeței colectoarelor şi a periilor la motoarele de curent continuu, a sistemelor de aducție a curentului la motoarele de curent alternativ cu inele colectoare.

Analiza datelor furnizate de exploatarea motoarelor electrice asincrone arată că defectările datorate deteriorării înfăşurărilor reprezintă 85 % din totalul scoaterii din funcțiune, a rulmenților reprezintă 10 %, restul de 5 % privind diferite defecțiuni mecanice.

Electromagneții de acționare care intră în componența cuplajelor electromagnetice, a distribuitoarelor şi aparatelor de comandă şi protecție etc. se defectează, în principal, datorită arderii bobinajului ca urmare a supratensiunilor care apar la deschiderea circuitului. De asemenea, menținerea unui întrefier mai mare decât cel prevăzut de constructor, în timp ce electromagnetul se găseşte cuplat la rețea, determină o suprasarcină care în final duce la arderea bobinei de acționare. Apar şi cazuri când electromagnetul

este pus să acționeze la o forță mai mare decât cea pentru care a fost construit, sau se blochează – din diferite cauze mecanice – armătura mobilă.

Elementele de conectare şi comutare cu acționare manuală ies din funcțiune datorită uzurii normale care , la contactele aparatelor de conectare neautomate, este mult mai rapidă decât la cele cu conectare automată, din cauza capacității mai reduse de rupere şi de închidere pe care o au. Cauzele principale care conduc la uzura contactelor sunt : oxidarea lor, depăşirea frecvenței nominale de conectare, scăderea presiunii de contact şi supunerea aparatelor la curenți care depăşesc curentul maximal al acestora. Bobinele de acționare ale aparatelor de conectare automată (contactoare), ale transformatoarelor şi amplificatoarelor magnetice se ard din cauza apariției unui scurtcircuit între spirele lor, ca urmare a deteriorării izolației conductorului sau a izolației dintre spire.

Supunerea bobinelor la o tensiune superioară tensiunii pentru care au fost calculate şi dimensionate, precum şi încărcarea conductoarelor cu o densitate de curent mai mare decât cea admisibilă duc la străpungerea izolației electrice şi la apariția unor scurtcircuite, în primul caz şi la supraîncălzirea şi îmbătrânirea izolației, în al doilea caz, ceea ce creează ulterior posibilitatea unui scurtcircuit între spire şi distrugerea bobinei, în final.

Cauzele defectării ***releelor şi contactoarelor*** pot fi: formarea pe suprafața contactelor a unor pelicule izolatoare, coroziunea, eroziunea, îmbâcsirea şi sudarea contactelor (la suprasarcini), străpungerea izolației între căile de curent datorită temperaturii şi umidității ridicate, blocarea şi ruperea părților mecanice.

Fiabilitatea acestor elemente depinde de curenți şi de tensiunea de alimentare, de numărul perechilor de contacte, de temperatura şi umiditatea mediului ambiant, de numărul de acționări etc. În mod deosebit, fiabilitatea releelor este dependentă de sarcina electrică. Temperatura contactelor creşte cu sarcina şi poate să atingă temperatura de topire a materialului de placare a contactelor. Odată cu creşterea temperaturii contactelor se intensifică şi reacțiile chimice de la suprafața acestora. De exemplu, vaporii care se degajă

din materialele izolante se depun pe suprafețele contactelor (cauciucul şi ebonita degajă sulf, iar policlorura de vinil degajă clor).

Butoanele de comandă pot fi scoase din funcțiune din cauza distrugerii contactelor şi înțepenirii sistemului de acționare. Contactele se pot defecta din cauza trecerii unor curenți mai mari decât curenții admisibili, sau din cauza arcului electric ce însoțeşte readucerea butonului în starea inițială (ruperea circuitului electric).

Fiabilitatea ***elementelor semiconductoare*** este dependentă de regimul de funcționare şi temperatura ambiantă. Dispozitivele semiconductoare utilizate în schemele de comandă la maşini, utilaje şi instalații sunt: diodele, triodele, tranzistoarele, tiristoarele şi – în ultimul timp – circuitele integrate ale acestora.

Defecțiunea caracteristică a acestor elemente o constituie străpungerea electrică şi termică a joncțiunii p-n, sub acțiunea unor tensiuni ridicate sau a unor suprasarcini. Curentul care trece prin element şi puterea pe care o dezvoltă la străpungere creşte rapid şi atinge valori la care semiconductorul se distruge, chiar la o creştere mică a tensiunii peste valoarea indicată în condițiile tehnice.

Printre cele mai dese defectări ale condensatoarelor pot fi enumerate: străpungerea dielectricului, descărcări de suprafață şi ruperea conductoarelor de conectare. La condensatoarele electrolitice, capacitatea se reduce considerabil în timp. Fiabilitatea condensatoarelor depinde, în general, de sarcina electrică şi de temperatura şi umiditatea mediului ambiant, Cu cât creşte temperatura, se reduce capacitatea şi durata de funcționare a condensatoarelor. De exemplu, creşterea sistematică a temperaturii cu 10-15°C peste cea admisibilă reduce durata de funcționare de 8-10 ori.

Deficiențele în ***sistemele hidraulice şi pneumatice*** sunt strâns legate de fenomenele de uzură ale unor piese componente, care conduc la defectarea ansamblului. Stabilirea uzurii admisibile se face în funcție de influența pe care o exercită piesele respective în funcționarea sistemului. În cazul sistemelor de acționare hidrostatică, stabilirea uzurii admisibile ține seama de faptul că un element uzat, fie că face ca ansamblul să nu mai poată funcționa (se produce

distrugerea unor piese, blocări etc.), fie că face ca parametrii sistemului să iasă din limitele de toleranță admise.

Funcționalitatea pompelor este influențată de uzura unor organe, produsă în special de frecarea abrazivă dintre piesele fixe şi cele în mişcare. Datorită uzurii, jocul dintre piston şi cilindru creşte, cresc şi pierderile volumice, se compromit etanşările, creşte uzura segmenților.

Acționările pneumatice prezintă o serie de avantaje în comparație cu celelalte tipuri de acționări şi anume : greutate redusă , suprasarcini fără pericol de avarii, întreținere uşoară, pericol redus de accidente, posibilități largi de reglaj, alimentare comodă cu energie etc.

Pentru proiectanți trebuie reținut însă şi faptul că instalațiile pneumatice sunt mai puțin fiabile, au randament energetic scăzut (circa 17 %) din cauza pierderilor mari în compresor şi prin conducte şi instalații cu coturi, curbe, racorduri, distribuitoare şi ventile – şi sunt expuse coroziunii. Este absolut necesar ca proiectanții să țină seama de avantajele şi dezavantajele sistemelor hidraulice şi pneumatice, pentru a le folosi numai acolo unde avantajele primează, iar siguranța în funcționare este asigurată cu un randament maxim pe toată durata de funcționare.

1.5. Acțiuni concrete pentru creşterea fiabilității maşinilor, utilajelor şi instalațiilor

După examinarea comportamentului în exploatare al maşinilor, utilajelor şi instalațiilor şi indicarea principalelor cauze de defectare, vom sublinia în continuare o serie de acțiuni concrete pentru sporirea fiabilității acestora, în diverse faze ale vieții lor, începând cu concepția şi până la ultimele intervenții înainte de scoaterea din funcțiune.

A. *În etapa de proiectare tehnică:*

a. Armonizarea unor elemente componente astfel încât ansamblul să funcționeze normal, inclusiv la suprasarcinile admise prin norme sau caiete de sarcini.

b. Utilizarea de angrenaje care asigură mărirea suprafeței de contact, micşorarea zgomotului şi creşterea fiabilității acestora, datorită transmiterii mai raționale a momentelor de la o roată la alta.

c. Conceperea unor lagăre şi ghidaje hidrostatice care să reducă frecările şi să permită o lubrifiere consistentă.

d. Prevederea unor lanțuri cinematice simplificate la maximum.

e. Înlocuirea pe cât posibil a mişcărilor de translație.

f. Asigurarea încă din faza de proiect a unei mentenanțe minime şi, în special, a unui acces uşor şi rapid la piesele de înlocuit.

g. Utilizarea de piese şi subansamble tipizate care simplifică proiectarea şi întreținerea în exploatare.

h. Proiectarea subansamblelor din elemente cu valori apropiate ale fiabilității, permițând astfel înlocuirea simultană a întregului subansamblu sau ansamblu.

i. Prevederea de la planşetă a întregului sistem de întreținere preventivă, care echivalează cu o veritabilă redundanță la sistemele mecanice şi asigură o fiabilitate ridicată a maşinilor, utilajelor şi instalațiilor; în felul acesta se mențin elementele la un nivel constant redus al ratei defectărilor în zona de maturitate (figura 1.5) şi nu se atinge zona de uzură (bătrânețe).

j. Impunerea din faza de proiectare a unui nivel ridicat de menținere a fiabilității cuprins, de exemplu, între 1,0 şi 0,9. Aceasta presupune aplicarea mentenanței preventive la momentul t_i, ceea ce conduce la ridicarea fiabilității existente în momentul t_i la o valoare apropiată de 1,0 la momentul t_{i+1}.

Procedeul aplicat are alura unor dinți de fierăstrău (figura 1.12).

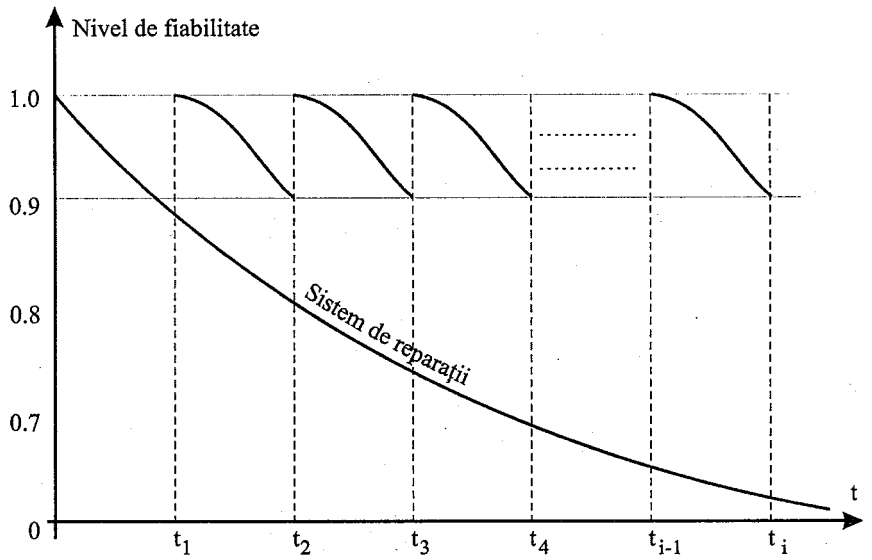


Fig.1.12. Păstrarea fiabilității prin aplicarea mentenanței preventive

k. Determinarea optimă a disponibilității prin proiectarea terotehnică şi ergonomică a elementelor, cu efect – pe lângă o utilizare rațională – în sporirea interesului muncitorilor pentru mai buna funcționare şi întreținere a maşinilor, utilajelor şi instalațiilor. O colaborare cu specialişti în design şi psihologi conduce la alegerea unor soluții simple, viabile, respectându-se ordinea firească a desfăşurării operațiilor de manipulare, control şi reglare. Dar cel mai important efect constă în reducerea totală a cheltuielilor, raportul dintre acestea, disponibilitate şi mentenanță preventivă fiind pus în evidență în figura 1.13. Se constată că, pe măsură ce se asigură o mentenanță corespunzătoare, costurile aferente reparațiilor şi pierderilor de producție scad, ajungându-se la un minimum al cheltuielilor totale, după care acestea încep să crească din cauza sporirii costurilor necesitate de intensificarea activității de mentenanță preventivă. Prin urmare, dacă nu se ține seama de imperativul asigurării unei fiabilități ridicate în perioada de exploatare a maşinilor, utilajelor şi instalațiilor, cheltuielile de întreținere şi reparare vor fi ridicate. Este însă posibil să se determine, încă din faza de proiectare, un nivel optim de fiabilitate, astfel încât să rezulte un raport corespunzător între costurile de proiectare şi de execuție ale maşinii, respectiv cele necesare pentru operațiile de exploatare, întreținere şi reparare.

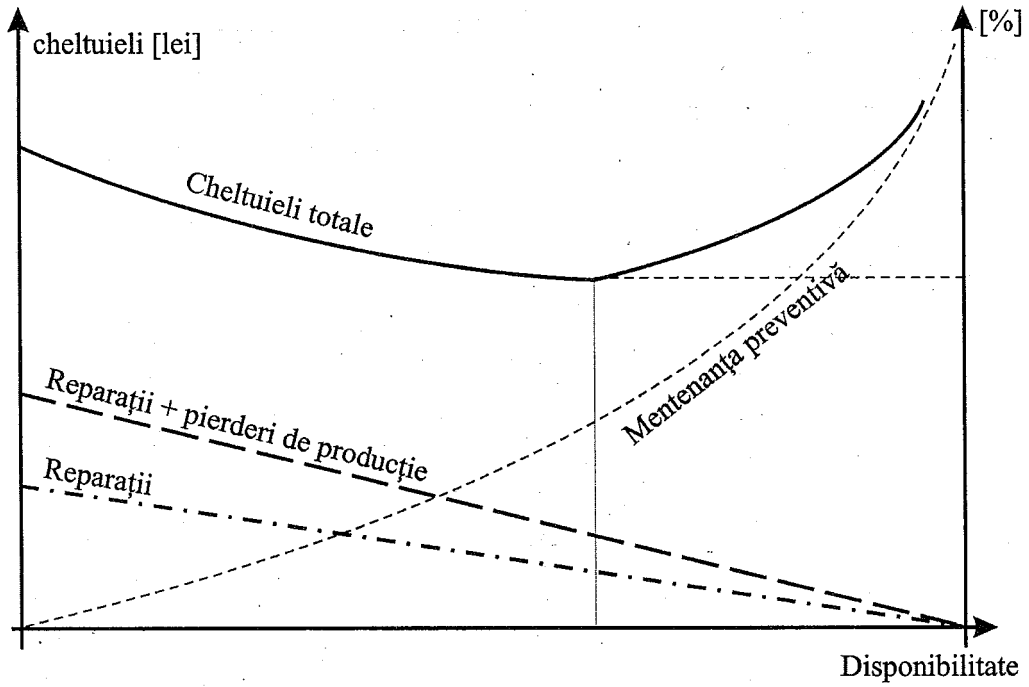


Fig.1.13. Dependența dintre cheltuielile totale, mentenanța preventivă şi disponibilitate

O interpretare grafică a acestui raport este reprezentată în figura 1.14, care evidenţiază şi o *zonă de optim economic*, în jurul punctului de intersecţie a curbei costurilor de exploatare cu graficul costurilor de investiţii.

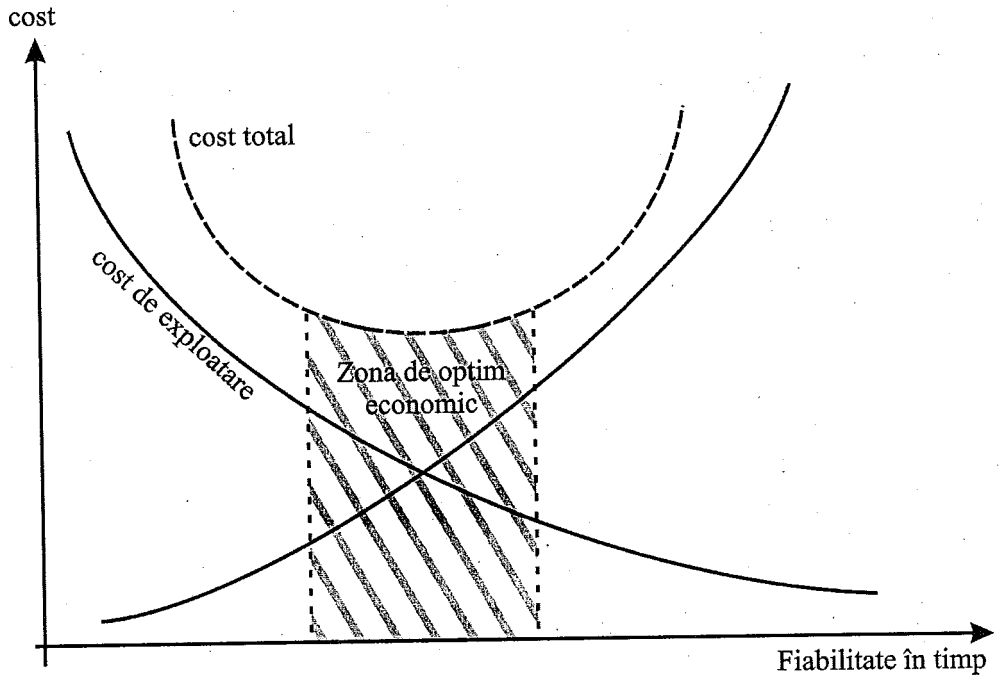


Fig. 1.14. Zona de optim economic a fiabilităţii

B. *În etapa de elaborare a tehnologiei şi de realizare* a maşinilor, utilajelor şi instalaţiilor pe fluxul de fabricaţie:

Se recomandă, în primul rând, verificarea riguroasă a pieselor de uzură şi a principalelor mecanisme de acţionare, sub aspectul preciziei dimensionale, a formelor constructive şi a clasei de precizie indicate.

Prin respectarea cu strictețe a tehnologiei, precum şi prin executarea unui tratament termic adecvat se permite o mai mare apropiere de valorile previzionate ale fiabilităţii.

Montajul va trebui să se facă în cele mai bune condiţiuni, în conformitate cu instrucţiunile elaborate de proiectant, cunoscut fiind faptul că un montaj necorespunzător produce de cele mai multe ori defecţiuni majore. O atenţie specială se va da la montajul subansamblelor pretenţioase (axul principal, ghidajele, mecanismele conducătoare, lagărele etc.), folosindu-se scule corespunzătoare (chei dinamometrice, dispozitive de extracţie), controlându-se

prestrângerea sau jocul prescris, precum şi realizarea ajustajelor conform rolului funcţional al fiecărui subansamblu.

Devine rațională defalcarea operațiilor de montaj pe categorii de complexitate şi specializare, în care scop se vor repartiza la operațiunile pretenţioase personal muncitor cu calificare ridicată şi maiştri cu experienţă, iar celelalte operații, care nu influenţează fiabilitatea utilajelor, urmând a fi încredinţate muncitorilor cu calificare mai redusă.

Se va asigura un control riguros al pieselor şi subansamblelor înainte de montaj, iar cele mai importante se vor proba, pe cât posibil în sarcină.

Nu este lipsit de interes ca, înainte de montaj, ansamblele importante să fie supuse unor probe de anduranţă. În acest scop, se vor elabora standuri de verificare a fiabilităţii, eventual prin încercări accelerate, simulând condiţiile reale de sarcină.

C. *În etapa de exploatare, întreţinere şi reparare a mijloacelor fixe*:

Operarea, întreţinerea şi repararea se suprapun peste fiabilitatea reală a maşinilor şi pot influenţă serios durata de funcţionare a acestora, de aceea se pune foarte acut problema cunoaşterii posibilităţilor tehnologice ale utilajelor atât de muncitorii care lucrează efectiv cu ele , cât şi de personalul tehnic operativ (maiştri, tehnologi).

În ceea ce priveşte întreţinerea, se va avea în vedere respectarea riguroasă a normelor şi instrucţiunilor indicate în cartea maşinii; în plus se va ţine seama şi de tipul şi caracteristicile producţiei pentru care se utilizează maşina respectivă, prevăzându-se uneori măsuri suplimentare de întreţinere.

Se va urmări cu maximă atenţie familiarizarea echipelor de întreţinere cu noile tipuri de maşini şi utilaje. Etapa următoare ar fi sporirea fiabilităţii în baza mentenanţei preventive: Pornind de la determinări de fiabilitate făcute în exploatare sau în regim accelerat, se pot determina reperele şi chiar subansamblele cu fiabilitate mai redusă, asupra cărora se va îndrepta o atenţie deosebită, prin asigurarea cu piese de schimb şi înlocuirea preventivă, ştiut fiind că defectarea bruscă a unei instalaţii importante determină întreruperi de lungă durată şi pierderi substanţiale de producţie.

Problematica anterioară impune studierea împrăştierii (dispersiei) timpilor de defectare a reperelor şi subansamblelor din componenţa maşinilor, în scopul stabilirii stocului minim de piese de schimb, deoarece lipsa acestora poate conduce la stagnări de producţie, iar un volum prea mare de piese de schimb imobilizează fonduri importante.

Evaluarea costului operaţiilor de mentenanţă şi de exploatare a maşinilor şi utilajelor a fost şi rămâne una din problemele economice majore ale

întreprinderilor. Într-adevăr, nu este indiferent dacă fiabilitatea maşinilor cu care trebuie să se realizeze sarcinile planificate este scăzută, întrucât – pe de o parte – datorită disponibilităţii reduse, o cantitate însemnată din fondul nominal de timp se iroseşte fără ca maşinile să producă ceva, iar – pe de altă parte – numeroasele intervenţii ale personalului de întreţinere pentru reparaţii înseamnă costuri suplimentare. În consecinţă, apare mai raţională efectuarea unor controale şi verificări periodice, preventive asupra funcţionării maşinilor, utilajelor şi instalaţiilor, decât stagnarea lor datorită defecţiunilor şi reparaţiilor haotice, care duc la încărcarea neuniformă a personalului de întreţinere, fără o planificare prealabilă a acestor activităţi.

Chestiunea esenţială rămâne găsirea unei modalităţi de planificare a verificărilor, sub aspectul optimizării cheltuielilor de întreţinere şi reparare. Din acest punct de vedere stau la dispoziţie două metode şi anume :

- fie efectuarea operaţiilor de reglare, reparare şi schimbare a pieselor uzate cu ocazia reviziilor tehnice (R_t);
- fie determinarea momentului de control, verificare şi înlocuire a unor piese după nomogramele din literatura de specialitate.

2. MENTENABILITATEA ŞI MENTENANŢA

2.1. Definiţii şi relaţii de calcul

Mentenabilitatea este o însuşire a unui produs, manifestată prin aptitudinea sa de a putea fi supravegheat în timpul funcţionării (de la simpla observare, până la măsurarea unor parametri sau monitorizare), de a fi întreţinut (prin verificări şi intervenţii periodice asupra unor piese şi subansamble, inclusive operaţii de lubrifiere) şi de a fi reparat, într-o anumită perioadă de timp şi în condiţii prescrise de furnizor, pentru a fi readus la starea iniţială a punerii în funcţiune.

Mentenanţa reprezintă o activitate practică de punere în valoare a mentenabilităţii unui produs, ea cuprinzând totalitatea operaţiilor de întreţinere şi reparaţii efectuate în scopul menţinerii unui produs în stare de funcţionare.

2.1.1. Mentenaţa. Definiţii şi aspecte generale

Definiţie standard : ***Mentenanţa ("maintenance") este combinaţia tuturor acţiunilor tehnice şi administrative, cuprinzând şi operaţiile de supraveghere, destinate a menţine sau a repune o entitate (un produs) într-o stare care să-i permită îndeplinirea funcţiei cerute.****

Activitățile de întreținere şi de reparare au fost considerate de tehnica tradițională ca probleme care aparțin în exclusivitate exploatării, fiind tratate mai mult sau mai puțin în mod intuitiv.

Evoluția şi complexitatea echipamentelor a modificat şi modul de considerare a problemelor respective. În prezent se consideră că ***mentenanța*** şi ***mentenabilitatea*** reprezintă laturi importante ale calității, atât pentru utilizare, cât şi pentru concepție.

Un prim pas, foarte important, în corelarea concepției cu utilizarea – în acest context – îl formează stabilirea unei terminologii care să aibă acelaşi înțeles pentru toți factorii interesați (a se vedea şi subtextul din pagina anterioară).

Termenii generali, cu recunoaştere internațională, utilizați în stabilirea şi organizarea activităților de mentenanță sunt :

~ DOCTRINA DE MENTENANȚĂ, *("maintenance philosophy")* reprezintă ***ansamblul principiilor care ghidează organizarea şi execuția mentenanței.***

Concepția de bază a mentenanței poate fi *"empirică"*, bazată pe o experiență îndelungată şi verificată în exploatare, sau *"analitică"*, bazată pe principiile de fiabilitate.

---

* **Entitate**, în sensul de mai sus, este ceea ce poate fi descris şi luat în considerație în mod individual. Prin entitate se poate înțelege un produs, o activitate sau un proces, o organizație, un sistem, o persoană sau orice combinație a acestora care poate fi privită ca o unitate.

* **Produs** este rezultatul activităților sau proceselor. Un produs poate fi *material,* ca rezultat al unor procedee sau procese tehnologice sau *imaterial,* sub forma unor cunoştințe, concepte, programe sau o combinație a acestora.

* **Proces** sau activitate reprezintă ansamblul de resurse şi activități independente care transformă date de intrare în date de ieşire.

* **Procedura** este modul specificat de efectuare a unei activități sau proces.

Factorii de concepție trebuie să elaboreze o soluție competitivă, ținând seama şi de cerințele de mentenanță şi mentenabilitate specifice.

Mentenanța bazată pe fiabilitate stabileşte în mod previzional parametrii mentenanței, având ca obiectiv menținerea unui nivel de fiabilitate specificat.

Mentenanța bazată pe fiabilitate poate fi şi trebuie stabilită încă din faza de concepție a produsului, fiind denumită în acest caz *"mentenanță de concepție"*.

Mentenanța de concepție reprezintă etapa modernă în construcția maşinilor şi echipamentelor. Aceasta presupune o cunoaştere completă a materialelor şi componentelor, a condițiilor de funcționare şi de exploatare. Mentenanța definită în acest mod mai poartă şi denumirea de *"mentenanță predictivă"*.

POLITICA DE MENTENANȚĂ, *("maintenance policy")* reprezintă ***descrierea relațiilor între "eşaloanele de mentenanță" şi "nivelele de mentenanță" care intervin şi sunt necesare în mentenanța unui produs.***

Conceptele moderne pe care se bazează definiția politicii de mentenanță au următorul conținut :

NIVELUL DE INTERVENȚIE, *("indenture level")* reprezintă ***nivelul de subdiviziune a unui produs la care intervine mentenanța.***

Pentru structurile sau echipamentele complexe accesul intervenției este limitat funcție de competența personalului, de mijloacele de măsură şi control, de considerațiile de securitatea muncii etc.

NIVELUL DE MENTENANȚĂ, *("level of maintenance")* este ***ansamblul operațiilor de mentenanță efectuate la un nivel de intervenție specificat.***

Operațiile de mentenanță pot consta, de exemplu, în înlocuirea unei componente, a unui bloc funcțional etc.

EŞALONUL DE MENTENANȚĂ, *("maintenance echelon"* sau *"line of maintenance")* reprezintă ***locul, în cadrul unei organizații, unde se desfăşoară nivelele de mentenanță specificate asupra unui produs.***

Eşalonul de mentenanță poate corespunde unei mentenanțe locale, unui atelier de reparații la utilizare, sau la constructorul echipamentului. El este caracterizat de competența personalului, de mijloacele tehnice disponibile, de amplasament etc.

CELULA sau ENTITATEA DE MENTENANȚĂ, *("maintenance entity")* corespunde unei ***subunități sau subansamblu a unui echipament care este***

identificat fără ambiguitate de un semnalizator (acustic sau vizual) şi care poate fi înlocuit sau, eventual, reparat ulterior.

Tipuri de mentenanţă. Clasificări.

Există a mai multe criterii de clasificare a mentenanței. Cel mai important criteriu este cel legat de starea produsului (de funcționare sau de defectare) şi de obiectivele urmărite. Conform primului criteriu, se deosebesc :

a). MENTENANȚA PREVENTIVĂ, (*"preventive maintenance"*), denumită şi ***"întreținere"*** este ***mentenanța efectuată la intervale predeterminate, după criterii prescrise, destinată a reduce probabilitatea de defectare sau de degradare a stării sau funcționării unui produs.***

Această mentenanță se aplică produsului care este în stare de funcționare. Ea previne apariția unor defecte sau avarii. Efectuarea mentenanței preventive în mod sistematic, la intervale ΔT, prestabilite, face ca rata defectărilor să se mențină la un anumit nivel (figura 2.1, curba 1). Dacă nu se efectuează mentenanța preventivă, rata defectărilor creşte continuu (curba 2, în figura 2.1).

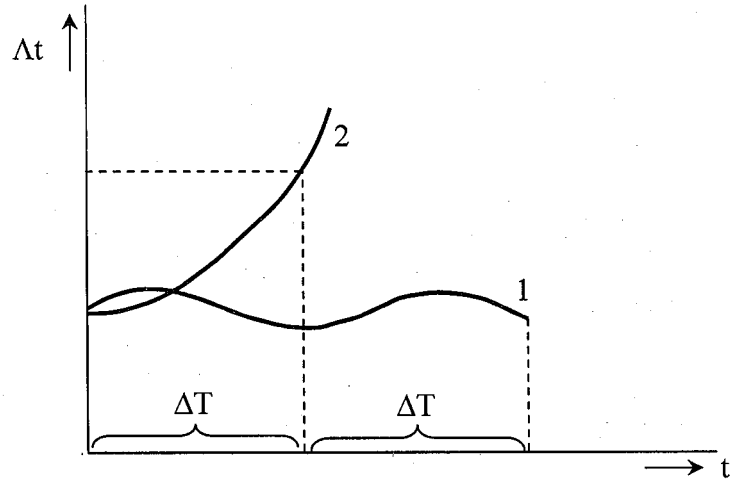


Fig.2.1. Variația ratei de defectare : 1 – la mentenanță preventivă
2 – fără mentenanță preventivă

b). MENTENANȚA CORECTIVĂ, *("corrective maintenance")* este ***mentenanța efectuată după detectarea unei defecțiuni şi este destinată***

readucerii unui produs în starea lui permanentă de a îndeplini funcția cerută.

Mentenanța corectivă conține o serie de activități specifice fiecărui produs şi fiecărui element component. În cele mai multe cazuri presupune activități de înalt profesionalism, precum şi instalații şi utilaje speciale care conduc – evident – la încărcarea costurilor.

Uneori mentenanța corectivă poate fi "MENTENANȚĂ AMÂNATĂ" sau "MENTENANȚĂ ÎNTÂRZIATĂ ", *("deferred maintenance")* pentru că nu începe imediat după detectarea unei defecțiuni, ci este întârziată în conformitate cu regulile de mentenanță specificate.

După locul unde se desfăşoară, această mentenanță poate fi ***"locală"***, *("in site maintenance")*, respectiv la locul în care este utilizat produsul, sau ***"în afara locului de funcționare"***, (*"off-site maintenance")*, ca de exemplu într-un centru de mentenanță sau – în cazuri speciale - la constructorul produsului.

Luând drept criteriu modul de efectuare a activităților, se disting :

a). MENTENANȚA CONTROLATĂ sau DIRIJATĂ *("controlled maintenance")* este ***mentenanța caracterizată prin metodele aplicate care-i permit asigurarea calității serviciului desfăşurat, ca urmare a utilizării sistematice de tehnici analitice, de mijloace de supraveghere centralizate, în vederea reducerii la minimum a mentenanței preventive sau corective.***

O variantă a mentenanței controlate o reprezintă TELEMENTENANȚA *("remote maintenance")*, care se efectuează teleghidat, fără accesul direct al personalului la echipamentul sau produsul respectiv.

b). MENTENANȚA SISTEMATICĂ, *("scheduled maintenance")* este ***mentenanța programată la anumite intervale de timp, sau de cicluri de funcționare***, în conformitate cu un program calendaristic prestabilit. În cazul unui întrerupător electric, de exemplu, contează numărul de comutări care întrerup curentul de serviciu.

c). MENTENANȚA CONDIȚIONATĂ, *("unscheduled maintenance")* este ***mentenanța inițiată de apariția unor semnalizări referitoare la starea unui produs.*** Deoarece nu se efectuează în conformitate cu o programare prestabilită, are un caracter aleator dar, la echipamentele monitorizate *"on-*

line", trebuie asigurată o pregătire corespunzătoare elementelor cu probabilitate de defectare mai mare.

d). MENTENANȚA ACTIVĂ, *("concrete maintenance")* se referă la ***acele faze ale mentenanței preventive sau corective, care reprezintă activități concrete cu efect direct asupra stării produsului.***

e). MENTENANȚA AUTOMATĂ, *("automatic maintenance")* se efectuează fără intervenție umană, fiind de fapt o telementenanță.

După modul în care afectează îndeplinirea funcțiilor cerute produsului, mentenanța poate fi :

a). MENTENANȚA CU OPRIRE, *("function-preventing maintenance")* este ***mentenanța care afectează funcționarea produsului, împiedecând în totalitate îndeplinirea funcțiunilor cerute.***

b). MENTENANȚA CU FUNCȚIONARE GRADATĂ, *("function-degrading maintenance")* este ***mentenanța care afectează una sau mai multe funcțiuni cerute produsului, dar fără a afecta toate funcțiunile impuse acestuia.*** De exemplu, la un echipament de comutație se efectuează activități de mentenanță asupra subansamblului de protecție. În acest caz, funcțiile de comutație propriu-zise în regim normal de funcționare nu sunt afectate.

c). MENTENANȚA ÎN FUNCȚIONARE, *("function-permitting maintenance")* reprezintă ***operațiile de mentenanță în timpul cărora nici o funcție a produsului, care face obiectul mentenanței, nu este împiedecată sau degradată.***

O tendință modernă în domeniul mentenanței o reprezintă MENTENANȚA PROACTIVĂ, care constă dintr-un ansamblu de măsuri operaționale bazate pe o tehnică modernă de urmărire şi acționare automată pentru eliminarea cauzelor care produc procesele de alterare a carcteristicilor echipamentelor. Acest tip de mentenanță reprezintă o perfecționare şi o completare a mentenanței automate.

Clasificarea operațiilor de mentenanță

Mentenanța cuprinde un ansamblu complex de operații diferite, majoritatea specifice tipurilor de produse considerate.

Pentru operațiile având un caracter general se fac următoarele precizări :

Operația "elementară de mentenanță" *("elementary maintenance activity")* definește ***fiecare operație indecompozabilă, în care se pot descompune activitățile de mentenanță, la un nivel de intervenție dat.***

Prin ***"operația de mentenanță"*** *("maintenance action")* se înțelege ***o succesiune de operații elementare de mentenanță, efectuate cu un scop dat.*** De exemplu, operații de mentenanță pot fi : diagnosticarea unei defecțiuni, localizarea defectului, verificarea funcționării, sau combinarea acestora.

Operațiile generale de mentenanță se clasifică în următorul mod :

a. Operația de ***reparare*** *("repair")* înseamnă ***combinarea tuturor operațiilor manuale sau mecanizate ale mentenanței corective,*** efectuate ***asupra unui produs.*** Era poate cazul să definim, mai întâi, conceptul de REPARARE, care are următoarea accepție standard : **"acţiunea întreprinsă asupra unui produs *neconform*, pentru ca acesta să satisfacă integral condiţiile de utilizare".**

b. Operația de ***detectarea defectării*** *("fault localization")* reprezintă ***ansamblul de operații efectuate pentru a identifica unde este elemental defect, la nivelul de intervenție corespunzător.***

c. Operația de ***diagnosticarea defectului*** *("fault diagnosis")* reprezintă ***ansamblul de perații efectuate pentru detecția defectării, localizarea defectului şi identificarea cauzelor defectului.***

d. Operația de ***corectare a defectului*** *("fault correction")* este ***ansamblul de operații efectuate după localizarea defectului pentru a restabili aptitudinea elementului defect de a-şi îndeplini funcția cerută.*** Şi aici este cazul să definim conceptul de RESTABILIRE *("restoration", "recovery")* : **acţiunea de recuperare a aptitudinii unui element de a-şi îndeplini funcţia cerută.**

e. Operația ***"verificare de funcționare"*** *("function check-out")* reprezintă ***ansamblul de operații efectuate după corectarea defectului, pentru a verifica dacă elementul (produsul) şi-a recuperat aptitudinea de a-şi îndeplini funcția cerută.***

f. Operația de ***supraveghere (supervizare, monitorizare)*** *("supervision", "monitoring")* reprezintă ***ansamblul de operații manuale sau automate destinate de a observa (supraveghea) starea unui produs.*** Supravegherea automată poate fi efectuată din interiorul sau exteriorul acestuia.

Stări ale unui produs

Pentru că în aliniatul anterior a fost utilizată noțiunea de ***stare a unui produs***, în cele ce urmează se vor defini *stările standard* ale unui produs (element sau entitate) :

- starea de ***funcționare*** *("operating state")* este ***starea unui element care își îndeplinește funcția impusă sau cerută.***
- starea de ***nefuncționare*** *("non-operating state")* este ***starea unui element care nu-și îndeplinește funcția cerută.***
- starea de ***așteptare*** *(" standby state")* definește ***starea în care un element este - în același timp - disponibil și în stare de nefuncționare pe o perioadă cerută.***
- starea ***"liberă"*** *("free state", "idle state")* reprezintă ***starea în care elementul este în același timp disponibil și în stare de nefuncționare pe o perioadă nespecificată.***
- starea de ***incapacitate*** *("disabled state")* este ***starea elementului caracterizată de inaptitudinea de a îndeplini funcția, indiferent de cauză.***
- starea de ***incapacitate externă*** *("external disabled satate")* definește ***incapacitatea unui element datorată lipsei de mijloace exterioare necesare, sau a acțiunilor programate, altele decât cele de mentenanță.***
- starea de ***disponibilitate*** *("up state")* este ***starea elementului caracterizată de aptitudinea ca acest element să îndeplinească o funcție cerută, presupunând că resursele exterioare, eventual necesare sunt asigurate.***

În figura 3.2 sunt reprezentate şi clasificate stările unui element, folosind noţiunile de ***disponibilitate*** şi ***indisponibilitate*** la care ne vom referi într-un paragraf viitor. Deocamdată vom defini două concepte întâlnite în această figură :

- starea de ***indisponibilitate*** *("down state")* este ***starea unui element caracterizată fie de o defecţiune, fie de inaptitudinea eventuală de a-şi îndeplini o funcţie, cerută de mentenanţa de întreţinere.***
- starea ***ocupat*** *("busy state")* este ***starea unui element în care acesta îndeplineşte funcţia cerută de un utilizator şi, din acest motiv, este inutilizabil pentru un alt utilizator.***

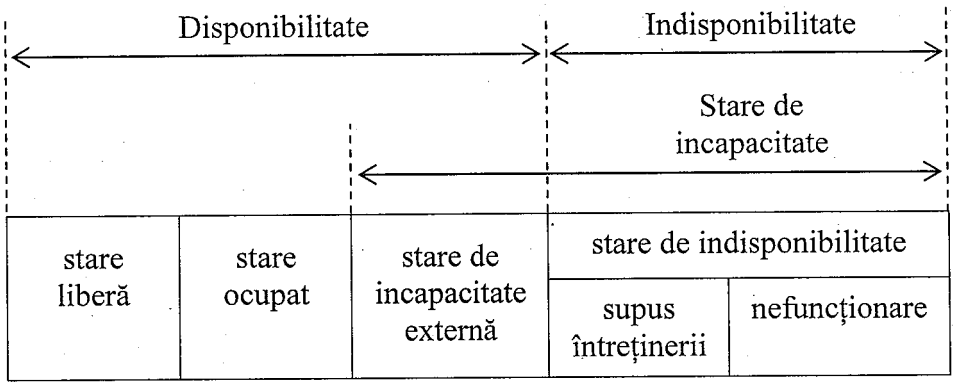


Fig.2.2. Schema stărilor unui element

În sfârşit, ar mai trebui inclusă şi aşa numita ***stare critică*** *("critical state")* care defineşte ***starea elementului considerată ca susceptibilă de a cauza leziuni personalului utilizator, sau pagube materiale importante, sau de a produce alte efecte inacceptabile.***

La nivel de sistem, pot fi întâlnite componente aflate în diferite stări dintre cele enumerate mai sus.

Componenţa timpului de mentenanţă

În cele ce urmează se vor detalia componentele timpului de mentenanţă şi se vor da definiţiile corespunzătoare.

Concepția şi proiectarea sunt interesate să cunoască acele componente asupra cărora pot interveni de la început prin soluția adoptată sau prin modificări constructive care să reducă la maximum timpii respectivi

În această optică, se urmăreşte, mai ales în cazul echipamentelor, semnalizarea automată a diferitelor defecte care apar (uzuri, fisuri, limite depăşite etc.) prin utilizarea unor subsisteme simple de diagnosticare automată.

Numeroase eforturi ale echipelor complexe de specialişti au condus la stabilirea unui limbaj comun, care să fie folosit atât de utilizare cât şi de concepție-proiectare. Lipsa unui asemenea limbaj a constituit, multă vreme, o piedică importantă în abordarea mentenanței în faza de concepție.

În diagrama din figura 2.3 sunt menționate, în mod detaliat, componentele timpilor de mentenanță recunoscuți şi standardizați pe plan internațional.

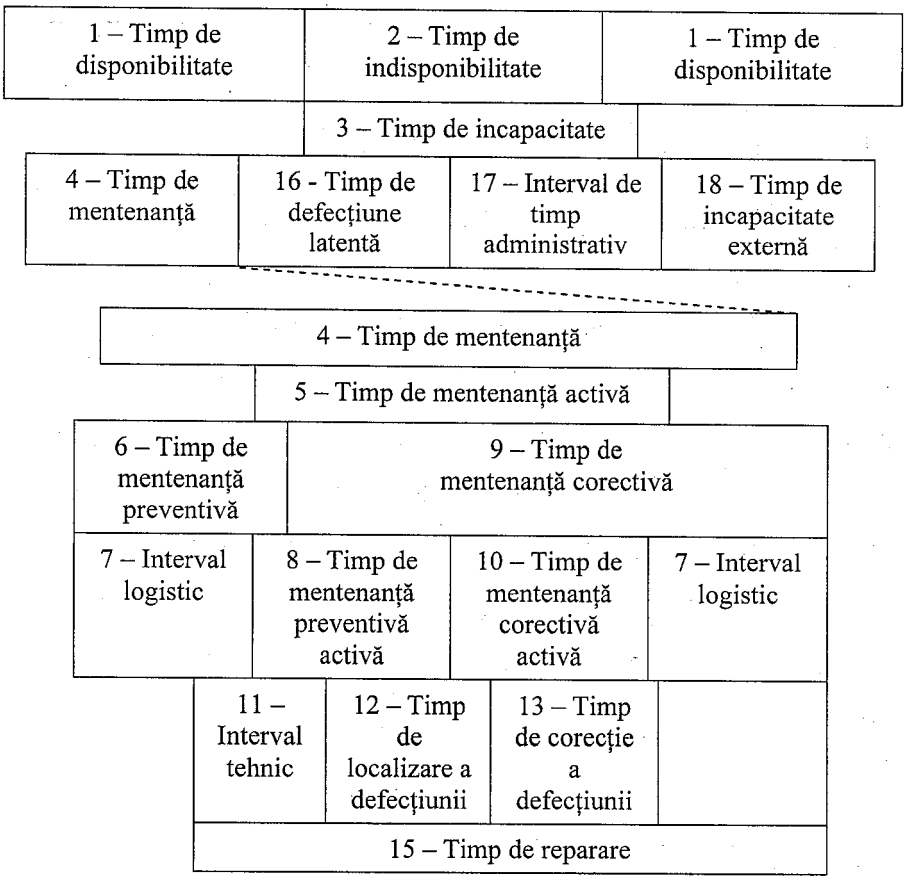


Fig.2.3. Diagrama timpilor de mentenanță

Definiţiile-standard ale componentelor de timp, în ordinea numerotării din această diagramă, sunt următoarele :

1. ***Timp de disponibilitate*** *("up time")* reprezintă intervalul de timp în care produsul este în starea de a-şi îndeplini o funcţie cerută, în condiţii date, pe intervalul de timp dat, considerând că resursele şi mijloacele necesare sunt asigurate.

2. ***Timp de indisponibilitate*** *("down time")* este un interval de timp corespunzător stării în care un produs este caracterizat de o defecţiune sau de o eventuală inaptitudine în a-şi îndeplini o funcţie cerută pe timpul întreţinerii.

3. ***Timp de incapacitate*** *("disabled time")* este intervalul de timp în care un produs are o stare caracterizată de inaptitudinea de a-şi îndeplini o funcţie cerută, oricare ar fi cauza (dar nu cauze externe).

4. ***Timp de mentenanţă*** *("maintenance time")* este intervalul de timp de-a lungul căruia se efectuează o operaţie de mentenanţă, executată manual sau automat, cuprinzând şi intervalele tehnice (11) şi cele logistice (7).

5. ***Timp de mentenanţă activă*** *("active maintenance")* este acea parte a timpului de mentenanţă pe durata căruia se efectuează o operaţie de mentenanţă asupra produsului, executată manual sau automat, necuprinzând intervalele logistice (7).

6. ***Timp de mentenanţă preventivă*** *("preventive maintenance time")* este acea parte a timpului de mentenanţă pe durata căruia este efectuată o *"întreţinere"* asupra unui produs, cuprinzând intervalele tehnice (11) şi logistice (8), specifice acestei mentenanţe preventive. Întreţinerea sau mentenanţa preventivă este efectuată la intervale predeterminate sau după criterii prescrise şi destinate a reduce probabilitatea de defectare sau de degradare a funcţiunii unui produs.

7. ***Interval logistic*** *("logistic delay")* este ansamblul de intervale pe durata cărora nu pot fi efectuate operaţiile de mentenanţă, fiind necesară procurarea de resurse pentru aceste operaţii (dar neincluzând intervalele administrative). În intervalul logistic pot fi cuprinse, de exemplu, deplasarile până la instalaţiile nesupravegheate, aşteptarea pieselor de schimb, a specialiştilor, a echipamentelor de încercări, a informaţiilor tehnice şi a condiţiilor de mediu. Intervalul logistic se poate diferenţia în interval logistic al

mentenanței preventive şi interval logistic al mentenanței corective, cu durate – în general – diferite.

8. ***Timp de mentenanță preventivă activă*** *("active preventive maintenance time")* este acea parte a timpului de mentenanță activă pe durata căruia se efectuează o mentenanță preventivă (întreținere) asupra unui produs.

9. ***Timp de mentenanță corectivă*** *("corrective maintenance time")* este acea parte a timpului de mentenanță pe durata căruia se efectuează o mentenanță corectivă asupra unui produs, incluzând şi intervalele tehnice (11) şi logistice (8).

10. ***Timp de mentenanță corectivă activă*** *("active corrective maintenance time")* este acea parte a timpului de mentenanță activă pe durata căruia se efectuează asupra produsului o mentenanță corectivă.

11. ***Interval tehnic*** *("technical delay")* este ansamblul de intervale de timp necesare pentru a efectua operațiile tehnice auxiliare, asociate operațiilor de mentenanță propriu-zise. Este inclus timpul de mentenanță corectivă activă.

12. ***Timp de localizare a defectului*** *("fault localization time")* este acea parte a timpului de mentenanță corectivă pe durata căreia se efectuează o localizare a defecțiunii.

13. ***Timp de corecție a defecțiunii*** *("fault correction time")* este acea parte a timpului de mentenanță corectivă pe durata căreia se efectuează o corecție a defecțiunii.

14. ***Timp de verificare*** *("check-out time")* este acea parte a timpului de mentenanță corectivă activă pe durata căreia se efectuează o verificare a funcționării produsului.

15. ***Timp de reparare*** *("repair time")* este acea parte a timpului de mentenanță corectivă activă pe durata căreia sunt efectuate operațiile de reparare asupra produsului respective.

16. ***Timp de defecțiuni latente*** *("undetected fault time")* este acel interval de timp între o defecțiune şi detecția sa.

17. ***Interval de timp administrativ*** – pentru mentenanța corectivă *("administrative delay – for corrective maintenance")* este ansamblul de intervale de timp pe durata cărora operațiile de mentenanță corectivă la produsul defect nu pot fi efectuate din rațiuni administrative. În diagrama din

figura 3.3, acest interval de timp, deşi este definit în raport cu mentenanţa corectivă, nu este inclus în timpii corespunzători acesteia.

18. ***Timp de incapacitate externă*** *("external disabled time"," external loss time")* este intervalul de timp pe durata căruia produsul este în stare de incapacitate externă, adică nu-şi poate îndeplini funcţia cerută din cauza inexistenţei mijloacelor externe necesare sau a unor acţiuni programate, altele decât cele de mentenanţă.

Pe baza acestor noţiuni referitoare la duratele şi la operaţiile generale ale mentenanţei se pot defini caracteristicile esenţiale ale unui produs reparabil, gândite unitar, atât pentru concepţie, cât şi pentru utilizare.

Modalităţi de abordare a problemelor de mentenanţă

Există două modalităţi generale de tratare a mentenanţei :

- *mentenanţa* ***empirică*** (de exploatare sau operaţională);
- *mentenanţa* ***previzională*** (de concepţie).

Mentenanţa rezultată din experienţa de exploatare a maşinilor, utilajelor şi echipamentelor reprezintă, de fapt, o modalitate de tratare reală şi completă a problemei. Este mentenanţa definită de condiţiile reale la utilizare.

De la operaţii simple de întreţinere şi reparaţii, s-a ajuns în prezent, în exploatare, la sisteme moderne de management al mentenanţei, cu urmărire computerizată şi cu mijloace de execuţie de înalt nivel tehnic, constituind o treaptă superioară a exploatării mijloacelor fixe.

Mentenanţa de concepţie, bazată pe fiabilitate are rolul de a preciza, pentru echipamentele reparabile, care sunt elementele necesare menţinerii în funcţiune, pentru un nivel de fiabilitate specificat. Prin urmare, mentenanţa de concepţie este o mentenanţă ***predictivă***.

Utilizând tehnicile fiabilităţii intrinseci, cunoscute la concepţie, se pot preciza elementele mentenanţei preventive ale produsului respectiv, etapele şi conţinutul mentenanţei corective.

În principiu se urmăreşte ca mentenanţa să fie cât mai redusă, adică să satisfacă criteriul economic. În unele cazuri, dacă mentenanţa corectivă nu poate asigura calitatea de restabilire a funcţiei produsului respective, se abordează la concepţie şi soluţiile *"fără mentenanţă"* sau cu *"mentenanţă zero"*. De exemplu, în cazul bunurilor electrocasnice, nu se consideră

economică repararea lor (se aruncă, la defectare), iar în situaţia unor echipamente de înaltă importanţă şi securitate se prevăd măsuri excepţionale de proiectare şi redundanţă care să asigure funcţionarea neîntreruptă, pe termen lung.

2.1.2. Mentenabilitatea

Definiţii

Aşa cum s-a arătat, mentenabilitatea poate fi definită în două moduri :

a). ca aptitudine a unui produs : ***mentenabilitatea*** *("maintainability")* reprezintă, în condiţii date de utilizare, ***aptitudinea unui produs de a fi menţinut sau restabilit în starea în care el poate îndeplini o funcţie cerută, când mentenanţa este efectuată în condiţiile date, cu procedurile şi mijloacele prescrise.***

b). ca o caracteristică : ***mentenabilitatea***, $M(t_1, t_2)$, reprezintă, pentru un produs reparabil, folosit în condiţii prescrise de utilizare, ***probabilitatea ca o operaţie specificată de mentenanţă activă să poată fi efectuată pe durata unui interval de timp dat, când mentenanţa este asigurată în condiţii date şi cu utilizarea de proceduri şi de mijloace prescrise.***

În spiritul celei de a doua definiţii, mentenabilitatea este o caracteristică a unui produs, care se exprimă printr-o probabilitate referitoare la activităţile de mentenanţă. Fiind o caracteristică a unui produs reparabil, mentenabilitatea este integrată conceptului de calitate, cu ponderea corelată cerinţelor utilizatorului.

Modelul analitic al mentenabilităţii

Conform celor arătate mai sus, mentenabilitatea poate fi exprimată cantitativ prin *probabilitatea* repunerii în stare de funcţionare a produsului – la apariţia unui defect – în limite de timp specificate şi în condiţii date. Pentru aceasta se consideră o diagramă a succesiunii stărilor de funcţionare şi de reparare (figura 2.4).

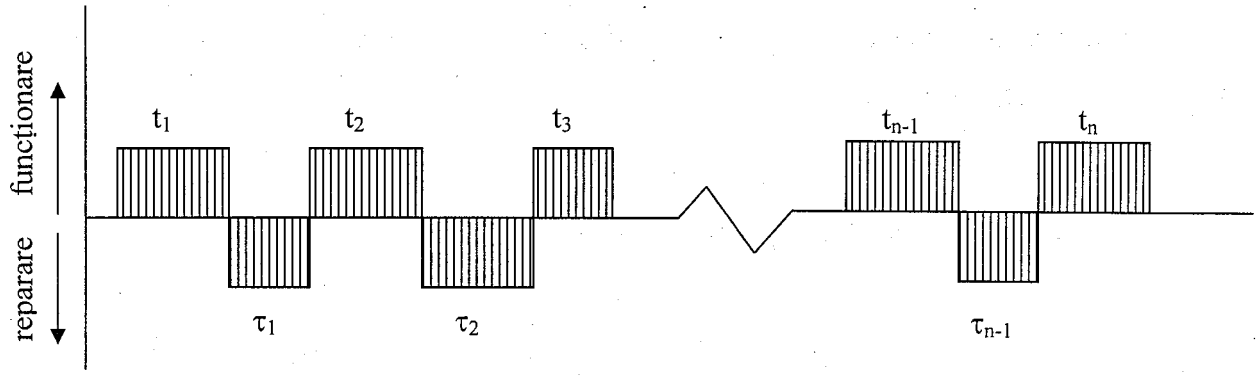


Fig.2.4. Graficul succesiunii stărilor de funcționare şi de reparare

În această diagramă s-au notat cu t_1, t_2, ...t_n duratele de funcționare şi – respectiv - cu $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_{n-1}$ duratele de reparație. Fie MTBF media timpului de bună funcționare, iar rata defectărilor = 1/MTBF. Se introduce noțiunea de medie a timpului de reparație (de restabilire) MTR, cu expresia :

$$MTR = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n}\tau_i \qquad (2.1)$$

În mod similar, rata reparațiilor va fi:

$$\mu = \frac{1}{MTR} \qquad (2.2)$$

În ipoteza că rata reparațiilor este constantă, probabilitatea de a nu repara produsul scade cu timpul. Modelul matematic al repartiției timpului de reparație cu constant este exponențial (*), iar probabilitatea de a repara produsul are expresia :

$$Q(\tau) = e^{-\mu\tau} \qquad (2.3)$$

Se observă că pentru Q(0) = 1, nerestabilirea funcției este un eveniment sigur.

Cu creşterea duratei τ, probabilitatea scade şi teoretic pentru $Q(\infty) = 0$, adică după un timp infinit probabilitatea nereparării este zero, respectiv probabilitatea reparării este sigură.

Evenimentul contrar nereparării este repararea sau restabilirea funcției prin aplicarea mentenanței active şi probabilitatea acestui eveniment reprezintă, conform definiției, mentenabilitatea.

Mentenabilitatea creşte cu timpul, fiind complementară funcţiei Q(τ) şi are, prin urmare expresia:

$$M(\tau) = 1 - Q(t) = 1 - e^{-\mu\tau} \qquad (2.4)$$

sau revenind la notaţia duratelor (t_1, t_2) :

$$M(t_1, t_2) = 1 - e^{-\mu\tau(t_2 - t_1)} \qquad (2.5)$$

unde μ este rata de reparare, iar valorile extreme M(O) = 0 şi M(∞) = 1

Rata de reparare *("repair rate")* depinde în general de timp şi notaţia internaţională μ(t) reprezintă rata *instantanee* de reparaţie.

Rata medie de reparare este dată de formula generală :

$$\bar{\mu}(t_1, t_2) = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} u(t)dt \qquad (2.6)$$

(*) În tehnică, atunci când mecanismul unui proces este dificil de descris, existând foarte mulţi factori necunoscuţi, se apelează la modelul exponenţial, care conduce uşor la un rezultat şi este simplu de interpretat, fără riscul unor confuzii.

În calcule aplicative se lucrează cu valoarea medie, notată simplu cu μ.

Se atrage atenţia că acelaşi simbol este folosit şi pentru speranţa matematică a unei variabile aleatoare şi, prin urmare, utilizarea sa trebuie făcută cu grijă, atrăgând atenţia asupra semnificaţiei sale într-un caz anume.

Cu elementele diagramei din figura 3.4 se pot preciza următoarele valori medii, foarte importante în studiul mentenabilităţii :

- media timpului de bună funcţionare :

$$MTBF = \frac{1}{n}\sum t_i = \frac{1}{\lambda} \qquad (2.7)$$

- media timpului de reparare *("mean repair time")* :

$$MRT = \frac{1}{n}\sum \tau_i = \frac{1}{\mu} \qquad (2.8)$$

denumit şi *MTTR ("Mean Time To Repair").*

2.1.3. Disponibilitatea

Definiții și precizări

În paragrafele referitoare la fiabilitate, dar mai ales la mentenabilitate, a fost introdusă noțiunea de *disponibilitate*, fără însă a insista asupra definirii şi caracterizării sale. Acest lucru se va efectua în cele ce urmează.

Disponibilitatea (instantanee), *("instantaneous availability")*, cu simbolul ***A(t)*** reprezintă ***probabilitatea ca un produs să fie în stare de a îndeplini funcția cerută, în condiții date, la un moment dat, considerând că logistica de mentenanță este asigurată.***

Disponibilitatea este o caracteristică generală a maşinilor, echipamentelor şi instalațiilor industriale, dependentă atât de fiabilitate cât şi de mentenabilitate. Ea este o caracteristică deosebit de importantă a sistemelor complexe şi reparabile, insuficient definite numai prin fiabilitate şi mentenabilitate, considerate în mod separat.

Relații analitice referitoare la disponibilitate

Expresia analitică generală a disponibilității poate fi obținută considerând evenimentele : E_1 - *buna funcționare la momentul* t ;

E_2 - *defectarea înaintea momentului* t ;

E_3 - *repararea şi readucerea în stare de funcționare la momentul* t.

Considerăm un alt eveniment E definit în funcție de evenimentele menționate mai sus prin relația :

$$E = E_1 \cup (E_2 \cap E_3) \qquad (2.9)$$

Expresia disponibilității, conform definiției, va fi atunci :

$$A = P(E) = P[E_1 \cup (E_2 \cup E_3)] = P(E_1) + P(E_2) \cdot P(E_3) \qquad (2.10)$$

Deoarece $P(E_1) = R$ este fiabilitatea, $P(E_2) = 1 - R$ este probabilitatea de defectare, iar $P(E_3) = M$ este mentenabilitatea, rezultă următoarea expresie analitică pentru disponibilitate :

$$A = R + (1 - R) \cdot M \qquad (2.11)$$

Înlocuind mentenabilitatea cu expresia (3.4) se obține relația :

$$A(t) = 1 - (1 - R) \cdot e^{-\mu\tau} \qquad (2.14)$$

Termenul $(1- R).e^{-\mu\tau}$ este complementar disponibilității, fiind denumit ***"indisponibilitate"***, *("unavailability")*, cu simbolul $U(t)$ şi expresia :

$$U(t) = (1-R)\cdot e^{-\mu\tau} \qquad (2.15)$$

reprezentând probabilitatea ca sistemul să fie în stare de nefuncționare la momentul considerat.

Prin urmare, indisponibilitatea instantane $U(t)$ *("instantaneous unavailability)* este probabilitatea ca un produs să nu fie în stare de a îndeplini o funcție cerută, în condiții date, la un moment dat, presupunând că furnizarea de mijloace exterioare necesare este asigurată.

Disponibilitatea <u>medie</u> *("mean availability")* pe un interval dat (t_1, t_2) este:

$$\overline{A}(t_1,t_2) = \frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} A(t)dt \qquad (2.16)$$

<u>*Corelări analitice ale stărilor de disponibilitate şi indisponibilitate*</u>

Unui interval $(t, t+\Delta t)$ îi asociem următoarele evenimente :

$\boldsymbol{S_1}$ – sistemul este în stare bună de funcționare la momentul $\boldsymbol{t}$;

$\boldsymbol{E_1}$ - menținerea stării de funcționare în intervalul $(t, t+\Delta t)$;

$\overline{S}$ – sistemul nu este în stare defectă la momentul t ;

$\boldsymbol{E_2}$ – produsul se remediază în intervalul $(t, t+\Delta t)$.

Evenimentul **S**, care reprezintă starea de bună funcționare la momentul $(t+\Delta t)$ este prin definiție :

$$S = (S_1 \cap E_1) \cup (\overline{S}_1 \cap E_2) \qquad (2.17)$$

adică sistemul în stare de funcționare la sfârşitul intervalului $(t, t+\Delta t)$ este, fie cel care era în stare de funcționare la începutul intervalului şi şi-a menținut această stare în acest interval, fie acela care la începutul intervalului era în stare defectă şi a fost reparat în intervalul $(t, t+\Delta t)$.

Probabilitatea evenimentului S, definit de relația (2.4), va fi :

$$P(S) = P(S_1)\cdot P(E_1) + P(\overline{S}_1)\cdot P(E_2) \qquad (2.18)$$

şi are următoarele semnificații :

$P(S) = A(t + \Delta t)$ reprezintă disponibilitatea sistemului la sfârşitul intervalului considerat;

$P(S_1) = A(t)$ este disponibilitatea la momentul t;

$P(E_1) = R(\Delta t)$ este fiabilitatea în intervalul (t, $t+\Delta t$);

$P(E_2) = M(\Delta t)$ reprezintă mentenabilitatea în intervalul (t, $t+\Delta t$).

Cu înlocuirile de rigoare, ecuaţia (2.18) se poate pune sub forma:

$$A(t + \Delta t) = A(t).\ R(\Delta t) + U(t).\ M(t) \qquad (2.19)$$

Considerând rata defectărilor λ constantă, ca şi rata μ a reparaţiilor se obţin expresiile:

$$R(\Delta t) = e^{-\lambda t} \qquad (2.20)$$

$$M(\Delta t) = 1 - e^{-\mu \Delta \tau}$$

Dacă se dezvoltă exponenţialele în serie

$$e^{-\lambda t} = 1 - \frac{\lambda \Delta t}{1!} + \frac{(\lambda \Delta t)^2}{2!} - \frac{(\lambda \Delta t)^3}{3!} + \ldots.$$

şi se neglijează termenii de ordin superior, se poate scrie:

$$e^{-\lambda t} - 1 \cong \lambda \delta t \qquad (2.21)$$

şi respectiv;

$$e^{-\mu \Delta \tau} - 1 \cong 1 - \mu \Delta t \qquad (2.22)$$

Înlocuind aceste ultime două relaţii în expresia disponibilităţii se obţine:

$$A(t + \Delta t) \cong (1 - \lambda \Delta t)\Delta(t) + U(t)\mu \Delta t \qquad (2.23)$$

de unde:

$$A(t + \Delta t) \cong A(t) + [\mu A(t) - \lambda A(t)]\Delta t \qquad (2.24)$$

Grupând termenii şi trecând la limită rezultă:

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{A(t + \Delta t) - A(t)}{\Delta t} = -\lambda A(\Delta t) + \mu U(t) \qquad (2.25)$$

Deoarece în partea stângă a ultimei ecuații este chiar derivata disponibilității în raport cu timpul, se poate scrie *ecuația diferențială a stării de disponibilitate* :

$$\frac{dA(t)}{dt} = -\lambda A(t) + \mu U(t) \qquad (2.26)$$

În mod similar, printr-un raționament analog, se poate scrie şi ecuația diferențială a stării de indisponibilitate.

Indisponibilitatea la un moment $t + \Delta t$, fie aceasta $U(t + \Delta t)$, reprezintă starea de indisponibilitate a sistemului la momentul t şi care nu este reparat în intervalul $(t, t + \Delta t)$. Această stare este descrisă de ecuația:

$$U(t + \Delta t) = U(t) \cdot [1 - M(\Delta t)] + A(t) \cdot [1 - R(t)] \qquad (2.27)$$

Cu înlocuirile efectuate şi în cazul disponibilității, ecuația devine:

$$U(t + \Delta t) = (1 + \mu \Delta t) \cdot U(t) + \lambda \Delta t \, A(t) \qquad (2.28)$$

şi trecând la limită:

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{U(t + \Delta t) - U(t)}{\Delta t} = -\mu U(t) + \lambda A(t) \qquad (2.29)$$

Se obține astfel ecuația diferențială a stării de indisponibilitate:

$$\frac{dU(t)}{dt} = -\mu U(t) + \lambda A(t) \qquad (2.30)$$

Ținând seama că A(t) + U(t) = 1 şi făcând înlocuirile corespunzătoare în ecuațiile diferențiale respective, se obțin formele:

$$\frac{dA(t)}{dt} = -\lambda A(t) + \mu [1 - A(t)] = A(t) \cdot (\lambda + \mu) + \mu \qquad (2.31)$$

$$\frac{dU(t)}{dt} = -\mu U(t) + \lambda[1 - U(t)] = U(t)\cdot(\lambda + \mu) + \lambda \qquad (2.32)$$

Ecuațiile (2.27) şi (2.28) sunt ecuații diferențiale de ordinal întâi de forma

$$\frac{dy}{dx} + Py = Q \qquad (2.33)$$

unde P şi Q sunt funcții continue. Soluția generală a acestui tip de ecuații este :

$$y = e^{-\int P dx}\left[\int Q \cdot e^{\int P dx} + C\right] \qquad (2.34)$$

Notând $y = A(t)$, $P = \lambda + \mu$, $Q = \mu$, se obține :

$$A(t) = e^{-(\lambda+\mu)t}\left(\frac{\mu e^{(\lambda+\mu)t}}{\lambda+\mu} + C\right) \qquad (2.35)$$

Constanta C se determină punând condiția la limită t = 0, la care sistemul este disponibil, respectiv $A(0)$ = 1 şi deci:

$$1 = \frac{\mu}{\lambda+\mu} + C, \quad \text{de unde} \quad C = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \qquad (2.36)$$

În final, rezultă următoarele soluții ale ecuațiilor diferențiale cercetate:

$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} + \frac{\lambda}{\mu+\lambda}e^{-(\lambda+\mu)t} \qquad (2.37)$$

$$U(t) = 1 - A(t) = \frac{\lambda}{\mu+\lambda} + \frac{\lambda}{\mu+\lambda}e^{-(\lambda+\mu)t} \qquad (2.38)$$

Pentru durate foarte mari $(t \to \infty)$, expresia :

$$A = \frac{\mu}{\lambda+\mu} \qquad (2.39)$$

reprezintă ***disponibilitatea asimptotică*** *("asymptotic availability").*

Disponibilitatea asimptotică se utilizează şi sub următoarea formă :

$$A = \frac{\mu}{\lambda+\mu} = \frac{MTBF}{MTBF + MRT} \qquad (2.40)$$

această relație fiind frecvent utilizată în aplicațiile industriale.

În mod similar, ***indisponibilitatea asimptotică*** are expresia :

$$U = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} = \frac{MRT}{MTBF + MRT} \qquad (2.41)$$

Pentru disponibilitatea *A(t)* şi indisponibilitatea *U(t)* se definesc următoarele valori *medii* :

MUT – timpul mediu de disponibilitate *("Mean Up Time")*, care reprezintă speranța matematică a timpilor de disponibilitate. (În literatura franceză şi spaniolă de specialitate se utilizează simbolul TMD).

MDT – timpul mediu de indisponibilitate *("Mean Down Time")*, care este speranța matematică a duratelor timpilor de indisponibilitate.

Corelarea valorilor mediilor este prezentată în figura 2.5.

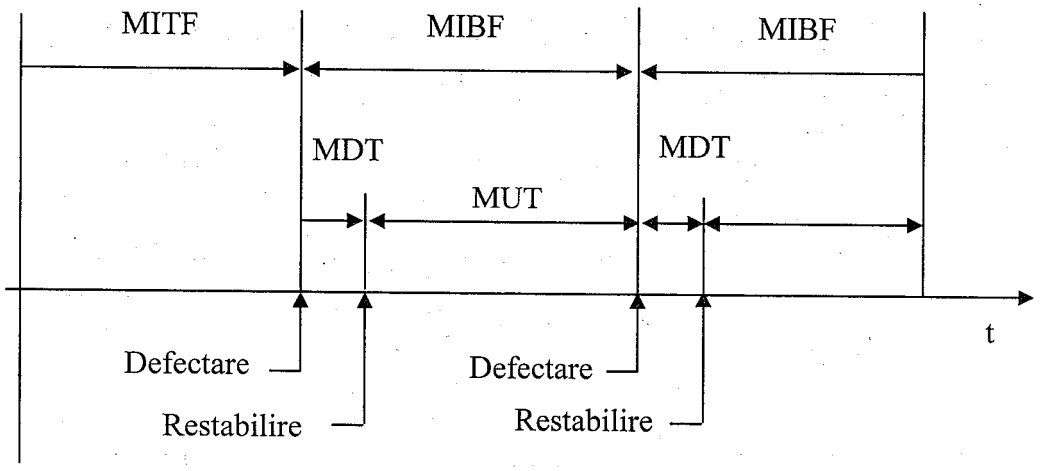


Fig.2.5. Diagrama corelării valorilor mediilor

De asemenea, se mai utilizează şi următoarea valoare medie :

MAD – media duratelor intervalelor administrative *("Mean Administrative Delay")*. În general, MDT are o valoare destul de redusă în raport cu MUT şi se poate considera : MDT = MTTR.

2.2. Modelul conceptual strategic al mentenanţei

2.2.1. Motivaţia modelului

Unul din factorii care influenţează în mod hotărâtor realizarea cantitativă, la termenele stabilite, dar mai ales calitativă a producţiei fizice îl reprezintă starea de siguranţă în funcţionare a fiecărui utilaj tehnologic.

Urmare a uzurii în exploatare, a acţiunii frecării, şi a funcţionării în medii nefavorabile, ca de exemplu cele corozive sau poluante, utilajul se poate găsi în stare de nesiguranţă în funcţionare, însoţită de consumuri sporite de energie şi combustibili, de scăderea vizibilă a calităţii produselor şi serviciilor realizate.

Perpetuarea stării de nesiguranţă în funcţionare generează cel mai adesea avarii care au, în majoritatea cazurilor, influenţe economice negative nu numai pe plan local, dar şi naţional.

Din cele arătate mai sus rezultă că întreţinerea în stare de funcţionare a utilajelor reprezintă o componentă a funcţiei de producţie. Aşa cum produsele trebuie realizate în condiţii de eficienţă economică maximă, în mod similar întreţinerea şi repararea mijloacelor fixe, ca părţi ale funcţiei de producţie, trebuie să fie efectuate la un nivel tehnico-economic ridicat. În acest context, întreţinerea şi repararea utilajelor constituie o parte importantă a efortului depus pentru creşterea eficienţei generale a produselor.

Cerinţa pentru noul model conceptual a rezultat din necesitatea concordanţei sistemului de conducere şi organizare a activităţilor de utilizare şi reparaţii, care trebuie să fie deosebit de eficient, cu dotarea tehnică modernă a întreprinderilor.

Mentalitatea tradiţională în tehnica aplicată, luată în general, întreţine încă multe confuzii, neclarităţi şi neînţelegeri. Este foarte important să se înţeleagă necesitatea trecerii de la concepţia tradiţionalistă, unde calitatea şi eficienţa economică se bazează pe caracteristici exprimate punctual, la o concepţie modernă, de abordare sistemică, integrată în ansamblul activităţilor de producţie, a tuturor componentelor asociate, chiar dacă la prima vedere acestea redau aspecte aleatoare. O asemenea abordare face în mod obligatoriu apel la cercetarea operaţională şi modelarea proceselor, la asimilarea

elementelor de statistică descriptivă, evenimente aleatoare, probabilități, repartiții, estimări statistice, regresii, teste de ipoteză, corelații şi analiză variațională care – chiar dacă nu mai descriu exact, dar punctual, fenomenele – deschid o perspectivă de ansamblu în aprecierea *"stării"* de calitate şi eficiență globală a întreprinderii, dar mai ales asupra trendului său de dezvoltare.

Activitățile din domeniul fabricației sunt foarte diversificate, specifice fiecărui produs : începând cu pregătirea fabricației, documentații tehnice, recepție de materiale, diferite activități tehnologice de fabricație, control tehnic, încercări pe standuri de probă, depozitarea şi expedierea produselor. La utilizare există, de asemenea o serie de activități, începând cu instalarea, punerea în funcțiune şi, în continuare, cu desfăşurarea de acțiuni necesare funcționării în deplină siguranță, grupând întreținerea, repararea şi recondiționarea unor piese şi subansamble. Considerarea separată a acestor activități ar fi neproductivă, de aceea încă din faza de concepție a produselor trebuie identificați toți factorii de influență care concură la optimizarea tehnico-economică a *"trinomului"* : parametrii de performanță intrinsecă – exploatare – mentenanță.

2.2.2. Proiectarea noului sistem strategic

Obiectivul fundamental al noului sistem constă în creşterea timpului efectiv de funcționare (TE) la fiecare maşină, utilaj şi instalație, corelată cu reducerea cheltuielilor de întreținere, în condiții de maximă siguranță în exploatare. Ca structură de activități, sistemul are la bază modelul întreținerii funcționale prezentat în figura 2.6. Înainte de orice altă considerație, trebuie remarcat caracterul permanent iterativ, de feed-back al modelului : El vine dinspre institutele de inginerie tehnologică, se verifică, se îmbunătățeşte şi se validează în condițiile reale de exploatare, reîntorcându-se către institutele elaboratoare pentru perfecționarea conceptelor privind mentenanța utilajelor tehnologice în exploatare şi fiabilitatea seriilor următoare de maşini, utilaje şi instalații.

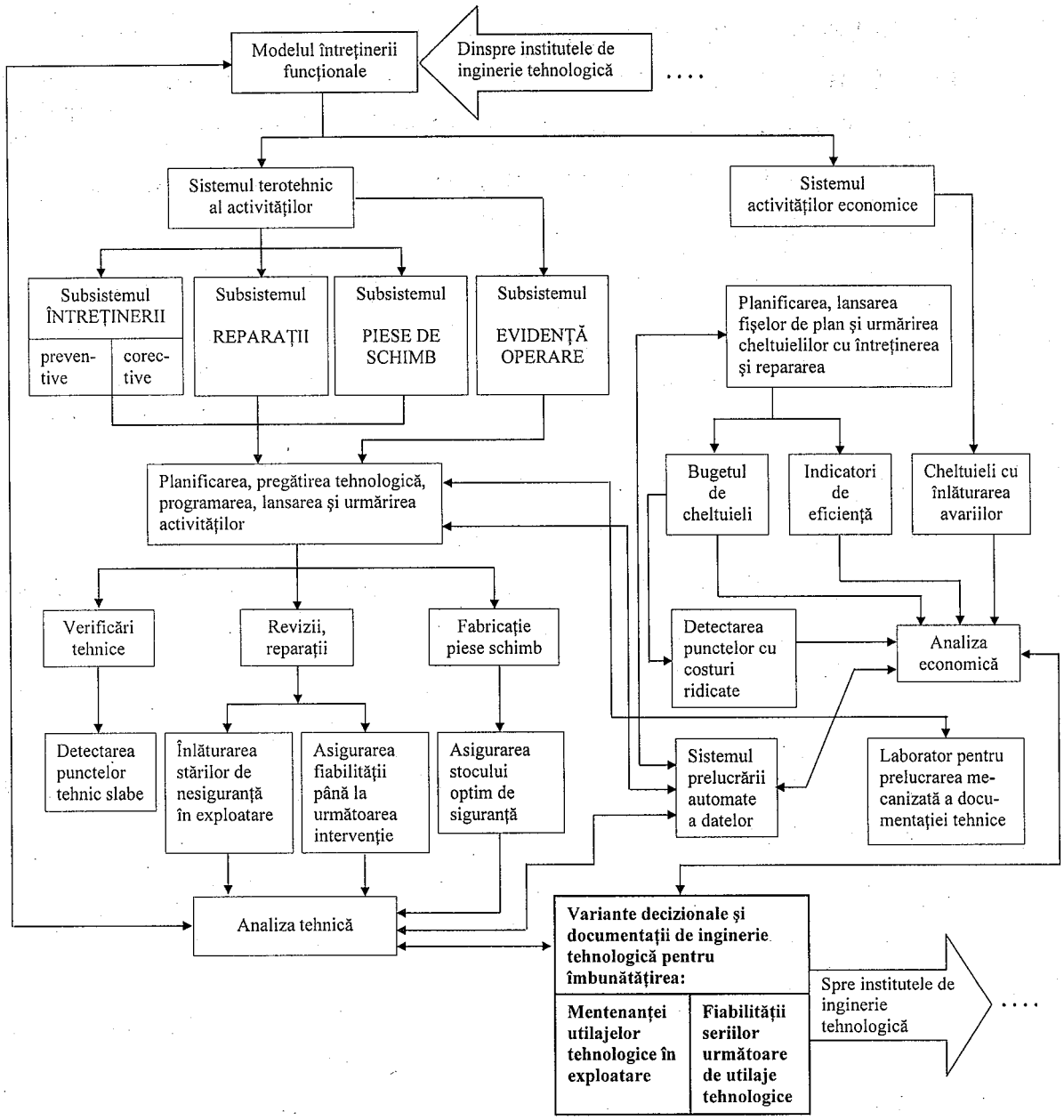


Fig.2.6. Modelul întreţinerii funcţionale

Modelul sistemului urmăreşte, în paralel, două categorii de activităţi, practic două sisteme:

- *Sistemul terotehnic al activităţilor* care asigură în întregime operaţiile propriu-zise ale terotehnicii, începând cu planificarea, pregătirea tehnologică, programarea, lansarea şi urmărirea activităţilor şi terminând cu analiza tehnică şi propunerea unor variante decizionale şi documentaţii de inginerie tehnologică pentru îmbunătăţirea operaţiilor respective.

- *Sistemul activităţilor economice* care asigură planificarea, lansarea fişelor de plan şi urmărirea cheltuielilor cu întreţinerea şi repararea, inclusiv detectarea punctelor cu costuri ridicate şi analiza economică pe ansamblu, precum şi dotarea cu laboratoare pentru prelucrarea automată a datelor şi elaborarea documentaţiei tehnice necesare.

Primul sistem are, la rândul său, patru subsisteme menite să furnizeze logistica necesară activităţilor terotehnice:

- Subsistemul întreţinerii (preventive şi corective);
- Subsistemul reparaţii;
- Subsistemul piese de schimb;
- Subsistemul operare.

Revenind la timpul efectiv de funcţionare, modelul său matematic are forma:

$$TE = TC - TO \qquad (2.42)$$

în care :

TC = timpul calendaristic normat de funcţionare într-o anumită perioadă;

TO = timpul total de oprire a utilajului.

Algoritmul de determinare a timpului efectiv de funcţionare al utilajului este indicat în figura 3.7.

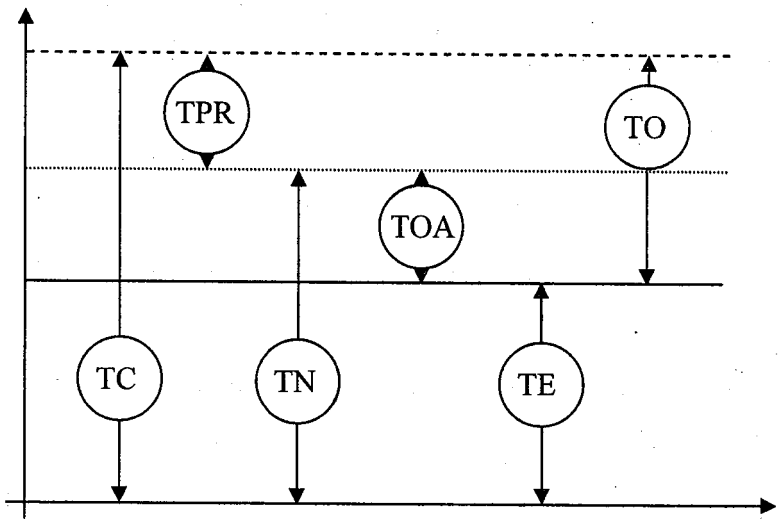


Fig. 2.7. Algoritmul timpului efectiv de funcţionare al unui utilaj

În această schemă simbolurile au următoarea semnificație :

TE – timpul efectiv de exploatare a utilajului;

TC – timpul calendaristic într-o anumită prioadă;

TO – timpul total al opririi utilajului;

TPR – timpul planificat pentru reparații;

TOA – timpul opririlor accidentale;

TN – timpul nominal.

de unde :	iar dacă :
TO = TPR + TOA	TOA = 0, atunci :
TN = TC – TPR	TE = TN, iar : (2.43)
TN = TE + TOA	TO = TPR

Domeniul rezervelor semnificative pentru ca timpul total al opririlor (TO) să fie minim, îl reprezintă timpul opririlor accidentale (TOA) :

$$TOA = TO - TPR$$

Este important de menționat că şi timpul planificat pentru reparații (TPR) poate şi trebuie să fie optimizat.

Concepția generală de proiectare, evaluare şi implementare a noului sistem urmează succesiunea normală, reprezentată în figura 2.8.

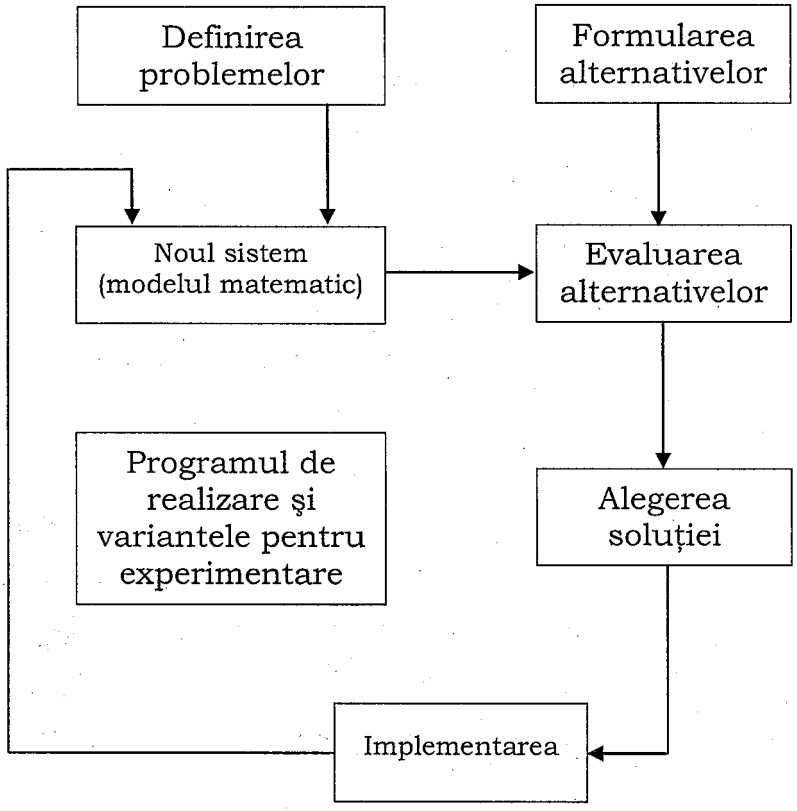


Fig. 2.8. Etapele realizării noului sistem

Modelul întreținerii funcționale stimulează o intensă circulație a informațiilor referitoare la experiența acumulată în activitatea de exploatare şi întreținere spre sfera cercetării - proiectării, pentru a se lua măsurile necesare, din punct de vedere constructiv şi funcțional, în vederea îmbunătățirii fiabilității la seriile următoare de utilaje (figura 2.9).

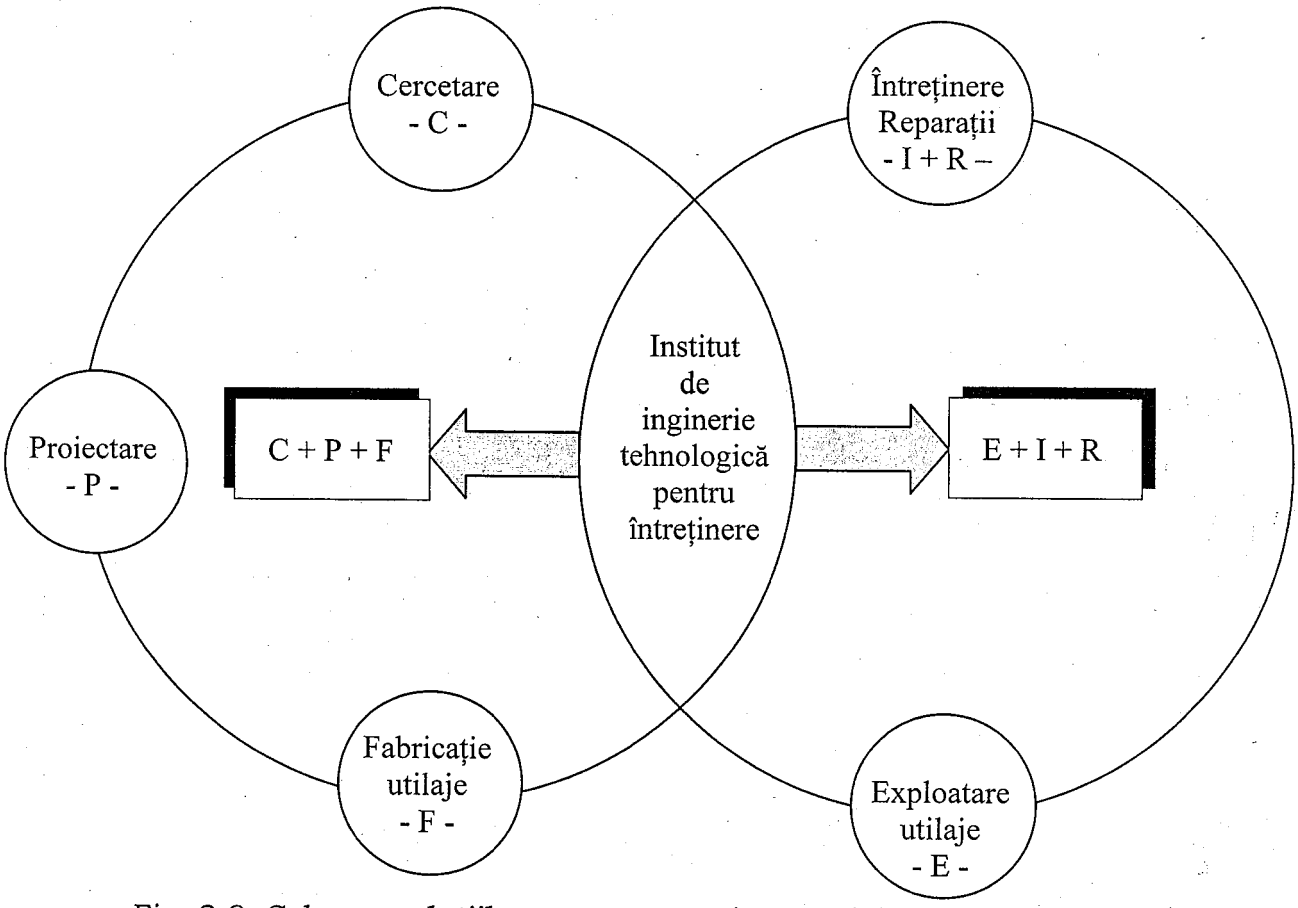


Fig. 2.9. Schema relațiilor cercetare-proiectare-fabricație-exploatare-întreținere-reparare a maşinilor şi utilajelor

Un aport substanțial trebuie adus la întocmirea tehnologiilor de execuție şi verificare tehnică, a activităților standard programabile, la construirea grafurilor rețea pe bază de drum critic , precum şi la întocmirea detaliată a tehnologiilor de reparații aferente activităților pentru care s-a întocmit graficul rețea şi care trebuie să devină standard în proporție de 75-90 %.

În sistemul actual de conducere a activității de întreținere şi reparații au loc o serie de dereglări, a căror relație cauză-efect este arătată în figura 2.10. Efectele finale se regăsesc în scăderea rezultatelor economice ale întreprinderii.

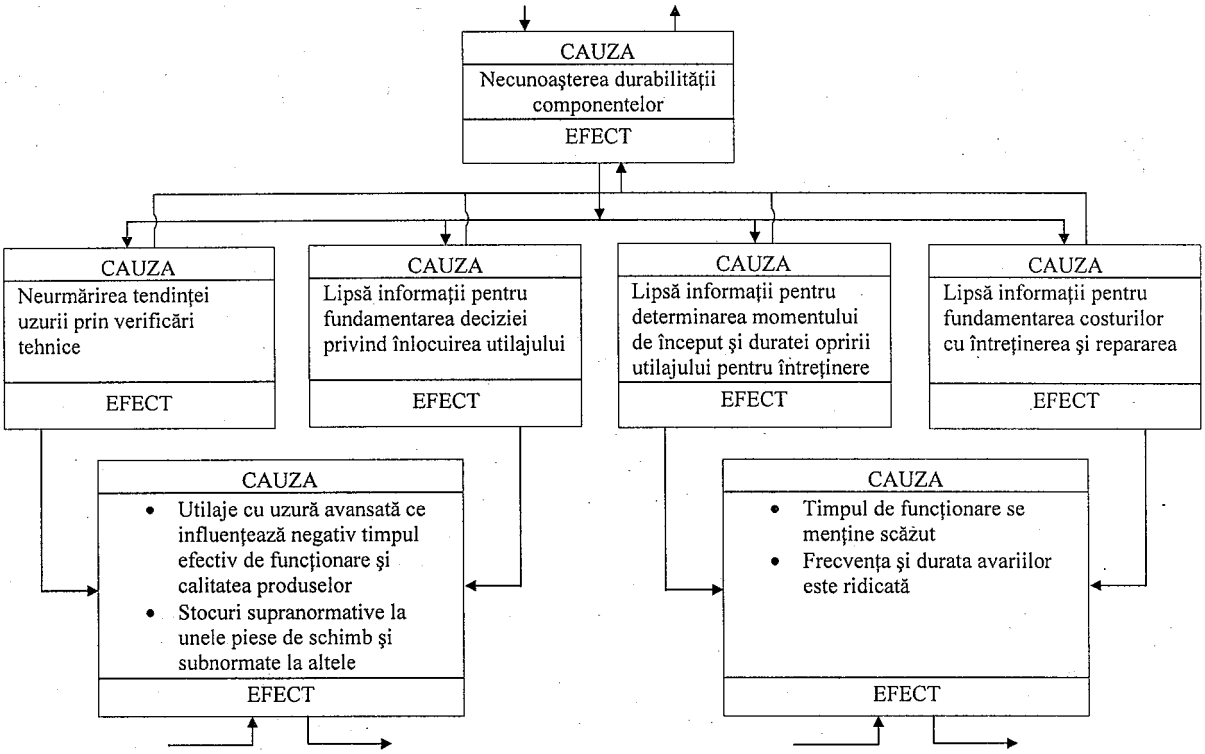


Fig.2.10. Relația cauză-efect în sistemul actual de conducere a activității de întreținere şi reparații

Noul sistem şi-a propus eliminarea dereglărilor enunțate, trecând la o nouă calitate în domeniul conducerii activităților de întreținere a maşinilor şi utilajelor, bazată pe autoconducere (sistemul fiind autoreglabil) şi autogestiune. A fost introdusă noțiunea de *reglare programată* a activităților de întreținere preventivă şi/sau corectivă, sprijinită de un sistem informațional adecvat şi un bloc de măsurare care compară rezultatele intermediare cu cele propuse (aşteptate), constituind o veritabilă buclă de reglare (feed-back), aşa cum se arată în figura 2.11.

Cunoaşterea preventivă a evoluției uzurii utilajelor, mai general a stării de siguranță în exploatare se realizează prin tehnici şi metode specifice, cu caracter :

- ❖ sistematic, respectiv programate;
- ❖ aleator, care se efectuează necondiționat în cazul apariției stărilor de nesiguranță, precum și înaintea opririi pentru reparații.

Efectuarea verificărilor tehnice în mod întâmplător poate influența în mod negativ timpul efectiv de exploatare (TE).

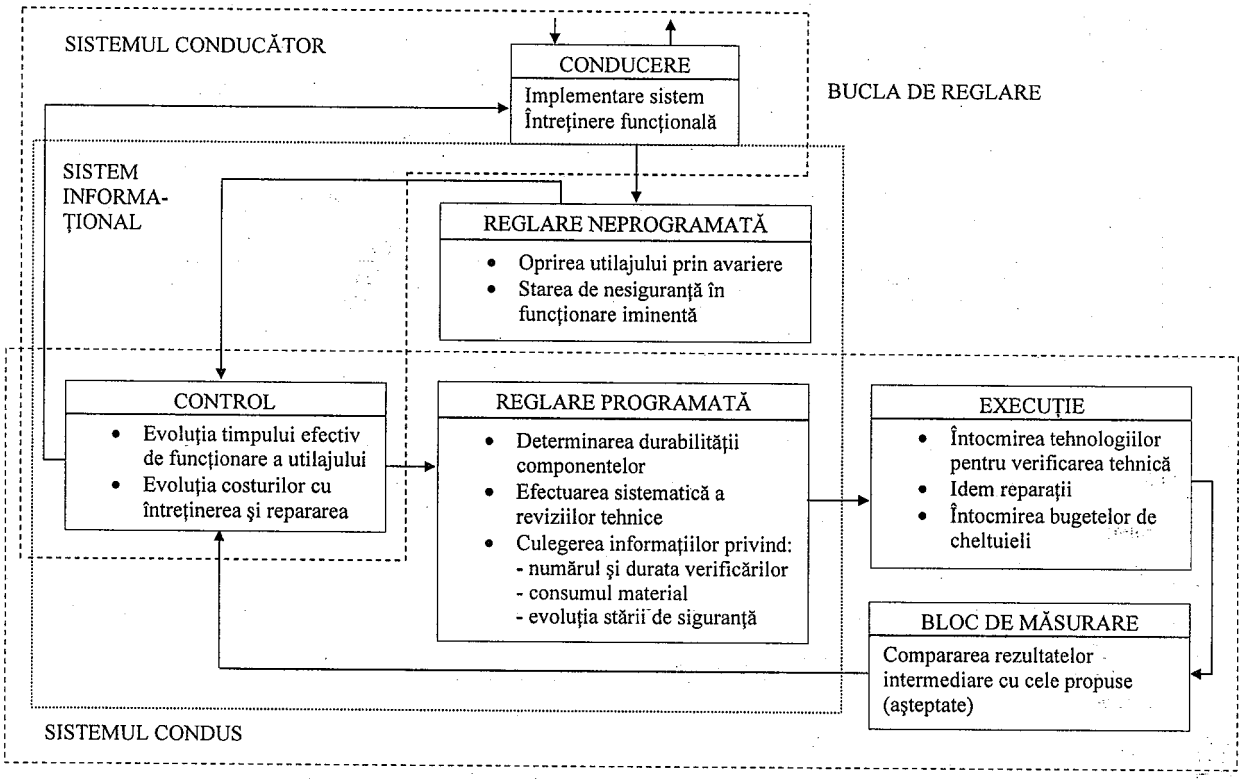


Fig.2.11. Reglarea programată în noul sistem de conducere a activităților de întreținere

Optimizarea numărului și duratei verificărilor tehnice impune determinarea naturii și frecvenței lor. Așa cum s-a arătat, fenomenele din domeniul activităților de întreținere-reparații sunt de natură probabilistică, în consecință modelele matematice vor fi cele stabilite în paragrafele referitoare la fiabilitate și mentenabilitate. Astfel, probabilitatea ca o componentă a utilajului să funcționeze o anumită perioadă ($T_F<T$) este:

$$P\{T_F < T\} = f(t) = \left(1 - e^{-\lambda t}\right) \qquad (2.44)$$

unde:

λ este numărul de cazuri ce au perturbat funcționarea normală a utilajului

T este perioada de timp analizată iar probabilitatea ca să fie defectă (T_D<T) este :

$$P\{T_D < T\} = \left(1 - e^{-\mu t}\right) \qquad (2.45)$$

unde:

μ este numărul de intervenții efectuate pentru înlăturarea avariei.

Se mai pot determina următorii parametri:

a). durata de funcționare (T_F), cu expresia :

$$T_F = \frac{1}{\lambda} \qquad (2.46)$$

b). probabilitatea stării de siguranță la momentul T :

$$P_0(T) = \left[\mu + \lambda e^{-(\lambda+\mu)t}\right] \cdot \left[\lambda + \mu\right]^{-1} \qquad (2.47)$$

c). numărul mediu de accidente pe durata de timp T :

$$\overline{n}_a = \frac{\lambda^2}{(\lambda+\mu)^2} + \frac{\lambda\mu}{(\lambda+\mu)} - \frac{\lambda^2 e^{-(\lambda+\mu)t}}{(\lambda+\mu)^2} \qquad (2.48)$$

d). duratele medii de defectare şi funcționare pe durata T :

$$T_D = \frac{\lambda T}{\lambda+\mu} - \frac{\lambda}{(\lambda+\mu)^2}\left[1 - e^{-(\lambda+\mu)t}\right] \qquad (2.49)$$

$$T_D = \frac{\mu T}{\lambda+\mu} - \frac{\lambda}{(\lambda+\mu)^2}\left[1 - e^{-(\lambda+\mu)t}\right] \qquad (2.48)$$

Modelul matematic al eficienței sistemului de întreținere funcțională, din punctul de vedere al utilizării verificărilor ca procedeu pentru depistarea punctelor tehnic slabe şi al stărilor de nesiguranță în exploatare se exprimă prin relația :

$$E_s = f(F_i, F_0) \qquad (2.49)$$

unde :

E_s – este eficiența sistemului întreținerii funcționale, sub aspectul relatat mai sus;

F_i – frecvența verificărilor, exprimată în număr de verificări / lună (trim.,an);

F_0 – frecvența opririlor datorită defectărilor, exprimată în număr de opriri / lună (trim., an). Această variabilă este dependentă, la rândul său, de frecvența verificărilor, adică $F_o = \varphi(F_i)$.

În figura 2.12 este prezentat conceptul generalizat aferent optimizării numărului şi duratei verificărilor, iar în figura 2.13, alăturat, este dată o diagramă a influențelor unor factori asupra timpului efectiv de funcționare. În figura 2.12 sunt introduse notațiile :

t_i – durata opririi utilajului pentru efectuarea verificării tehnice; se exprimă în ore-verificare;

t_a - durata opririi utilajului datorită defectării, în vederea înlăturării avariei; se exprimă în ore-avarie.

Prin intermediul figurii 2.13 se pun în evidență mai multe interdependențe.

Pe măsură ce numărul de activități de întreținere (μ) efectuate pentru prevenirea avariei în perioada $T_c - T_0$ creşte şi apoi se optimizează, au loc următoarele influențe :

- creşte timpul de funcționare (T_F);
- descreşte timpul de avarie (T_A);
- scade numărul de avarii, fiecare atingând maximum (T_F) sau minimum (T_A, λ) pe verticala AC, respectiv în momentul critic T_C.

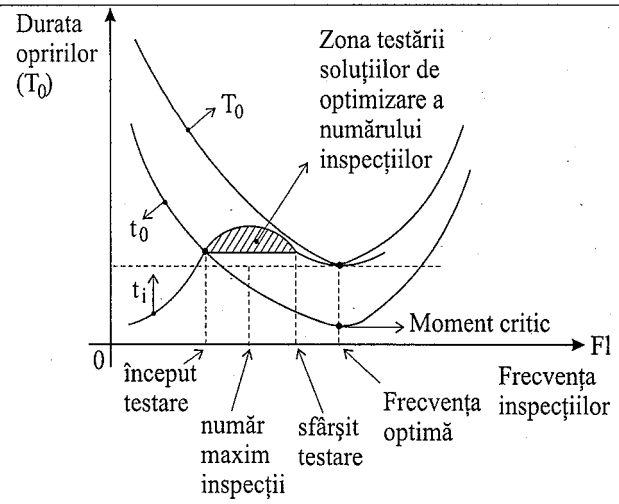


Fig.2.12. Diagrama optimizării verificărilor tehnice

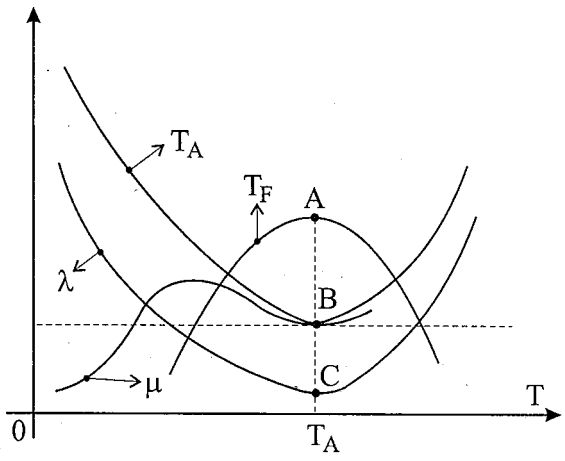


Fig.2.13. Diagrama influențelor asupra timpului efectiv de funcționare

După aceea, cu toate măsurile de întreținere luate (creşte μ), apar următoarele consecințe :

- cresc mărimile λ şi T_A;
- scade T_F.

Ca urmare, în această situație, sunt necesare informații suplimentare asupra stării utilajului în vederea luării deciziei de înlocuire a acestuia.

Din punct de vedere economic, cheltuielile cu întreținerea (C_i) depind funcțional de :

- durata funcționării maşinilor şi utilajelor în stare de siguranță (T_s);
- momentul înlocuirii maşinilor şi utilajelor uzate (M);
- evaluarea necesarului de fonduri pentru întreținerea maşinilor şi utilajelor pe durata exploatării lor (F_e).

Relația funcțională are forma:

$$C_i = f(T_s, M, F_e) \qquad (2.50)$$

Noul sistem utilizează un set propriu de indicatori pentru caracterizarea eficienței sale (figura 3.14), departajați în două categorii :

a). Pentru planificarea cheltuielilor cu întreținerea (PC_i), reuniți în bugetul de cheltuieli planificate la fiecare utilaj tehnologic (B_u^p), ce conține valoarea lor minimizată într-o anumită perioadă, adică :

$$PC_i = \sum_{1}^{n} B_u^p \qquad (2.51)$$

unde n reprezintă numărul utilajelor pentru care s-au constituit bugete de cheltuieli cu întreținerea şi repararea. Bugetul trebuie să fie aprobat de factorii decizionali şi transmis executanților. În fişa de plan este necesar să se includă cheltuielile privind :

- ❖ consumul pieselor de schimb;
- ❖ manopera;
- ❖ consumul de materiale;
- ❖ consumul de combustibil;
- ❖ consumul de energie;
- ❖ acoperirea regiilor;
- ❖ investițiile;
- ❖ transporturile tehnologice;
- ❖ necesarul de S.D.V. şi A.M.C. speciale;
- ❖ pregătirea tehnologică.

b). Sintetici, utilizați în determinarea eficienței fondurilor destinate întreținerii, ca de exemplu :

- *economicitatea întreținerii funcționale caracterizată prin abaterea de la cheltuielile planificate.*

Economicitatea se realizează numai dacă este satisfăcută relația:

$$C_i^R < C_i^P \qquad (2.52)$$

adică atunci când cheltuielile efectiv realizate nu depăşesc pe cele planificate.

- *durata recuperării cheltuielilor cu întreținerea funcțională* a maşinilor şi utilajelor, care reprezintă perioada (ore, zile, luni etc.) în care fondurile cheltuite cu întreținerea sunt recuperate prin realizarea suplimentară de produse, ca urmare a creşterii timpului efectiv de exploatare, în perioada dată, față de cel planificat.

Este necesar de menționat că în cazul în care cheltuielile cu înlăturarea avariilor, într-o perioada dată, la o maşină sau utilaj, depăşesc pe cele realizate cu verificarea tehnică, trebuie trasă concluzia că această ultimă activitate se desfăşoară defectuos, adică nu se depistează toate punctele slabe.

INDICATOR SAU CATEGORIE CHELTUIELI	PLANIFICAT ÎN PERIOADA					REALIZAT ÎN PERIOADA					INDICATORI SINTETICI	
ÎNLOCUIRI PIESE SCHIMB											RELAȚIA	REALIZAT ÎN PERIOADA .....
CONSUM MANOPERĂ											ECONOMICITATEA ÎNTREȚINERII FUNCȚIONALE $(\pm)\Delta C_{IF} = C_{IF}^{P} - C_{IF}^{R}$	
CONSUM MATERIALE												
CONSUM DE COMBUSTIBILI												
CONSUMURI DE ENERGII												
REGII											DURATA RECUPERĂRII CHELTUIELILORCU ÎNTREȚINEREA FUNCȚIONALĂ $DRC_{IF} = H - (\pm \Delta TE)$	
FONDURI DE INVESTIȚII												
CHELTUIELI DE TRANSPORT												
AMC-uri; SDV-uri												
CHELTUIELI CU PREGĂTIREA TEHNOLOGICĂ												
VT – VERIFICAREA TEHNICĂ RT – REVIZIA TEHNICĂ **RC-1** – REPARAȚII CURENTE 1 **RC-2** – REPARAȚII CURENTE 2 **RK** – REPARAȚII CAPITALE **IA** – ÎNLĂTURAREA AVARIILOR						C_{IT}^{R}					EFICIENȚA BUGETULUI CU ÎNTREȚINEREA FUNCȚIONALĂ $EB_{IF} = \frac{C_{IF}^{P}}{C_{VF}^{R}}$	
						$\sum C_{U}^{RI}$				C_{IA}		
	BUGETUL DE CHELTUIELI CU ÎNTREȚINEREA FUNCȚIONALĂ (C_{IF}^{P})					$C_{IF}^{R} =$					RAPORTUL $C = \frac{C_{IA}}{C_{VT}^{R}}$	
						CHELTUIELI TOTALE REALIZATE CU ÎNTREȚINEREA INCLUSIV ÎNLĂTURAREA AVARIILOR						

Fig.2.14. Sinteza indicatorilor de planificare a cheltuielilor cu întreținerea și reperarea utilajelor

În ceea ce priveşte asigurarea cu componente şi piese de schimb (mecanice, electrice, electronice etc.), noul sistem utilizează metoda reglării stocului de siguranţă, în funcţie de :

- *durabilitatea fiecărei componente a utilajului sau maşinii.*

(Prin durabilitate se înţelege durata de funcţionare a unei componente din utilaj, până când survine uzura la limită sau starea de nesiguranţă în exploatare). Durabilitatea nu se determină odată pentru totdeauna, ci periodic, în fincţie de gradul uzurii generale, al fiabilităţii în perioada respectivă.

- *consumul specific,* determinat prin metode statistico-matematice, care include şi setul de componente necesare pentru înlăturarea avariilor.

Modelul funcţional al stocului optimal de siguranţă *(SO_c),* determinat pe baza durabilităţii fiecărei componente a unui utilaj metalurgic *(D_c),* este :

$$SO_c = D_c . K_c \qquad (2.53)$$

unde :

(K_c) – este coeficientul de reglare a stocului de siguranţă, corelat cu consumul specific determinat prin metode statistico-matematice.

Este evident că, pentru a exprima stocul în bucăţi, trebuie efectuată conversia durabilităţii, exprimată în ore de funcţionare, prin raportare la timpul efectiv de funcţionare planificat, în perioada dată, pentru utilajul respectiv.

Mărimea coeficientului de reglare luat în calcul, într-o anumită perioadă este influenţat de :

a. gradul de precizie în determinarea durabilităţii componentei respective;

b. diferenţa dintre durabilitatea unei componente din utilaj într-o perioadă şi consumul determinat prin metode statistico-matematice în aceeaşi perioadă.

Procedeul determinării durabilităţii prezintă o importanţă deosebită pentru componentele de tip ***unicat***, specifice unui utilaj sau unui grup restrâns de utilaje denumite şi ***vitale***.

Pentru componentele de tip *familie* , de regulă standardizate, ca de exemplu organele de asamblare, rulmenţi etc., este recomandat procedeul

determinării consumului specific la nivel de utilaj, prin metode statistico-matematice.

O exactitate corespunzătoare a determinărilor se asigură atunci când datele privind "istoricul" consumurilor se referă la o perioadă de cel puțin 3-5 ani. La baza stocului de siguranță va sta *normativul consumului pieselor de schimb.*

În altă ordine de idei, noul sistem are în vedere ierarhizarea volumului de informații şi gradul lor de incertitudine (figura 2.15) :

- la nivelul de bază (secții, ateliere), acolo unde se realizează efectiv lucrările de întreținere, este foarte mare volumul informațiilor tehnice, în general precise şi la obiect, gradul de incertitudine fiind redus;
- organele de sinteză la nivelele ierarhice medii operează cu volume aproximativ egale de informații tehnice şi economice, gradul de incertitudine începând să introducă dificultăți în construirea deciziilor;
- cu cât nivelul deciziilor se situează mai sus , cu atât volumul informațiilor economice este mai mare, iar pe total informațiile sunt insuficiente şi incerte.

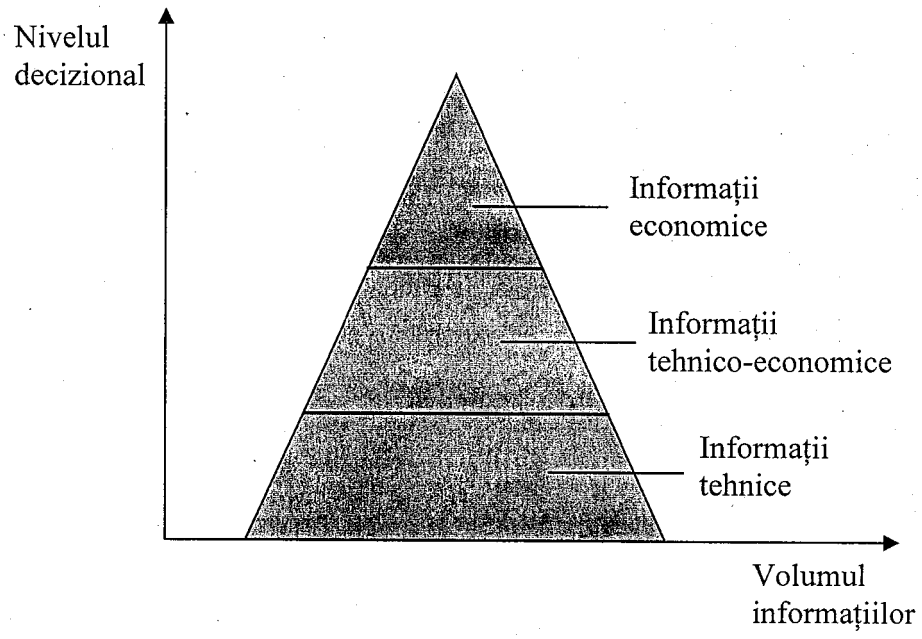


Fig.2.15. Piramida categoriilor de informații pentru luarea deciziilor în întreținere

În ceea ce priveşte volumul şi natura informaţiilor apare următorul paradox : Cu cât decizia de luat este mai importantă, cu atât cantitatea şi calitatea informaţiilor disponibile sunt mai puţin suficiente. Ţinând seama de numărul foarte mare de variabile care "intră în joc", o decizie strategică se ia cel mai adesea în situaţia în care informaţiile sunt parţiale, globale şi incerte. De aceea, cunoscutul analist A.C. Martinet a putut afirma că *"Orice decizie strategică, chiar foarte bine pregătită, comportă în mod ineluctabil o certă doză de risc".*

În acest context apare necesitatea analizelor tehnico-economice selective, care trebuie să cuprindă :

a). compararea rezultatelor obţinute în exploatare cu parametrii de funcţionalitate proiectaţi, atât pentru fiecare componentă a sistemului, cât şi pentru întregul sistem, în unitatea sa;

b). tehnicile şi metodele specifice sistemului de întreţinere funcţională a utilajelor tehnologice, în scopul ridicării performanţelor şi eficienţei acestora.

Obiectivele analizei tehnico-economice derivă din imperativul fundamental al sistemului şi trebuie să se refere la :

- optimizarea numărului şi duratei opririlor fiecărui utilaj tehnologic;
- reducerea stocurilor de piese de schimb, inclusiv determinarea stocului minim de siguranţă;
- minimizarea cheltuielilor cu întreţinerea şi repararea.

În figura 2.16 este reprezentată o posibilă variantă a relaţiilor funcţionale ale colectivului de analiză tehnico-economică. Acesta trebuie constituit din ingineri proiectanţi şi tehnologi, economişti, matematicieni etc.

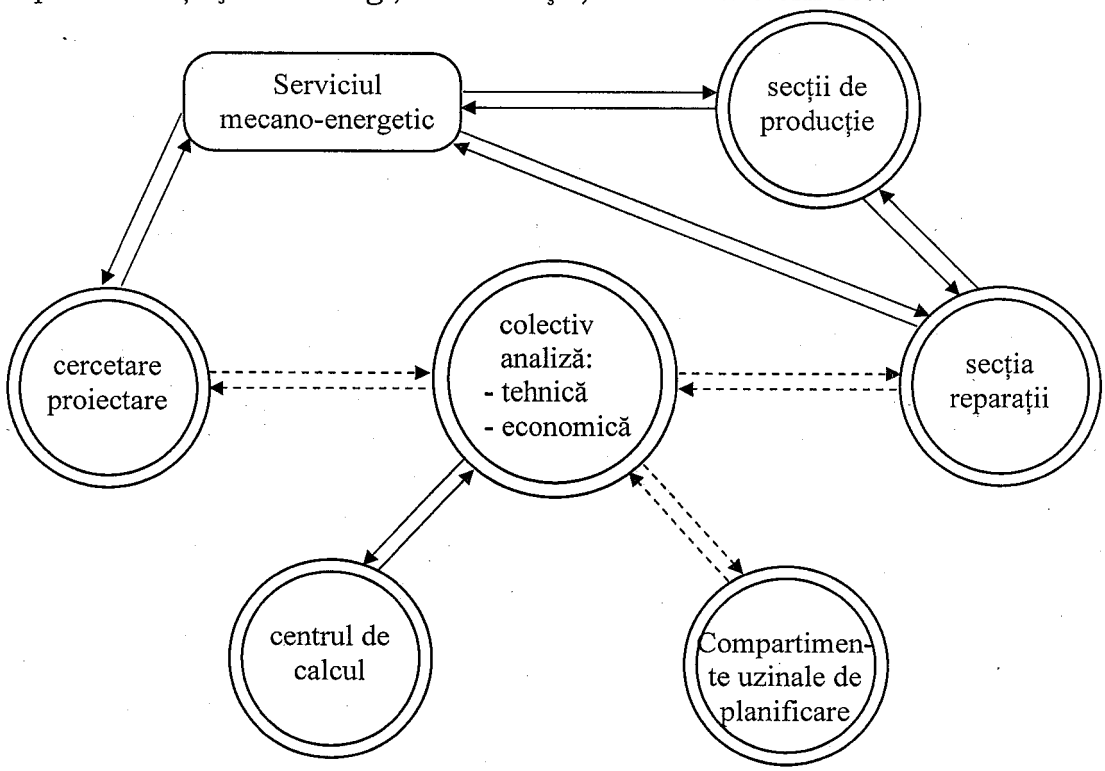


Fig.2.16. Diagrama relaţiilor colectivului de analiză tehnico-economică a întreţinerii şi reparării utilajelor

Competența profesională (C_P) pe care trebuie să o posede atât specialiştii, cât şi decidenții, este dată de un complex de cerințe referitoare la:

- ❖ cunoaşterea profesiunii (P) şi legislației;
- ❖ aptitudini concretizate în calități şi capacități umane (A_P);
- ❖ atitudinea sau manifestarea răspunderii pentru realizarea calitativă, la termenele necesare, cu costuri minime, a sarcinilor profesionale (A_t).

Modelul matematic funcțional al competenței profesionale are, în consecință, următoarea formă :

$$C_P = F(P, A_P, A_t) \qquad (2.54)$$

În mod analog, se poate elabora şi o ecuație a construirii deciziei (D) în cazul sistemului întreținerii funcționale :

$$D = F(C_P, I_a, R) \qquad (2.55)$$

unde :

I_a - reprezintă volumul de informații referitoare la analiza activităților tehnice şi economice aferente întreținerii funcționale a utilajelor tehnologice;

R – indică restricțiile rezultate din analizele tehnice şi economice.

În concluzie, obiectivul fundamental al activității profesionale a colectivului de analiză tehnico-economică îl reprezintă proiectarea variantelor pentru luarea deciziilor în domeniul întreținerii utilajelor.

2.2.3. Eficiența economică a sistemului proiectat

Din analizele comparative, cu criterii precise şi metode econometrice, a rezultat că eficiența economică a noului sistem, poate fi cuantificată astfel :

- creşterea timpului efectiv de funcționare a maşinilor şi utilajelor cu 5-8 %;
- creşterea producției fizice la maşinile unelte din dotare cu 15-25 %;
- reducerea ciclului total de fabricație a pieselor de schimb în sectoarele proprii cu 45-50 %;
- eliminarea muncii manuale în activitatea de lansare a tuturor categoriilor de lucrări de întreținere şi fabricație piese de schimb;
- creşterea relevantă a calității lucrărilor;

- recuperarea cheltuielilor cu realizarea noului sistem, inclusiv cele pentru introducerea unui suport informatic (de care beneficiază şi alte sectoare), în 3-4 ani.

3. STUDIU DE CAZ: ORGANIZAREA MENTENANŢEI LA SUCURSALA PETROMSERVICE VEST

3.1. Consideraţii organizatorice generale

PETROMSERVICE SA este lider naţional în echipamente şi servicii pentru industria de petrol şi gaze cu un portofoliu de peste 280 de clienţi stabili. PETROMSERVICE SA este cea mai mare companie privată din România după numărul de angajaţi, iar după profitul brut realizat în 2002 se clasează pe locul şase.

Sectorul energetic este unul dintre cele mai profitabile şi de perspectivă domenii de activitate. PETROMSERVICE s-a poziţionat pe piaţă oferind servicii de întreţinere şi reparaţii a instalaţiilor petroliere. Treptat nucleul activităţilor PETROMSERVICE s-a extins, incluzând realizarea unor lucrări complexe pentru industria de petrol şi gaze, precum şi activităţi în construcţii civile şi industriale.

La succesul companiei contribuie în primul rând capitalul uman format din specialişti bine pregătiţi şi experimentaţi. De asemenea, compania beneficiază de o infrastructură dezvoltată şi sucursale poziţionate în puncte strategice pe teritoriul României: Moineşti, Floreşti, Boldeşti, Videle, Târgovişte, Piteşti şi Craiova, Arad (PETROMSERVICE VEST) şi Baza de Aprovizionare Piese de Schimb (BAPS) Câmpina care au integrat know-how-ul multor decenii de tradiţie din industria de petrol şi gaze. Dinamismul şi seriozitatea cu care PETROMSERVICE şi-a îndeplinit misiunea au contribuit la formarea renumelui companiei, calităţi materializate şi prin obţinerea certificatelor de calitate şi de mediu ISO 9001: 2000, ISO 14001: 1996/1997 şi OHSAS 18001.

Principalele obiecte de activitate ale PETROMSERVICE privesc următoarele domenii:

Petrol şi gaze

- Instalaţii complexe
- Reţele industriale
- Distribuţia şi transport de gaze
- Foraj şi activităţi de PP-RK
- Servicii
- Proiecte externe

Construcţii

- Construcţii industriale
- Construcţii de drumuri
- Construcţii civile
- Module containerizate
- Instalaţii şi reţele electrice
- Proiecte externe

Transporturi

- Servicii
- Revizii auto

Calitate şi mediu

- Managementul calităţii şi al mediului
- Tehnologii ecologice

Sediul central al societăţii:

SC PETROMSERVICE SA Bucureşti

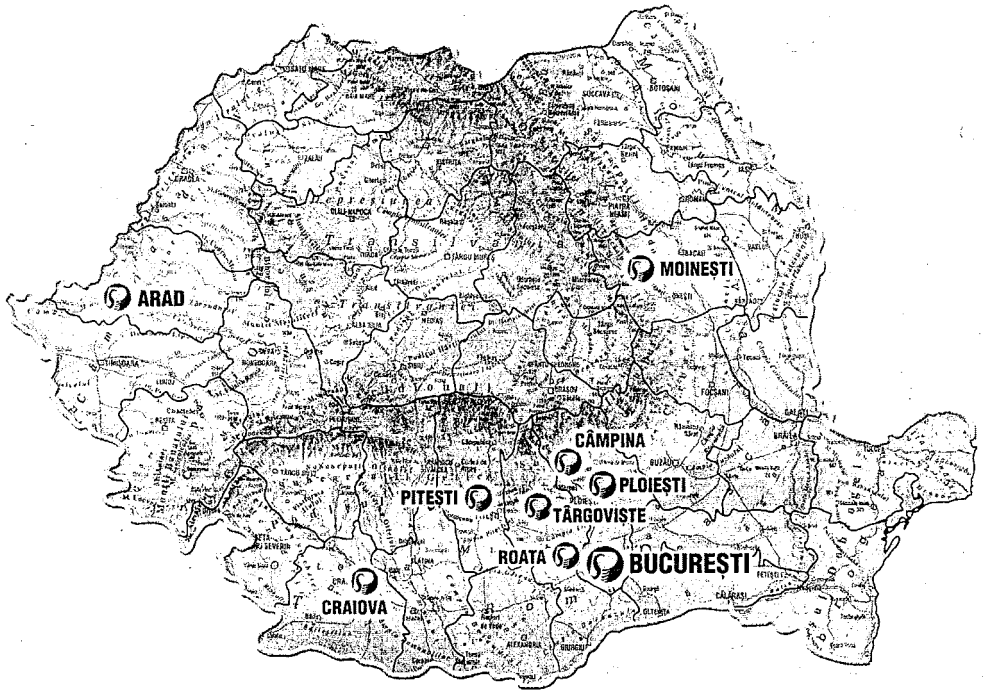
Strada General Constantin Budişteanu nr. 11 bis

Tel: 021 208.93.25, 021 208.93.33

Fax: 314.00.38

commercial@petromservice.com

Sucursale Petromservice:



3.1.1. *Petromservice susține performanța*

Într-o economie într-o transformare radicală, societatea Petromservice SA este liderul național în execuția lucărilor complexe şi de service în domeniul petrolier. Capacitățile proprii o plasează de asemenea şi în poziția de lider în Europa de Est, spațiu interconectat tot mai intens la circuitul economiei mondiale.

Caracteristicile Petromservice SA sunt:

- societate pe acțiuni cu capital integral privat
- resursele umane (peste 20.000 salariați)
- peste 8500 acționari
- un venit de peste 330 milioane dolari în 2004
- un portofoliu de peste 280 clienți stabili

PETROMSERVICE proiectează şi execută instalații de utilizare a energiei electrice pentru sisteme de distribuție a gazelor naturale, lucrări electrice pentru motopompe utilizate pentru transportul gazelor naturale, stații de compresoare, racorduri şi conducte pentru transportul gazelor naturale, inclusive a noilor distribuții de gaze naturale şi țiței, parcuri complexe, centrale

pentru colectarea, separarea şi tratarea apelor uzate, instalaţii TAME (Tertiar Amin Metil Eter), staţii moderne de cogenerare a energiei, instalaţii complexe pentru transportul şi distribuţia de gaze naturale construind conducte, racorduri şi staţii de pompare. De asemenea, PETROMSERVICE execută lucrări de foraj, probe tehnologice şi intervenţii speciale la sonde, folosind echipamente specializate.

PETROMSERVICE este atestată de Agenţia Naţională de Resurse pentru: exploatarea zăcămintelor minerale; lucrări de foraj pentru studii geotehnice; întocmirea de studii şi proiecte tehnice pentru dezvoltarea, exploatarea şi valorificarea resurselor de ţiţei mineral.

PETROMSERVICE urmăreşte cu perseverenţă să se implice în proiectarea restaurărilor şi construcţiilor civile. PETROMSERVICE oferă servicii complete în construcţia şoselelor, refacerea aprovizionării cu apă, forarea de puţuri pentru asigurarea alimentării cu apă a unor zone deficitare.

3.1.2. *Scurt istoric*

Divizia Mecano-energetică a fostului Minister al Petrolului a fost preluată, în 1991, de REGIA AUTONOMĂ A PETROLULUI PETROM R.A. În 1997, când s-a înfiinţat Societatea Naţională a Petrolului Petrom S.A., Divizia Mecanică îşi schimba denumirea în Petroserv. În urma procesului de restructurare şi reorganizare a SNP Petrom S.A., Petroserv se desprinde de companie şi astfel se înfiinţează, în martie 2002, S.C. PETROMSERVICE S.A.

Noua companie cu capital integral privat (cu peste 8.500 de acţionari) a preluat de la Petroserv 15.000 de angajaţi, experienţa şi obiectul de activitate. Performanţa produselor şi serviciilor oferite de Petromservice S.A. este demonstrată prin obţinerea Certificatului de calitate ISO 14000 în 1997, precum şi a Certificatului de calitate ISO 9001 în 2000.

Petromservice S.A. exploatează şi întreţine peste 6.000 km linii electrice, 9.000 unităţi de pompare, 17.000 km de conducte, 135 staţii de pompare, 3.000 staţii de transformare, 135 staţii de compresoare, 700 parcuri de ţiţei.

3.1.3. *Organigrama Petromservice S.A.*

Petromservice S.A. traversează o perioadă de dezvoltare pe piața internă, dar şi pe cea externă. Strategia de dezvoltare a Petromservice are la bază promovarea unei politici manageriale dinamice printr-o echipă tânără, competentă. Noua echipă este condusă de Sorin Mihai, în calitate de Director General al Petromservice S.A.

3.1.4. *Rapoarte financiare*

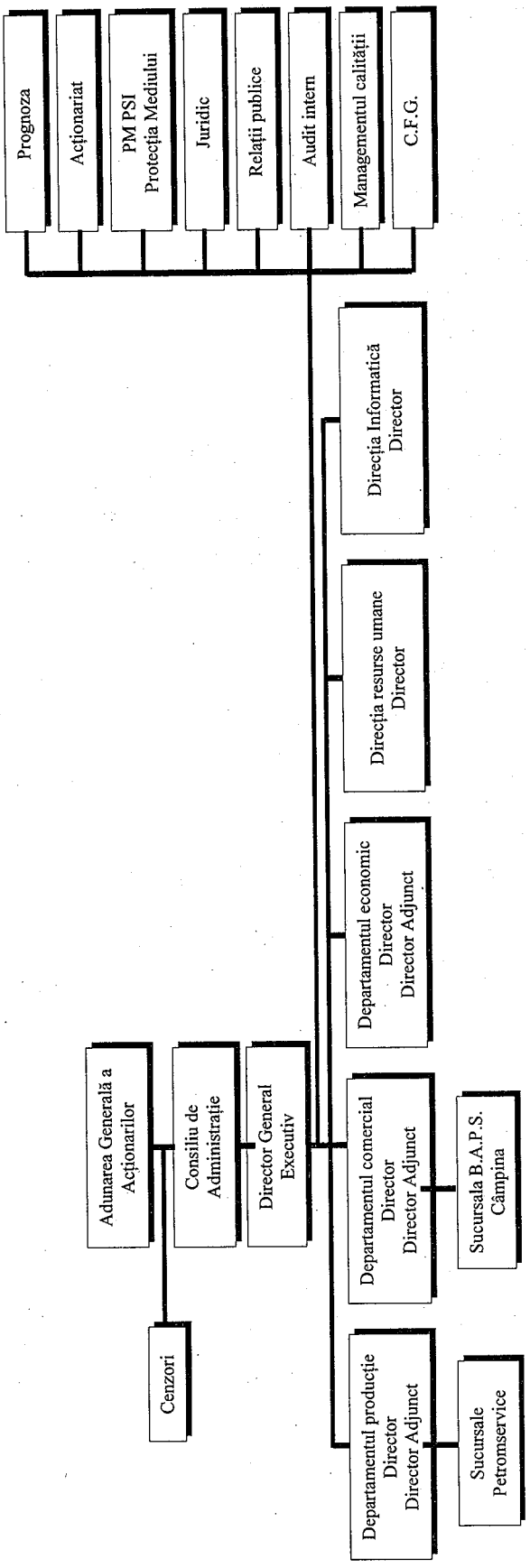
Raportul de audit realizat de compania ERNST & YOUNG:

		2000	2001	2002	2003
Cifra de afaceri	mil. $	112.6	143.5	169.8	207.5
Împrumuturi	mil. $	0	0	0	0
Profit înainte de impozitare	mil. $	1.1	0.5	19.6	15.8
Clienți majori	No.	114	173	262	265

3.1.5. *Lucrări şi instalații pentru petrol şi gaze*

Pentru industria de petrol şi gaze PETROMSERVICE SA execută:

- Instalații tehnologice complexe pentru procesarea țițeiului şi gazelor
- Rampe pentru încărcarea produselor petroliere
- Depozite pentru produse petroliere
- Stații pentru distribuția carburanților
- Instalații pentru deshidratarea (uscarea) gazelor
- Conducte pentru transportul țițeiului şi al produselor petroliere, gazelor naturale, apei, aburului
- Întreținere, revizii şi reparații pentru instalații de intervenție la sonde
- Proiectare, execuție şi întreținere instalații GPL
- Proiectare şi execuție rețele de distribuție apă şi gaze naturale
- Branşamente şi instalații pentru utilizarea apei şi gazelor naturale
- Service şi asistență tehnică


Prognoza
Acţionariat
PM PSI
Protecţia Mediului
Juridic
Relaţii publice
Audit intern
Managementul calităţii
C.F.G.
Direcţia Informatică
Director
Direcţia resurse umane
Director
Departamentul economic
Director
Director Adjunct
Adunarea Generală a
Acţionarilor
Consiliu de
Administraţie
Director General
Executiv
Departamentul comercial
Director
Director Adjunct
Sucursala B.A.P.S.
Câmpina
Cenzori
Departamentul producţie
Director
Director Adjunct
Sucursale
Petromservice

În plus, Petromservice îşi asumă întreţinerea, revizia şi reparaţiile pentru:

- Compresoare gaze şi aer
- Pompe cu piston şi centrifugale
- Cazane de abur
- Instalaţii de intervenţie la sonde

3.1.6. *În domeniul utilizării energiei electrice*

Instalaţii şi Reţele electrice. Materiale electrice. Automatizări. Petromservice exploatează şi întreţine peste 6.000 km de linii electrice de joasă şi înaltă tensiune.

Lucrări de construcţii-montaj:

- Linii aeriene şi subterane cu tensiuni între 220 V – 20 kV
- Posturi de transformare aeriene şi terestre
- Staţii de distribuţie a energiei electrice
- Racordări electrice de joasă şi medie tensiune
- Instalaţii de automatizare, supraveghere şi control
- Instalaţii electrice de interior şi exterior pentru construcţii civile şi industriale
- Distribuitoare electrice
- Motoare şi transformatoare electrice

3.1.7. *Transporturi*

Divizia de Transporturi a PETROMSERVICE deţine un parc dotat cu o gamă largă de vehicule specializate. Astfel, PETROMSERVICE asigură transportul rutier pentru:

- Mărfuri generale
- Mărfuri periculoase
- Mărfuri cu mase şi/sau dimensiuni depăşite
- Persoane

Parcul auto al PETROMSERVICE cuprinde:

- 46 autotractoare cu şa
- 48 remorchere
- 46 remorci cu sarcină utilă peste 20 tone
- 77 autocisterne
- 37 semiremorci cisternă
- 12 semiremorci pentru transport general
- 11 semiremorci basculabile
- 250 autocisterne fluide foraj cu instalaţie de vidanjare
- 53 autocamioane pentru transport material tubular
- 300 autocamioane pentru transport mărfuri generale
- 185 autobasculante
- 140 autospeciale transport persoane
- 300 automobile mixte
- 50 autobuze
- 14 microbuze
- 350 autoturisme

În plus, parcul auto al Petromservice este dotat cu utilaje de construcţii

- 50 automacarale
- 117 excavatoare
- 115 buldozere
- 100 buldoexcavatoare
- 33 autogredere
- 30 încărcătoare frontale
- 500 tractoare

Pentru întreţinerea acestui parc Petromservice dispune de 24 de unităţi service şi 5 staţii de inspecţie tehnică periodică autorizate de Registrul Auto Român (Videle, Timişoara, Moreni, Berca, Băicoi şi Boldeşti.

GENERAL PETROSERVICES LLP este o companie cu capital integral românesc, înfiinţată de S.C. Petromservice S.A. în 2003 ca o cerinţă a strategiei de afirmare pe pieţele externe. În acest context, Kazahstanul reprezintă o

oportunitate de afaceri mai ales că în spațiul respectiv operează deja companii petroliere de marcă.

GENERAL PETROSERVICES LLP a fost solicitată să realizeze două obiective industriale în zona Caspică în valoare de peste 15 milioane de dolari. Pe lângă acestea, GENERAL PETROSERVICES LLP derulează un important contract prin care asigură existența tehnică pentru instalația de colectare şi tratare țițeiului pe zăcământul de petrol şi gaze Tasbulat.

GENERAL PETROSERVICES LLP se detaşează prin executarea lucrărilor complexe de construcții-montaj, dar şi prin întreținerea, revizia şi reparațiile parcurilor de exploatare a zăcămintelor de petrol şi gaze.

GENERAL PETROSERVICES LLP execută:

- Instalații tehnologice complexe pentru procesarea țițeiului şi gazelor
- Rampe pentru încărcarea produselor petroliere
- Depozite pentru produse petroliere
- Stații pentru distribuția carburanților
- Instalații pentru deshidratarea (uscarea) gazelor
- Conducte pentru transportul țițeiului şi al produselor petroliere, apei, gazelor naturale, aburului
- Construcții civile şi industriale
- Proiectare, execuție rețele, branşamente şi instalații pentru utilizarea apei şi gazelor naturale
- Compresoare gaze şi aer
- Pompe cu piston şi centrifugare
- Cazane de abur
- Instalații de intervenție la sonde

Agenți externi

Zona Golfului

Kuweit

Federația Rusă

➢ **Zona Golfului**

Qatari Romanian Trading, contracting company – IMOBIS (Fahed Trading, contracting)

Dr. Khalil Al-Qutob – director general
Post Box: No. 8877, Doha, Qatar
fahedtrading@qatar.net.qa

- **Kuweit**

FINESCO INTERNATIONAL GENERAL TRADING CONTRACTING CO
Khaled K. Al-Felaij – director general
P.O. Box> 9284, cod 61003 Ahmadi, Kuweit
finesco9@hotmail.com
elwaleed@nec.moc.kw

KUWAIT SAUDI OIL PETROCHEMICAL MAINTENANCE CO
Khaled K. Al-Felaij – director general
Str. Fahaheel-Makka nr.26, Area – 67, plot – 19, Kuweit
Ksopnleo@hotmail.com

- **Federaţia Rusă**

IMPEKTORG LTD.
Samuil Evseevich Lozinsky – manager
Str. Proletarskaya nr. 7, ap. 211, Nizhny Novgorod 603159, Rusia
Tel: 00708.312.474.890
Fax: 00708.312.474.890

3.1.8. *Evenimente şi cooperare internaţională*

- S.C. PETROMSERVICE S.A., câştigător la Expo Petro Gas 2003
- 7 – 10 Octombrie: KAZAHSTAN: Kiogge 2003
- 19 – 24 ianuarie 2004: Rebuild Iraq

1. S.C. PETROMSERVICE S.A. a câştigat premiul pentru *"Cel mai important debut românesc !"* la Expo Petro Gas 2003

Expo Petro Gas este cea mai importantă manifestare expoziţională din industria de petrol şi gaze, ce s-a desfăşurat în perioada 7 – 12 Octombrie 2003 la ROMEXPO.

2. În perioada 7 – 10 Octombrie 2003, PETROMSERVICE a participat la Kazahstan la expoziția internațională în domeniul industriei de petrol şi gaze.

3. Petromservice a participat în perioada 19 – 24 ianuarie 2004 la expoziția dedicată construcției Iraqului "Rebuild Iraq" 2004.

Petromservice şi-a propus ca prin participarea la Târgul Internațional "Rebuild Iraq" 2004 să beneficieze de oportunitățile zonei în scopul promovării activităților proprii în Orientul Apropiat, al lărgirii cercului de relații, al identificării de proiecte de afaceri şi a promovării imaginii societății în acest spațiu de interes pentru domeniul său de activitate.

Delegația oficială a Petromservice a avut întâlniri cu oficialități din Kuwait şi Iraq, precum şi întâlniri la nivel înalt cu reprezentanții celor mai importante companii petroliere kuwaitiene KNPC şi KOC.

De asemenea, delegația Petromservice a participat în perioada expoziției la Forumul Economic româno-kuwaitiano-iraqian, organizat cu sprijnul Ambasadei României în Kuwait.

Petromservice a obținut cu prilejul participării la Târgul Internațional Rebuild Iraq 2004 rezultate mulțumitoare care au constat în principal în numărul impresionant de contracte stabilite cu întreprinzători şi alți factori de decizie, inclusiv cu organisme guvernamentale din Kuwait, Iraq şi alte tări din zonă, îndeosebi în identificarea unor proiecte concrete de cooperare care urmează să facă obiectul negocierilor viitoare.

3.1.9. *Mediu*

Compania PETROMSERVICE este certificată conform sistemului integrat calitate-mediu ISO 9001: 2000 şi ISO 14001: 96. Petromservice consideră o datorie de onoare respectarea normelor internaționale de prevenire şi combatere a poluării mediului.

Petrom execută:

- Lucrări pentru prevenirea şi combaterea poluării mediului
- Redarea unor terenuri infestate cu apă sărată şi țiței circuitului agricol

Prin toate sucursalele sale PETROMSERVICE derulează lucrări pentru protecția mediului astfel:

Sucursala Videle:

- Stație de epurare ape uzate Grup Industrial – Sector Videle
- Stație de epurare ape uzate – Sector Roata
- Modernizarea stației de depozitare şi alimentare cu produse petroliere – Sector Titu

Sucursala Moineşti

- Lucrări de conformare privind protecția mediului la Sectoarele Moineşti, Modârzău şi Zemeş
- Depozit subteran de carburanți prevăzut cu separator de grăsimi
- Separatoare şi corecții platforme betonate

Sucursala Târgovişte

- Rampă spălare auto cu separator de grăsimi
- Modernizarea sistemului de colectare ape pluviale şi canalizare

Sucursala Boldeşti

- Refacerea canalizării interioare şi a sistemului de colectare pluviale la atelierul mecanic şi electric Băicoi şi legarea la canalizarea oraşului
- Amenajarea ecologică a stației distribuție carburanți Buzău (şoseaua de centură)
- Amenajarea a două fose betonate vidanjabile pentru platformele Urlați

Sucursala Piteşti

- Executarea decontor şi modernizarea celui existent la Poiana Lacului
- Amenajarea ecologică atelier mecanoenergetic Băbeni
- Amenajare ecologică stația apă Mihăileşti – Olt

3.2. *Organizarea activității de mentenanță a echipamentelor și instalațiilor din dotare*

Activitatea Sucursalei Petromservice Vest din Arad este concentrată în principal pe asigurarea acestei zone a țării cu produse petroliere și gaze naturale. Evident și aici Petromservice-ul răspunde de partea logistică a acestei asigurări și nu de partea comercială în sine. Printre atribuțiile și lucrările care îi revin se pot cita:

- Depozite pentru produsele petroliere;
- Rampe de încărcare pentru produsele petroliere;
- Stații pentru distribuția carburanților;
- Conducte pentru transportul țițeiului și al produselor petroliere, gazelor naturale, apei, aburului;
- Proiectare și execuție rețele de distribuție pentru petrol, gaze naturale și apă;
- Branșamente și instalații pentru utilizarea gazelor naturale și a apei;
- Instalații pentru deshidratarea (uscarea) gazelor;
- Revizii, întreținere și reparații pentru:
  - compresoare aer și gaze naturale;
  - pompe cu piston și centrifugare;
  - cazane de abur;
- service și asistență tehnică în domenii conexe.

În ultima perioadă Sucursala Petromservice Vest s-a implicat și în activități de construcții civile și industriale, extinzând în același timp și activitățile de transport. Pentru asigurarea ambelor acțiuni, sucursala dispune de un parc extins de vehicule auto de transport și specializate, din care se pot enumera:

- autobuze și automobile mixte;
- microbuze și autoturisme;
- autotractoare cu șa și remorchere;
- autocisterne cu instalații de vidanjare;
- autocamioane pentru transport mărfuri generale;

- autobasculante;
- excavatoare;
- automacarale;
- buldozere şi buldoexcavatoare;
- autogredere şi încărcătoare frontale.

Pentru întreţinerea acestor utilaje Sucursala Petromservice Vest dispune de 2 secţii mecano-energetice şi 3 unităţi service auto, acestea din urmă fiind dotate şi cu ateliere mobile pentru intervenţii rapide şi depanări uşoare. Cele două secţii mecano-energetice au dotări complexe, putând executa orice categorie de reparaţii, inclusiv recondiţionarea şi fabricarea majorităţii pieselor de schimb în atelierul de prelucrări mecanice, prevăzut cu maşini unelte la nivel de producţie uzinală.

În ceea ce priveşte activitatea de mentenanţă, a fost implementat modelul strategic descris în paragraful 3.2, asupra căruia nu vom mai reveni, în detaliu. Vom sublina numai faptul că el urmăreşte îndeplinirea simultană a două categorii de obiective şi activităţi:

- *activităţi terotehnice propriu-zise*, caracterizate prin suportul lor tehnic şi tehnologic;
- activităţi economice care asigură planificarea şi lansarea operaţiilor, dar şi urmărirea strictă a cheltuielilor.

Sistemul terotehnic al activităţilor furnizează în paralel logistica necesară mentenanţei prin patru subsisteme:

- întreţinere (preventivă şi corectivă);
- reparaţii;
- piese de schimb;
- operare propriu-zisă.

Sistemul economic al activităţilor de mentenanţă operează cu două seturi de indicatori care atestă eficienţa sa:

- de planificare a cheltuielilor;
- sintetici, care privesc economicitatea întreţinerii funcţionale şi durata recuperării cheltuielilor effective.

În mod evident, cele două sisteme, dar mai ales cel economic necesită dotarea cu facilităţi informatice, ceea ce s-a realizat prin instrumentarea unui

centru de calcul, în care s-a construit o bancă de date, mereu perfectibilă şi înoită la zi. Centrul dispune de soft-uri personalizate pentru sinteza indicatorilor economici, de cheltuieli şi eficienţa economică, iar în ultimul timp a fost constituit un colectiv de analiză tehnico-economică, încadrat cu informaticieni şi tehnologi de proces tineri, care a reuşit să elaboreze programe proprii care vizează urmărirea şi definirea durabilităţii diverselor componente ale maşinilor şi utilajelor, precum şi consumurile specifice, determinate prin metode statistico-matematice.

3.3. *Rezultate şi perspective*

Aplicarea modelului strategic al mentenanţei în cadrul Sucursalei Petromservice Vest, cu sediul în Arad, a avut rezultate remarcabile, unele dintre ele cuantificate în paragraful 3.2. Tot acolo am subliniat faptul că, dincolo de eficienţa financiară, mai important este câştigul care este o mentalitate a întregului colectiv al sucursalei. Unul din cei mai importanţi exegeţi ai conceptului de "reengineering", M. Hammer nu înceta să atragă atenţia că acţiunea respectivă trebuie să înceapă cu oamenii (de fapt conceptul amintit relua ideile manageriale japoneze care au considerat, mult înainte, că numai oamenii pot face dintr-un business un succes). Esenţială este scoaterea angajaţilor din obişnuinţa îndeplinirii sarcinilor, înfiriparea ideii că lucrurile pot fi făcute şi în alt fel. De abia după atingerea acestui obiectiv se pot pune probleme calitative, împrumutând din analiza valorii fatidicele întrebări: Cum ? De ce ? Cu ce ? Când ?

Desprinderea salariaţilor din aşa numită "închistare paradigmatică" trebuie să urmărească şi latura personală a fiecăruia dintre ei, încurajându-i să urce treptele piramidei lui Maslow în satisfacerea propriilor nevoi şi aspiraţii. Acest deziderat se află permanent în atenţia conducerii executive a firmei. De altfel, în curând, o mare parte din angajaţi vor deveni acţionari la propria întreprindere prin achiziţie de acţiuni. În orice caz, în mintea tuturor salariaţilor s-a întărit convingerea că de bunul mers al companiei depinde bunăstarea fiecăruia dintre ei.

Ca perspective imediate Petromservice SA îşi propune consolidarea poziţiei de lider naţional în execuţia lucrărilor complexe şi obţinerea unor rezultate economice din ce în ce mai bune.

Cu toate că şi în prezent desfăşoară o activitate notabilă în domeniul construcţiilor civile, aceasta va fi dezvoltată prin execuţia "la cheie" pentru clienţii săi a unor baze de tratament, cabane turistice, vile, sedii administrative, cu toate utilităţile şi amenajările necesare, inclusive drumuri betonate şi asfaltate de acces. De asemenea, s-au demarat lucrări în domeniul social-cultural şi al restaurărilor.

Nu a fost trecut cu vederea nici domeniul construcţiilor industriale şi al lucrărilor complexe de construcţii-montaj, atât în ţară, cât şi în străinătate, colaborând cu firme importante precum Lukoil, OMV, Arcom şi Distrigaz.

În ultimul timp Petromservice s-a implicat şi în acţiuni sociale. Cu ocazia sărbătorilor din iarna trecută a efectuat lucrările de reamenajare a Centrului pentru Protecţia Copilului din judeţul Prahova. De asemenea, a demarat un program de susţinere a activităţii Serviciului Public Salvamont din Zărneşti în iarna anului 2005.

Trendul constant pozitiv şi ataşamentul angajaţilor săi îndreptăţesc Petromservice să fie încrezător într-o evoluţie din ce în ce mai performantă şi mai eficientă.

BIBLIOGRAFIE

1. D.A. Bell — Information Theory and the Engineering Applications. Pitman Pub. Comp, 1962
2. Jay Forrester — Dinamica Industrială. Editura Tehnică, Bucureşti 1981
3. C. Bărbulescu — Conducerea sistemelor industriale, Editura Tehnică, Bucureşti 1996
4. I. Ceauşu — Dicţionar Enciclopedic Managerial, vol. 2 şi 4, Editura Academică de Management Bucureşti, 2000, 2003
5. I.C. Dima — Managementul logistic, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 2005
6. I. Dumitrache, ş.a. — Managementul producţiei, Editura Matrax, 2000
7. H.B. Maynard — Manual de Inginerie Industrială. Editura Tehnică, Bucureşti 1977
8. Magyari Andrei — Suport de curs, Editura Universitatea din Petroşani, 2005
9. Nan Marin-Silviu — Suport de curs, Editura Universitatea din Petroşani, 2005
10. Poantă Aron — Suport de curs, Editura Universitatea din Petroşani, 2005
11. Bărbulescu, C. — *Conducerea sistemelor industriale,* Editura Tehnică, Bucureşti, 1996
12. Bărbulescu, C. — *Pilotajul performant al întreprinderii,* Editura Economică,
13. Carabulea, A., Răduţi,C., Ardelea, D. — *Management şi Inginerie Industrială,* Editura Soros, Bucureşti, 1994
14. Coşa, M. — *Evaluarea riscurilor.* Lux Libris, Bucureşti, 1997

15. Gheorghiu, D., Carabulea, A. — *Reinginerie şi risc,* Editura ISPE, Bucureşti, 2001

16. Herseni, T. — *Întreţinerea şi repararea dotării,* Editura Class, Bucureşti, 1995

17. Juran, J.M. — *Planificarea calităţii,* Editura Teora, Bucureşti, 2000

18. Juran, J.M — *Supremaţia prin calitate.* Editura Teora, Bucureşti, 2002

19. Mihoc, Gh., Muja, D., Diatcu, E. — *Bazele matematice ale teoriei flabilităţii,* Editura Dacia, Cluj, 1976

20. Panaite, V., Popescu, M.O. — *Calitatea produselor şi fiabilitate,* Editura MATRIX ROM, Bucureşti, 2003

21. Ceauşu Bogdan — *Tratat de management,* Editura A.T.T.R., 2003

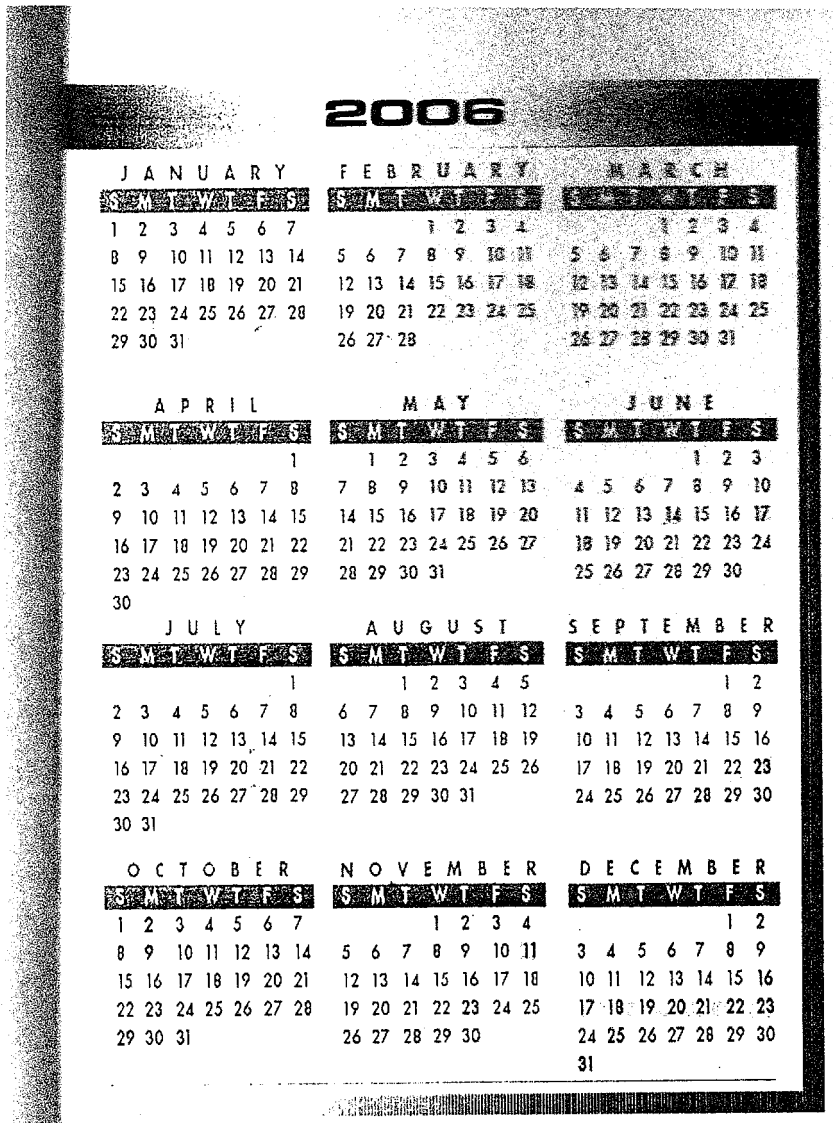
22. Koronka Ferenc — Exploatarea, întreţinerea şi repararea utilajului mecanic minier, Editura Tehnică, Bucureşti, 1993

23. Iliaş Nicolae — Introducere în mentenanţa utilajelor, Editura Universitatea din Petroşani, 2005

24. Florea Dumitru — Fiabilitatea şi mentenanţa utilajelor, Editura Universitatea din Petroşani, 2005

25. Iosif Andras — Fiabilitatea sistemelor tehnice, Editura Universitatea din Petroşani, 2004

26. Buşe Florian — Manual de inginerie economică, Editura Dacia, Cluj, 2002





Un sprijin ideal
în activitatea dumneavoastră
îl constituie:

ASOCIAȚIA DE TEROTEHNICĂ ŞI TEROTEHNOLOGIE DIN ROMÂNIA A.T.T.R



PENTRU SECTOARELE MECANO-ENERGETICE ŞI SERVICE "MANAGEMENT INDUSTRIAL"



Prin noi păstrați, protejați şi modernizați tehnica şi tehnologia

Un sprijin ideal în activitatea dv. îl constituie

ASOCIAȚIA DE TEROTEHNICĂ ŞI TEROTEHNOLOGIE DIN ROMÂNIA (ATTR)



- *MANAGEMENT INDUSTRIAL;*
- *MANAGEMENT STRATEGIC;*
- *MANAGEMENT DE PERFORMANȚĂ;*
- *MANAGEMENTUL AFACERILOR;*
- *MANAGEMENTUL AMBIENTAL;*
- *MANAGEMENTUL PSIHOLOGIC;*
- *MANAGEMENTUL DE EXCEPȚIE.*

Bucureşti, B-dul N. Bălcescu nr. 16, Sector 1, Cod 010052, Tel./Fax: 021/313.85.42, Mobil: 0723.297.835

CONT: RO30.RNCB.5010.0000.1459.0001.BCR, fil. sector 1 - Bucureşti