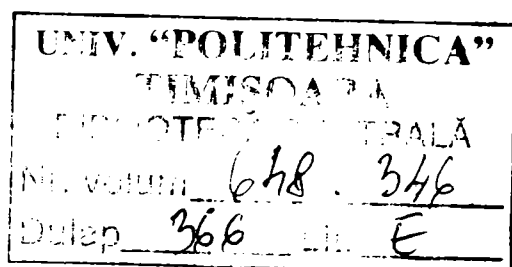


Marius ROMOCEA

CONTRIBUȚII LA OPTIMIZAREA MENTENANȚEI
SISTEMELOR DE FABRICAȚIE ÎN SERIE

TEZĂ DE DOCTORAT

Conducător științific
Prof. univ. dr. ing. Constantin DUMITRESCU



Timișoara
2005

C U P R I N S

Introducere	7
Capitolul 1: IMPORTANȚA ȘI EVOLUȚIA MENTENANȚEI ÎN CADRUL UNITĂȚILOR INDUSTRIALE	11
1.1. Importanța, locul și rolul activității de mentenanță în cadrul unităților industriale	11
1.2. Istoricul, definirea, evoluția și obiectivele mentenanței.....	13
1.3. Evoluția echipamentelor industriale și incidența asupra mentenanței	26
1.4. Mentenanța viitorului.....	31
1.5. Strategii ale activității de mentenanță.....	33
Capitolul 2: CONTEXTUL SISTEMIC AL CONCEPTULUI DE MENTENANȚĂ.....	37
2.1. Prelucrarea primară a datelor	37
2.1.1. Culegerea datelor privind fiabilitatea	37
2.1.2. Sistematizarea datelor privind fiabilitatea	43
2.2. Fiabilitatea produselor	45
2.2.1. Indicatori principali ai fiabilității	46
2.2.2. Matricea fiabilității.....	48
2.2.3. Parametrii de fiabilitate ai produselor	50
2.2.4. Modele ale fiabilității produselor.....	54
2.2.4.1. Modelul repartiției exponențiale	54
2.2.4.2. Modelul repartiției Weibull	57
2.2.5. Validarea modelelor de fiabilitate.....	67
2.3. Mentenabilitatea produselor	71
2.3.1. Indicatori de mentenabilitate	72
2.3.2. Parametrii de mentenabilitate ai produselor	74
2.3.3. Calculul mentenabilității unui produs	75
2.4. Disponibilitatea produselor	76
2.4.1. Indicatori de disponibilitate	78
2.4.2. Parametrii de disponibilitate.....	79
2.5. Tipologia producției industriale.....	85
2.5.1. Tipul producție în masă	86
2.5.2. Tipul producție serie.....	89
2.5.3. Tipul producție individuală.....	92
Capitolul 3: FRECARE, UZAREA ȘI LUBRIFIEREA CUPLELOR DE FRECARE.....	94
3.1. Legătura dintre procesul de uzură și defectări.....	94
3.2. Frecarea și efectele ei	95
3.3. Uzura, consecință a frecării.....	97
3.4. Lubrifianți.....	102
3.4.1. Lubrifianți lichizi	102
3.4.2. Unsură consistente.....	102
3.4.3. Lubrifianți solizi	103
3.4.4. Aditivi.....	103

3.4.5. Importanța lubrifierii în funcționarea utilajelor, mașinilor și echipamentelor	105
Capitolul 4: MANAGEMENTUL ACTIVITĂȚII DE MENTENANȚĂ	107
4.1. Obiectivele mentenanței	107
4.2. Organizarea activității de mentenanță	110
4.3. Metode de organizare a executării activității de mentenanță cu forțe proprii	115
4.3.1. Mentenanța centralizată	116
4.3.2. Mentenanța descentralizată	118
4.3.3. Metoda mixtă	119
4.4. Organizarea executării mentenanței prin unități specializate	121
4.5. Organizarea executării mentenanței în mod combinat	123
4.6. Metode de executare a lucrărilor de mentenanță	127
4.6.1. Metoda de mentenanță individuală	127
4.6.2. Metoda de mentenanță pe subansambluri	128
4.6.3. Metoda de mentenanță prin folosirea echipamentelor de rezervă	130
4.6.4. Metoda de mentenanță pentru producția în flux	131
4.6.5. Folosirea metodei grafurilor pentru organizarea și programarea executării lucrărilor de mentenanță	132
4.7. Metode de dimensionare a necesarului de forță de muncă în activitatea de mentenanță	135
4.7.1. Stabilirea necesarului de forță de muncă în cazurile metodei mentenanței preventive sistematice și a metodei mentenanței condiționate	136
4.7.2. Stabilirea necesarului de forță de muncă în cazurile metodei mentenanței corective și a metodei mentenanței paliative	137
4.8. Metoda de dimensionare a stocurilor de piese de schimb	141
4.9. Procese de decizie markoviene în activitatea de mentenanță industrială	144
4.10. Elemente de logică fuzzy	149
Capitolul 5: SISTEME DE MENTENANȚĂ	161
5.1. Sisteme de mentenanță practicate pe plan mondial	161
5.1.1. Mentenanța productivă totală (T.P.M.)	164
5.1.1.1. Scurt istoric. Definiție	164
5.1.1.2. Aspecte principale ale metodei T.P.M.	166
5.1.1.2.1. Abordarea cantitativă a T.P.M.	166
5.1.1.2.2. Cei cinci „S” ai T.P.M.	172
5.1.1.2.3. Auto-mentenanța	175
5.1.2. Conceptul de cost al ciclului de viață („Life Cycle Cost” – LCC)	179
5.2. Tipuri de sisteme de întreținere și reparații practicate în țara noastră	185
5.3. Sisteme de mentenanță posibile a se aplica în viitor	192
5.3.1. Mentenanța corectivă	192
5.3.2. Mentenanța preventivă sistematică	195
5.3.3. Mentenanța preventivă condiționată	199
5.3.4. Mentenanța paliativă	204
Capitolul 6: METODE ȘI MODELE UTILIZATE ÎN OPTIMIZAREA DECIZIILOR ÎN MENTENANȚĂ	208
6.1. Cunoașterea echipamentelor și a comportamentului acestora	208
6.2. Analiza modului de defectare, a efectului și criticității – AMDEC	210

6.2.1. Definiție și noțiuni de bază utilizate în AMDEC	210
6.2.2. Etapele metodei AMDEC — utilaj	211
6.3 Controlul statistic al funcționării utilajelor. Grafice de control	213
6.3.1. Definiție și obiective	213
6.3.2. Etapele de aplicare a metodei.....	214
6.3.3. Reguli de verificare a reglajelor	215
6.4 Rețeaua tehnică și umană a mentenanței (RTUM)	217
6.4.1. Definiție și obiective	217
6.4.2. Simbolistica diagramei	218
6.4.3. Elaborarea diagramei RTUM	218
6.5. Analiza cauză-efect „5M”	219
6.5.1. Obiectivele metodei 5M.....	219
6.5.2. Aplicarea metodei	220
6.6. Arborele de decizie	224
6.7. Arborele de defecțiuni.....	225
6.7.1. Definiție și obiective	225
6.7.2. Descrierea metodei.....	226
6.8. Metoda Pareto	227
6.8.1. Obiectivele metodei.....	227
6.8.2. Aplicarea metodei	228
6.9. Matricea de criticitate calitate-securitate-disponibilitate (CSD).....	230
6.9.1. Obiectivele metodei.....	230
6.9.2. Aplicarea metodei.. ..	231
6.10. Optimizarea deciziilor în mentenanță folosind algoritmul simplex.....	232

Capitolul 7: OPTIMIZAREA ACTIVITĂȚII DE MENTENANȚĂ

PRIN COSTURI	240
7.1. Clasificarea costurilor activității de mentenanță	240
7.1.1. Clasificarea costurilor activității de mentenanță după modul de apariție de-a lungul ciclului de viață a utilajului	240
7.1.2. Clasificarea costurilor activității de mentenanță după aria de extindere.....	241
7.1.3. Clasificarea costurilor activității de mentenanță după modul de proveniență	241
7.1.4. Clasificarea costurilor activității de mentenanță după tipul sistemului de mentenanță	242
7.1.5. Clasificarea costurilor activității de mentenanță după destinație	243
7.2. Factorii de influență a costurilor activității de mentenanță	244
7.2.1. Factori de influență a costurilor activității de mentenanță, de natură macro-economică	244
7.2.1. Factori de influență a costurilor activității de mentenanță, de natură micro-economică	244
7.3. Costurile sistemelor de mentenanță.....	245
7.3.1. Costul total mediu de mentenanță corectivă pe unitatea de timp (C_1)	245
7.3.2. Costul total mediu de mentenanță preventivă pe unitatea de timp (C_2)	246
7.3.3. Managementul mentenanței prin costul total mediu de mentenanță pe unitatea de timp	248
7.4. Costurile ascunse ale mentenanței	249
7.5. Costurile disfuncționalității utilajelor	250

7.5.1. Costul disfuncționalității raportat la numărul de ore de funcționare.....	250
7.5.2. Costul orar mediu de disfuncționalitate	250
7.6. Pragul de disponibilitate al utilajelor.....	251
7.7. Optimizarea activității de mentenanță prin costuri.....	253
7.7.1 Managementul mentenanței funcție de costul global	253
7.7.2. Managementul mentenanței funcție de costul global redus	256
7.7.3. Vârsta optimă de înlocuire a unui utilaj	258
Capitolul 8: EFICIENȚA ACTIVITĂȚII DE MENTENANȚĂ	261
8.1. Indicatori tehnici de eficiență a activității de mentenanță.....	261
8.1.1 Indicatori de disponibilitate.....	261
8.1.2 Indicatori de fiabilitate	262
8.1.3 Indicatori de eficiență a timpului de funcționare	263
8.2. Indicatori economici de eficiență a activității de mentenanță.....	265
8.2.1. Indicatori curenți de calcul ai eficienței economice	265
8.2.2. Indicatori bugetari	267
Capitolul 9. OPTIMIZAREA ACTIVITĂȚII DE MENTENANȚĂ.	
STUDII DE CAZ	269
Cazul A. Determinarea nivelului de ordine și a stării de curățenie a utilajelor prin metoda celor „5 S”	269
Cazul B. Determinarea costului indisponibilității unui echipament	273
Cazul C. Analiza modului de defectare, a efectului și criticității (AMDEC). pentru strungul normal	279
Cazul D. Stabilirea pragului de disponibilitate a strungului normal SN 400x1500	289
Cazul E. Elaborarea rețelei tehnice și umane a mentenanței (RTUM) la S.C. „ÎNFRĂȚIREA” S.A.	284
Cazul F. Determinarea gradului de uzură a unui echipament cu ajutorul lanțurilor Markov	287
Cazul G. Identificarea prin metoda Pareto a principalelor cauze de aparitie a defecțiunilor	291
Cazul H. Determinarea vârstei optime de înlocuire a unui utilaj.....	294
Cazul I. Determinarea metodei optime de mentenanță pe baza costului total mediu de mentenanță	297
Cazul J. Optimizarea procesului de fabricație a pieselor de schimb.....	301
Cazul K. Stabilirea structurii și a duratei ciclului de reparații pentru strungul normal SN 320 ×1000	304
Capitolul 10. CONCLUZII	308
Bibliografie.....	318
Anexe	329

INTRODUCERE

Obiectivul prioritar al oricărui agent economic îl constituie evidențierea și valorificarea superioară a rezervelor de creștere a productivității muncii cu minimum de cheltuieli. Indiferent de profil și de activitatea desfășurată, eficiența economică are în vedere stabilirea timpului optim necesar pentru programarea rațională a fabricației produselor sau realizării serviciilor, a necesarului de angajați, precum și utilizarea corespunzătoare a acestora.

Capacitatea de producție a unui sistem productiv (secție, întreprindere sau mașină-unealtă) se definește prin cantitatea maximă de producție, exprimată în unități naturale (buc., kg. etc.) sau convenționale, ce poate fi realizată de sistem într-o perioadă dată (an, lună, zi), în condiții concurențiale și de exploatare cunoscute.

Capacitatea de producție este unul din cei mai importanți indicatori tehnico-economici ai unei societăți comerciale, întrucât de cunoașterea mărimii lui depinde formularea corectă a unor decizii de afaceri, cum ar fi: încheierea contractelor de vânzare-cumpărare, evaluarea posibilităților productive de moment și de perspectivă, elaborarea programelor de producție. Capacitatea de producție este un indicator dinamic, care este influențat de foarte mulți factori interni și externi întreprinderii ale căror caracteristici se modifică continuu.

Principalii factori care influențează capacitatea de producție pot fi grupați în factori tehnici și tehnologici, factori organizatorici, factorul forță de muncă, managementul aplicat, precum și factorii concurențiali. Intre factorii tehnici și tehnologici pe primul plan se situează numărul de mașini în funcțiune și starea lor tehnică la momentul considerat, nivelul de dotare cu scule, dispozitive și verificatoare.

Realizarea progresului tehnic în condițiile unor restricții severe asupra resurselor materiale impune menținerea mai îndelungată a bunei funcționări a sistemelor cât și asigurarea eficienței lor în exploatare din punct de vedere economic.

Creșterea continuă a complexității sistemelor productive și a importanței misiunilor acestora impun reducerea severă a riscului de defectare, misiune imposibil de realizat fără o concepție științifică teoretică și organizatorică verificată.

Disciplinele tehnice tradiționale, prin aplicarea corectă a metodei coeficienților de siguranță, ne asigură că un sistem aflat în bună stare de funcționare în momentul inițial își menține performanțele — în condiții de întreținere stabilite — un timp suficient de lung în comparație cu durata de utilizare.

Dezvoltarea tehnologiilor moderne, unde aplicarea metodei coeficienților de siguranță nu mai este suficient de precisă, a condus la nuanțarea noțiunii de calitate, astfel încât ea să cuprindă și aspectele pe care le implică variația în timp a performanțelor sistemelor. Proprietatea generală de conservare în timp a performanțelor sistemelor fizice a devenit o noțiune clar conturată, denumită fiabilitate. Odată conceptul elaborat pe structura unor domenii tehnice particulare, el și-a relevat generalitatea, fiind aplicabil oricărui tip de sistem tehnic, fizic, biologic și chiar social.

Două tipuri de cauze au condus la apariția unei teorii a fiabilității: unul legat de complexitatea sistemelor, celălalt legat de caracterul de masă al producției moderne. Oricât s-ar investi în vederea asigurării unui sistem de calitate complex, nu se poate realiza o fiabilitate totală, adică un sistem care practic să nu se degradeze în timp. În aceste condiții este necesar să se cunoască cât mai exact posibil care este nivelul real al fiabilității, astfel încât, în funcție de aceasta să se stabilească durata misiunii, perioadele de mentenanță, elementele de siguranță etc.

Considerând caracterul de serie și masă a producției în perspectiva modificării rapide a cerințelor pieței, generate de progresul tehnic, se poate constata că nu este necesară (și nici posibilă de altfel) atingerea nivelului de fiabilitate maxim, dar este necesară și esențială exercitarea unui control riguros asupra nivelului de fiabilitate și deplasarea lui către o valoare optimă. Nivelul optim al fiabilității poate fi stabilit prin diverse criterii, dintre care cel economic este cel mai adesea utilizat.

În cele precizate mai sus s-a luat în considerare analiza fiabilității sistemului până la prima defectare, dar tot factorul economic ne determină să luăm în considerare capacitatea intervențiilor ulterioare de a se opune degradării sistemului, prin recondiționarea totală sau parțială a acestuia prin acțiunea de mentenanță.

Specialiștii apreciază că la sfârșitul anilor ' 70 s-a produs o mini-revoluție în industrie. Până atunci, se considera că era suficientă întreținerea echipamentelor industriale în așa fel încât acestea să producă la capacitatea lor maximă. Implementarea unui serviciu de mentenanță a condus la posibilitatea de a anticipa, de a prevedea defecțiunile și de a planifica intervențiile care vor permite evitarea acestora. Se trece astfel de la întreținere la mentenanță, sub presiunea unor factori cum sunt: complexitatea și automatizarea crescândă

a utilajelor, integrarea și progresul constant al tehnologiilor, fiabilitatea crescândă a sistemelor, costul din ce în ce mai ridicat al investițiilor, precum și exigența clienților în materie de siguranță în funcționarea utilajelor; argumente pentru ca mentenanța să posedă metode specifice și instrumente din ce în ce mai sofisticate.

De regulă, de la un anumit grad de complexitate în sus, unele sisteme sunt înzestrate cu posibilități de mentenanță, astfel încât eficiența lor în exploatare va fi determinată atât de caracteristicile lor întrinseci de fiabilitate, cât și de cele ale intervențiilor exterioare, deci de mentenabilitate. Desigur, există o clasă largă de sisteme la care asemenea intervenții nu sunt practicabile și a căror evoluție sfârșește odată cu prima defectare; este cazul componentelor și ale sistemelor nementenabile.

Datorită faptului că, în multe cazuri, fiabilitatea reflectă comportarea sistemului până la prima defectare, s-a impus introducerea conceptului de disponibilitate, noțiune care are o conotație mai pregnantă privind capacitatea globală și eficiența sistemului.

Mentenabilitatea sistemului este funcție atât de sistemul ca atare, în măsura în care arhitectura acestuia facilitează activitățile de diagnoză tehnică și depanare, cât și de modul de organizare a mentenanței sistemului: aprovizionarea cu piese de schimb, volumul și calificarea personalului de mentenanță etc.

Se admite în general că mentenanța aduce sistemul de fiecare dată în starea inițială. Se pune deci problema modelării matematice a influenței pe care o au caracteristicile de mentenabilitate asupra procesului de mentenanță. În această idee, în lucrare s-au utilizat noțiunile de teoria probabilităților, statistică matematică, lanțuri Markov și logica fuzzy creată de L. A. Zadeh (1965) prin care s-a realizat rafinarea metodelor matematice, în așa fel încât ele să devină din ce în ce mai apte pentru a modela structuri tot mai nuanțate.

Modelarea matematică a sistemelor de mentenanță permite atât prevederea resurselor necesare mentenanței sistemelor, stabilirea misiunilor sistemelor și a momentelor de inițializare a acestora, cât și evaluarea duratelor de activitate ale sistemelor în diferite etape calendaristice cu ajutorul disponibilității.

Unul din mijloacele prin care se poate spori eficiența sistemelor în exploatare este planificarea reviziilor tehnice care să asigure mentenanța sistemului înainte de cădere. Momentele planificării acestor revizii, numite și mentenanță profilactică sau preventivă, constituie și o strategie de mentenanță, prin care se elimină complet uzura sistemului, aducându-l în starea sa inițială.

În vederea elaborării lucrării am studiat activitatea de mentenanță la S.C. „INFRAȚIREA” S.A. Oradea, unitate specializată în mentenanța mașinilor-unelte, dar și în

producția de mașini de frezat, datorită faptului că din prima activitate „nu se poate trăi”, cum susțin economiștii unității. Deasemeni au fost studiate programele de mentenanță la S.C. „STIMIN” S.A.; S.C. „METALICA”, unitate profilată pe producția de mașini de gătit cu gaz lichefiat și centrale termice de apartament, iar în domeniul industriei ușoare la S.C. „EUROCONSTIL” S.R.L. din Marghita profilată pe producția de confecții încălțăminte.

La fiecare dintre unitățile amintite au fost studiate programele de mentenanță, structura și nivelul costurilor acestei activități, precum și efectele sale economice.

Prezenta teză, structurată pe nouă capitole, își propune să aducă contribuții la organizarea activității de mentenanță pe principii economice, fundamentându-și demersul teoretic pe o bogată literatură de specialitate, iar cel de ordin practic pe cercetarea realizată la cele patru unități amintite, aspectul econcrete fiind prezentate sub forma studiilor de caz în ultimul capitol.

Pentru tot sprijinul acordat în definitivarea pregătirii mele în vederea susținerii doctoratului, pentru competența și generoasa îndrumare științifică acordată, pentru răbdarea și subtilul său tact pedagogic, aduc respectuoase mulțumiri domnului prof. univ. dr. ing. Constantin Dumitrescu. Totodată adresez mulțumirile mele personalului de la Catedra de Management a Facultății de Management în Producție și Transporturi din Timișoara, precum și specialiștilor de la unitățile economice amintite.

Autorul

Capitolul 1

IMPORTANȚA ȘI EVOLUȚIA MENTENANȚEI ÎN CADRUL UNITĂȚILOR INDUSTRIALE

1.1 Importanța, locul și rolul activității de mentenanță în cadrul unităților industriale

Caracterul complex al activității de producție industrială și creșterea considerabilă a valorii noilor echipamente, au condus la noi cercetări în domeniul întreținerii și reparării utilajelor. Încă din anii 1970-1975, în multe țări s-a ajuns la concluzia că unele denumiri referitoare la lucrările specifice de întreținere, reparare și execuție a pieselor de schimb, în vederea menținerii parametrilor tehnico-funcționali ai utilajelor, nu mai corespund. Astfel a apărut un nou domeniu de abordare științifică denumit mentenanță.

. Timpul mediu de funcționare a utilajelor între defecțiuni, durata și calitatea operațiilor de întreținere și reparații constituie elemente critice pentru timpul disponibil al utilajelor și pentru rentabilitatea întreprinderii. Activitatea de întreținere și reparații trebuie privită ca o investiție în viitor.

Conștiente de creșterea costurilor datorită neglijării întreținerii, în ultimele decenii, în multe țări cu economie de piață s-au elaborat studii privind rolul pe care trebuie să-l aibă întreținerea și repararea utilajelor. Astfel, în S.U.A. lucrările de specialitate privind dezvoltarea industrială și ingineria, au abordat practicile de întreținere, publicându-se date utile și recomandări. În Anglia, cercetările întreprinse au evidențiat deficiențele în întreținere și sursele potențiale de creștere a productivității muncii pe seama întreținerii. În Japonia s-au efectuat studii prin care s-a scos în evidență impactul activității de întreținere și reparații asupra siguranței în funcționarea sistemelor de producție și asupra calității produselor.

Modificarea în ultimii ani a rolului și importanței activității de mentenanță a fost determinată de următorii factori:

a) Creșterea considerabilă a valorii noilor echipamente achiziționate, datorită perfecționării lor constructive și funcționale;

b) Sporirea complexității echipamentelor prin creșterea gradului de mecanizare și automatizare a proceselor;

c) Pierderile din ce în ce mai mari provocate în cazul avarierii echipamentelor sau staționării lor în reparații;

d) Creșterea continuă a cheltuielilor de mentenanță și sporirea ponderii lor în costul produselor;

e) Creșterea numărului și a ponderii personalului ocupat în activitatea de mentenanță.

Organizarea pe principii economice a lucrărilor de întreținere și reparații reprezintă un important obiectiv, deoarece pentru aceste lucrări se consumă cantități importate de materiale, manoperă și se cheltuiesc importante mijloace bănești. Un sistem bine organizat și corect aplicat aduce importante avantaje economice, prin reducerea staționării utilajelor și a pierderilor de producție, cu implicații în obținerea de produse cu costuri mai mici. În legătură cu acest aspect se ivesc două probleme distincte, dar care depind una de cealaltă:

1. Factorii care determină creșterea eficienței activității compartimentului de mentenanță.

2. Creșterea eficienței unității industriale printr-o mai bună mentenanță a echipamentelor.

Rezolvarea primei probleme revine managerului compartimentului de mentenanță (elaborarea de programe de mentenanță specifice fiecărui utilaj în parte, efectuarea de instruirii pentru operatorii de mentenanță, în vederea diminuării timpilor de diagnosticare a defectelor), iar a doua ține de responsabilitatea managerului unității, care trebuie să antreneze și să coordoneze diferiții factori existenți, între care compartimentul de mentenanță este factorul principal. Colaborarea dintre aceste compartimente (producția, compartimentul tehnic, aprovizionarea, C.T.C., personalul, contabilitatea, mentenanța etc.) va deveni eficientă, în măsura în care:

- sunt eliminate barierele care pot exista între diferitele compartimente cu atribuții de mentenanță și între diferiți specialiști din cadrul compartimentului de mentenanță;
- există un sistem informațional care poate fi utilizat de toate compartimentele cu atribuții de mentenanță, fapt esențial deoarece informația reprezintă un factor de bază în luarea deciziilor de management.

Organizarea și realizarea întreținerii pe principii economice, efectuarea reparațiilor în timp scurt și de calitate, aplicarea celor mai eficiente soluții de recondiționare a pieselor uzate în vederea folosirii lor, pot genera un „conflict” între compartimentul de mentenanță și cel

financiar, cât și cu cel de producție. Există uneori tendința diminuării resurselor financiare destinate activităților de mentenanță preventivă. În realitate efectul acestei politici nu este cel scontat, înregistrându-se o creștere a costurilor cu mentenanța corectivă, ca urmare a creșterii frecvenței căderilor (defecțiunilor) accidentale. În același timp creșterea numărului și a valorii lucrărilor de mentenanță corectivă va determina o reducere a resurselor disponibile în viitor pentru mentenanța preventivă, unitatea industrială intrând într-un cerc vicios din care greu va putea ieși. Pentru concilierea celor două puncte de vedere, care nu sunt opuse decât în aparență, trebuie situată activitatea de mentenanță a echipamentelor la locul care-i revine în cadrul unității industriale și bine definite responsabilitățile fiecăruia. În același timp, organizarea activității de mentenanță trebuie realizată de o manieră care să permită rezolvarea tuturor problemelor specifice mentenanței, de maniera cea mai eficient posibilă (criteriile economice vor trebui să devină prioritare, în cele mai multe cazuri).

În industria din țara noastră, aflată în condiții de criză datorită tranziției spre economia de piață, cu toate dificultățile ivite, se consideră că dezvoltarea mai accelerată a sectorului privat și încheierea procesului de restructurare a industriei românești vor determina și reconsidera locul și rolul activității de mentenanță, dintr-o activitate auxiliară, ea devenind un puternic suport logistic și tehnic, având un efect pozitiv asupra eficienței de ansamblu a întreprinderii.

1.2 Istoricul, definirea, evoluția și obiectivele mentenanței

Conceptul de „mentenanță” în industrie a apărut în S.U.A. în anii 1950, iar ulterior el a pătruns treptat și în Europa Occidentală unde s-a suprapus celui de „întreținere” și „reparații”. Cei doi termeni au un conținut asemănător, dar nu se identifică, deoarece așa cum arată V. Deac în „Managementul mentenanței industriale” [D.04]:

- a „întreține” înseamnă a repara un utilaj pentru a asigura continuitatea producției;
- „mentenanța” implică alegerea mijloacelor de prevenire, de corectare sau de renovare urmărind uzura utilajului și eficiența sa economică pentru optimizarea costurilor.

Conceptul de mentenanță are o sferă mai cuprinzătoare decât cel de întreținere, în țările occidentale cea mai mare parte a compartimentelor de întreținere și reparații sunt în mutație către mentenanță, datorită următoarelor argumente:

- nivelul ridicat de automatizare a echipamentelor de producție și complexitatea lor implică un nivel de competență sporită pentru efectuarea intervențiilor în vederea eliminării defectelor;

- costul de achiziționare se plasează pe o curbă ascendentă;

□ costurile de producție sunt influențate de timpul de indisponibilitate a echipamentelor, care devine din ce în ce mai critic, în special în unitățile industriale cu proces de producție continuu.

Evoluția de la întreținere la mentenanță este determinată de următorii factori:

- resursele financiare sporite destinate achiziționării echipamentelor cu productivitate ridicată;

- mentenanța este preferabilă întreținerii în condițiile unui parc omogen de utilaje;

- mentenanța este indispensabilă în situațiile în care defectările accidentale pot produce accidente de muncă sau pun în pericol viața operatorilor din producție;

- imperativul protecției și conservării mediului datorită faptului că anumite defectări pot fi însoțite de emanații de noxe, gaze etc. care pun în pericol sănătatea operatorilor:

- aplicată cu consecvență, pe termen lung mentenanța conduce la diminuarea costurilor de producție.

Locul pe care-l ocupă compartimentul de mentenanță în cadrul organizării structurale a întreprinderilor industriale diferă în funcție de existența criteriilor de mai sus, astfel:

□ poziții fundamentale — pentru centrale nucleare, aparatele de zbor etc;

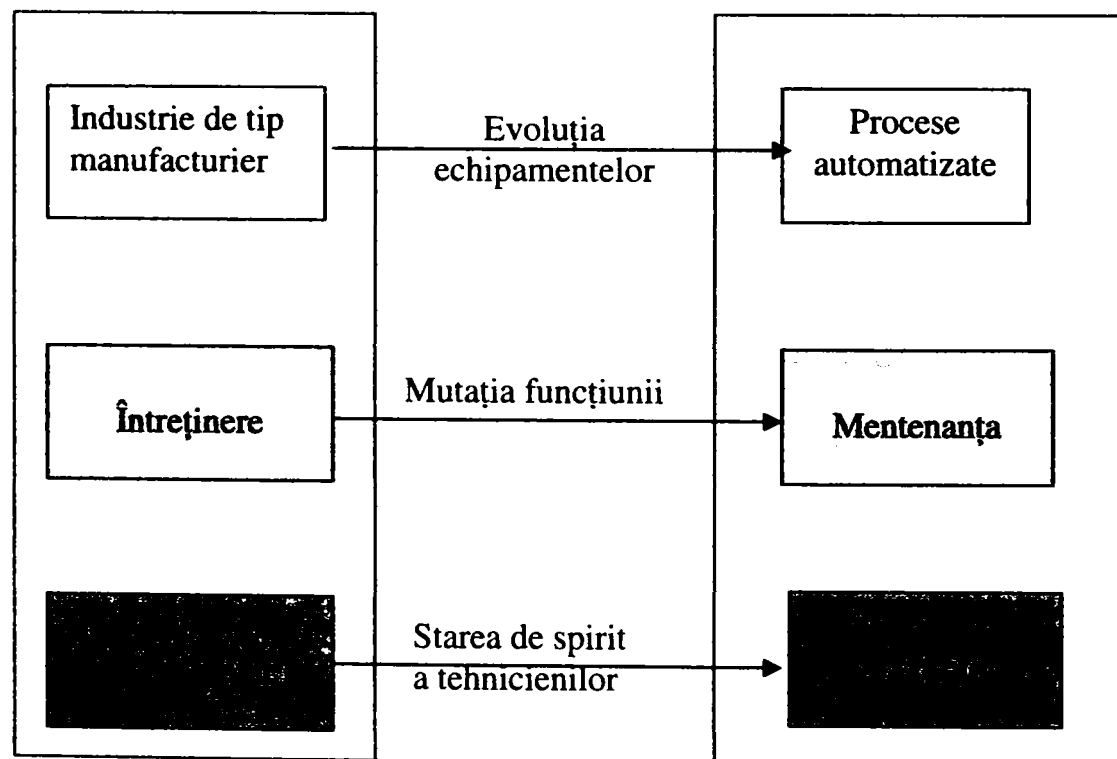


Fig.1.1 Evoluția mentenanței [D.04]

□ poziții importante — pentru unitățile industriale cu procese continue (metalurgie, chimie, termocentrale etc.);

□ poziții secundare — pentru întreprinderile cu costuri reduse ale opririi utilajelor. Mutația întreținerii către a mentenanță este prezentată în figura 1.1.

Analizând evoluția mentenanței constatăm că aceasta nu se limitează doar la dezvoltarea conținutului său, ci se referă și la modernizarea concepțiilor privind fiabilitatea și mentenabilitatea echipamentelor. În contractele privind achiziționarea utilajelor industriale sunt prevăzute clauze privind fiabilitatea și respectarea programului de mentenanță pentru asigurarea disponibilității.

Dicționarul Larousse definește *întreținerea* ca fiind „acțiunea de păstrare a unui lucru în bună stare de funcționare”, iar *mentenanța* „ansamblul a tot ceea ce permite menținerea sau restabilirea unui sistem sau a unei părți a acestuia în stare de funcționare”.

Analizând definițiile de mai sus desprindem următoarele concluzii:

- „întreținerea” are un pronunțat caracter manual și este orientată către activități fizice de reparații și alte activități brute;

- „mentenanța” are un caracter mai cuprinzător, în sensul că ea include alături de reparații și analiza de diagnostic, întocmirea evidențelor privind starea echipamentelor, necesarul de piese de schimb, calcule de fiabilitate, urmărirea costurilor, măsurători și calcule cu caracter previzional etc.

Tabelul 1.1. Analogia între medicină și mentenanță [D.04]

SĂNĂTATEA OMULUI		„SĂNĂTATEA” MAȘINII	
Cunoașterea omului și cunoașterea bolilor	Nașterea	Punerea în funcțiune	Cunoașterea tehnologiei și a cauzelor căderilor.
Fișă medicală, carnet de sănătate, diagnostic, analize, vizite.	Longevitate	Durabilitate	Istoricul mașinii, dosarul mașinii, diagnostic, expertize, inspecții.
Cunoașterea tratamentelor. Tratamentul curativ	Sănătate bună	Fiabilitate	Depanări, revizii, reparații
Operație			Renovare, modernizare
	Moarte	Rebut	
MEDICINĂ		MENTENANȚĂ INDUSTRIALĂ	

Asociația Franceză de Standardizare „AFNOR” definește mentenanța [D.04] drept „ansamblul de acțiuni permițând menținerea sau restabilirea unui echipament într-o stare specificată sau în măsură să asigure un serviciu determinat”.

Definiția cuprinde aspectele esențiale ale activității de mentenanță, dar omite latura preventivă și componenta economică legată de costuri.

Specialistul francez Francois Monchy [M.17], realizând o analogie între sănătatea umană și „sănătatea” mașinii, definește mentenanța drept „medicina mașinilor”, această comparație fiind prezentată în tabelul 1.1

- ↘ O definiție acceptată de majoritatea specialiștilor este următoarea:

Mentenanța industrială reprezintă un ansamblu de măsuri și acțiuni permițând prevenirea, buna menținere sau restabilirea unui echipament într-o stare prevăzută sau în măsură să asigure un serviciu determinat în condițiile minimizării costurilor de mentenanță.

- Din sfera de cuprindere a acestei definiții se desprind următoarele concluzii:
 - *a restabili* are aici sensul de „corectare”, impusă de schimbarea valorii inițiale ale parametrilor de funcționare a echipamentului;
 - *stare prevăzută* sau *serviciul determinat* implică predeterminarea parametrilor de funcționare sau a serviciului de atins, cu cuantificarea nivelurilor caracteristice;
 - *a minimize costurile de mentenanță* reflectă aspectul economic al activității;
 - *prevenirea* — ansamblu de operații prin care este evitată starea de indisponibilitate a echipamentului;
 - *buna menținere într-o stare prevăzută* constă în punerea în aplicare a unor metode, proceduri, demersuri și acțiuni care să contribuie la progresul mentenanței în cele patru direcții prioritare, reprezentate în figura 1.2

Funcțiunea de mentenanță a evoluat în cadrul unităților industriale, fiind supusă unui continuu proces de rafinare, ținând seama de compromisul ce trebuia realizat între nevoi și exigențe, din punct de vedere tehnic, economic și uman.

Sub aspect istoric, până în perioada anilor 1960, activitatea de mentenanță a rămas sinonimă cu cea de reparare, aducându-se îmbunătățiri echipamentelor ori de câte ori era posibil. Se aplica mentenanța sistematică numai în cazul echipamentelor cu incidență asupra securității umane, efectuându-se opriri ale acestora pentru simplul motiv de a analiza nivelul de uzură, ea fiind complet abandonată în cazurile în care securitatea persoanelor nu era pusă în joc.

În evoluția sa, noțiunea de mentenanță industrială a cunoscut în perioada 1960-1970 o îmbogățire cu următoarele concepții noi:

- a apărut *mentenanța de diagnostic*, prin utilizarea tehnicilor de control nedistructiv pentru controlul vibrațiilor, analiza fluidelor, a apărut tehnica supravegherii etc., care a condus mai târziu la *mentenanța condițională*;

- s-au extins și aprofundat cercetările privind *teoria fiabilității* și a modului de prelucrare a datelor experimentale referitoare la relațiile dintre solicitare, defectare și durată;

- s-a perfecționat modul de evaluare a riscului și a probabilității apariției defectărilor, a efectelor economice ale scăderii cantității sau calității produselor, inclusiv costurile ascunse ale activității de mentenanță, oglindite în noțiunea de *cost al căderii*.

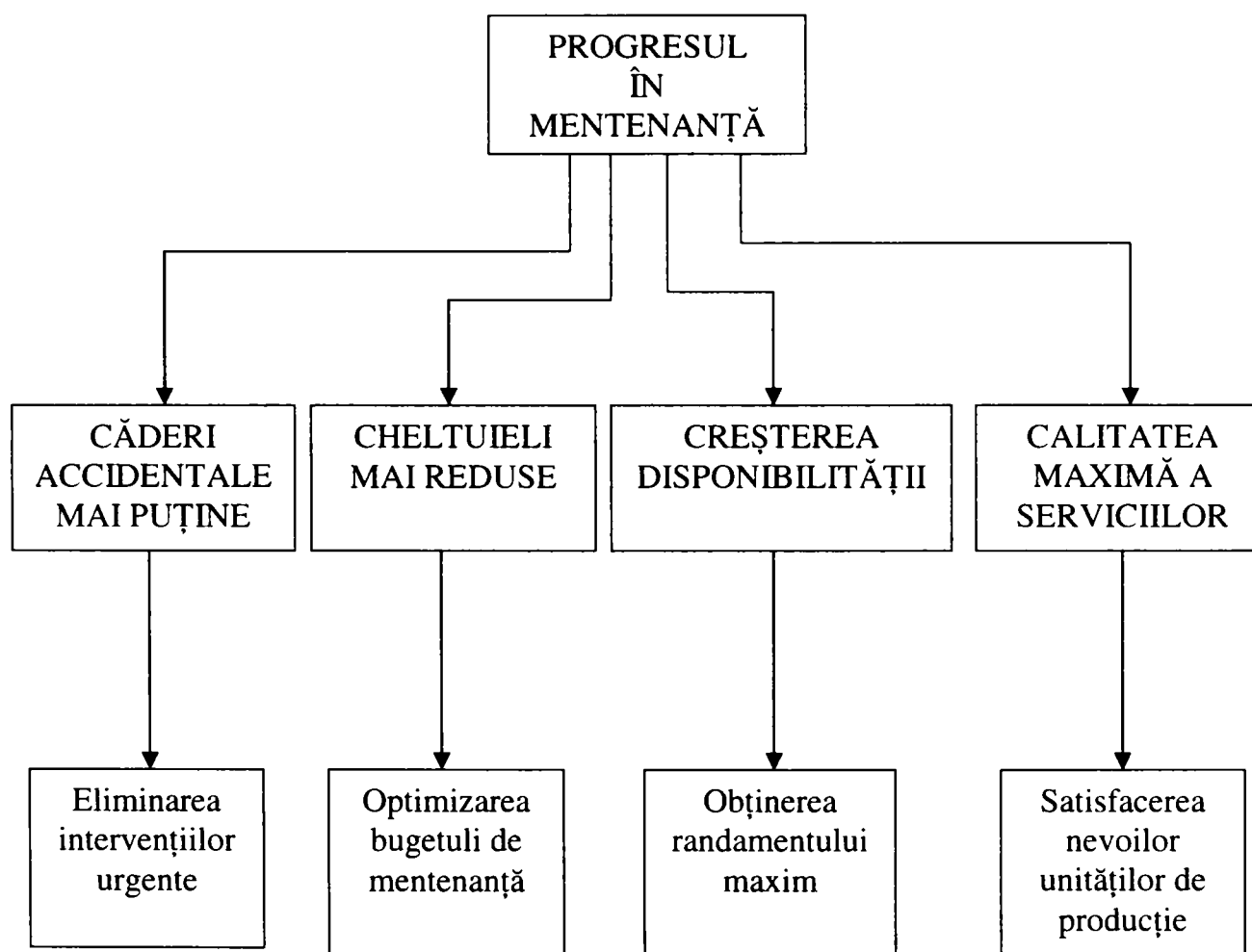


Fig. 1.2 Progresul în mentenanță [D.04]

În domeniul mentenanței industriale au apărut după 1970 două concepții noi:

➤ În vederea minimizării costurilor de mentenanță, în S.U.A. a fost pus în aplicare conceptul de **cost al ciclului de viață** (**Life Cycle Cost – L.C.C.**), care constă în evidențierea

678.346
366E

tuturor costurilor legate de procesele de cercetare, proiectare, fabricație, exploatare și mentenanță pe întreaga durată de viață a unui utilaj.

➤ Spre deosebire de LCC, care exprimă o abordare economică a mentenanței, în Japonia a fost pus în aplicare conceptul de **mentenanță productivă totală (Total Productive Maintenance – T.P.M.)**, care reprezintă o abordare comportamentală a mentenanței. Acest concept are ca obiectiv obținerea unui randament maxim pentru utilaje, prin implicarea tuturor compartimentelor în activitatea de mentenanță, precum și prin creșterea autonomiei de acțiune a angajaților.

Factorii care determină modul de abordare a evoluției activității de mentenanță în cadrul întreprinderilor industriale sunt următorii:

- 1) factori tehnologici;
- 2) factori economici;
- 3) factori care țin de comportamentul uman.

1). Factorii tehnologici. Asigurarea dinamismului dezvoltării întreprinderilor industriale, a necesitat ca o cerință de bază introducerea progresului tehnic în toate domeniile de activitate ale acestora. Creșterea competitivității întreprinderilor industriale nu putea fi asigurată decât pe baza cercetării științifice și a dezvoltării tehnologice. Ridicarea nivelului tehnic și calitativ al activității întreprinderilor industriale s-a realizat prin introducerea unor noi tehnologii, bazate pe dezvoltările recente în informatică și microelectronică. Electronica și informatica au pătruns în atelierele și secțiile de producție: mașinile sunt dotate cu comandă numerică, roboții industriali s-au extins, atelierele flexibile de fabricație se dezvoltă, automatizarea este prezentă peste tot. Sunt tot mai numeroase întreprinderile în care linia de montaj este programată de către calculator folosind arhiva de programe a sectorului de producție, realizându-se astfel fabricația asistată de calculator.

Datorită progreselor înregistrate în tehnologia componentelor, subansamblele electromecanice necesită mai puține intervenții pentru întreținere și depanare, datorită fiabilității crescute a circuitelor electronice. Totodată, căderile acestor echipamente pot fi prevenite prin noile tehnici de detectare a defectelor (analiza sonică, analiza vibrațiilor etc.).

Aparatura electronică modernă permite utilizarea tehnicii supravegherii noilor echipamente și aplicarea mentenanței condiționate, în care:

□ se impune elaborarea și respectarea cu strictețe a programului de inspecție pentru verificarea respectării normelor de exploatare, controlul stării tehnice a echipamentelor, care sunt din ce în ce mai complexe;

□ operațiile de diagnoză privind starea tehnică a echipamentului trebuie executate cât mai precis.

2.) Factorii economici. Importanța activității de mentenanță este determinată de influențele majore pe care le are asupra celor mai importanți indicatori economici ce caracterizează activitatea unei întreprinderi industriale, asupra rentabilității ei. Mărimea cheltuielilor necesitate de activitatea de întreținere și reparații a utilajului este influențată de doi factori: numărul reparațiilor efectuate și volumul lucrărilor de întreținere profilactică în timpul exploatării. Pentru a se obține reducerea de ansamblu a cheltuielilor cu întreținerea și reparația utilajului, trebuie să se acționeze asupra celor doi factori.

Pentru reducerea costului activităților de întreținere și reparații pot fi utilizate următoarele căi:

- 1) centralizarea și specializarea lucrărilor de reparații;
- 2) perfecționarea metodelor și formelor de reparații, folosirea unor tehnologii avansate;
- 3) programarea lucrărilor de întreținere și reparații astfel încât să se reducă durata de staționare a utilajului;
- 4) asigurarea reparațiilor cu piese de schimb printr-o fabricație centralizată, care să permită reducerea costului acestora;
- 5) stabilirea numărului optim de operatori de mentenanță pentru reducerea consumului de forță de muncă;
- 6) reducerea consumului de materiale folosite pentru reparații;
- 7) perfecționarea constructivă a utilajelor pentru a face mai ușoară și operativă detectarea defectelor, înlăturarea lor, controlul stării tehnice în exploatare.

Reducerea cheltuielilor de întreținere și reparații necesită lichidarea executării reparațiilor de slabă calitate, deoarece calitatea inferioară conduce la creșterea volumului lucrărilor de mentenanță. Calitatea inferioară a reparațiilor se poate datora controlului tehnic necorespunzător, cât și slabei înzestrări a unității de reparații cu mașini și S.D.V.-uri necesare executării unor reparații de calitate.

Un factor prin care se realizează creșterea eficienței economice, constă în apariția și dezvoltarea *societăților de mentenanță*, capabile să execute numeroase activități în locul compartimentelor tradiționale de mentenanță din cadrul unităților industriale.

Odată cu dezvoltarea serviciilor mentenanța este orientată spre servicii. Prin aceasta se asigură două deziderate esențiale:

— Beneficiarul (utilizatorul procesului de mentenanță) nu este nevoit să țină în „stand by” echipe de specialiști, ca urmare are loc o diminuare a costurilor cu întreținerea, concomitent cu o creștere a nivelului calității proceselor de mentenanță, ele fiind efectuate de specialiști.

— Se pot constitui formații specializate pentru efectuarea de operații de mentenanță care să acționeze atât în întreprinderea proprie cât și în alte întreprinderi.

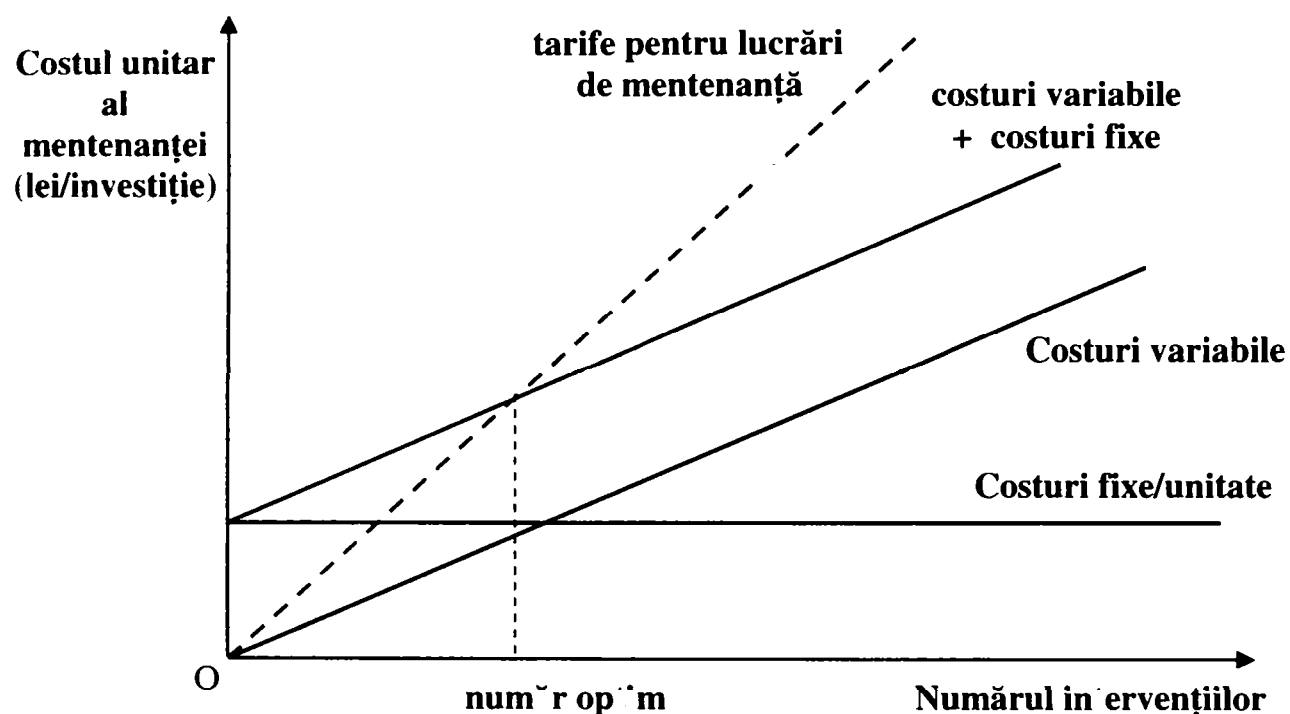


Fig.1.3 Determinarea numărului optim de intervenții

Efectuarea lucrărilor de mentenanță prin întreprinderi specializate reprezintă una din mutațiile fundamentale care se înregistrează în activitatea de mentenanță industrială. Acestea sunt mai suple, flexibile, capabile să se adapteze noilor cerințe, ele pot asigura periodic prestații de specialitate pentru care nu se justifică, din punct de vedere economic, menținerea în cadrul compartimentelor tradiționale de mentenanță de noi capacități de mentenanță.

3.) Factorii comportamentali.

Un factor important în asigurarea eficienței activității de întreținere și reparații îl reprezintă personalul de mentenanță și cel de exploatare, precum și natura relațiilor existente între aceștia. În planul relațiilor umane, organizarea activității de mentenanță implică întocmirea previziunilor privind necesarul de forță de muncă pe nivele de calificare, selecția resurselor, definirea clară a posturilor de lucru și evaluarea corectă a rezultatelor activității, alcătuirea unui program de pregătire profesională, aplicarea unor metode participative,

stimularea angajării voluntare a operatorilor de producție la activitățile de mentenanță, îmbunătățirea condițiilor de muncă etc.

Se constată că toți cei trei factori de influență se regăsesc sau se vor regăsi în toate unitățile industriale și, în consecință, funcțiunea de mentenanță va dobândi o nouă dimensiune caracterizată prin:

1.) Un transfer de sarcini către producție și către întreprinderi specializate de mentenanță. Politica optimă de mentenanță adoptată într-o întreprindere urmărește stabilirea ansamblului de măsuri care trebuie adoptate pentru asigurarea funcționării parcului de utilaje din dotare în condiții optime, pe baza unor criterii de natură tehnică și economică fixate, din rândul cărora cele mai importante sunt siguranța în funcționare și cheltuieli minime de întreținere și reparare.

Aceste obiective pot fi realizate prin transferarea către personalul de producție a unor activități de mentenanță de nivelul I între care: curățirea utilajului și a zonei de lucru, păstrarea ordinii la locul de muncă, lubrifierea, reglarea unor parametri de funcționare, verificarea nivelului fluidelor, a tensiunii de strângere a diferitelor componente, a întinderii curelelor de transmisie, alertă asupra disfuncționalităților necesar a fi rezolvate de specialiști etc. Aceste activități, care prin tradiție reveneau operatorilor de mentenanță, nu necesită o îndemânare și o pregătire specifică deosebită, motiv pentru care, în condiții de motivare corespunzătoare, pot fi transferate operatorilor de producție.

Lucrările complexe de mentenanță vor fi executate de firme specializate care dispun de dotare cu S,D,V. –uri, echipament de control și tehnologic performant de mentenanță, precum și de personal specializat. Unitățile de reparații specializate pe modele sau tipuri de utilaje execută orice fel de reparații, dar numai pentru anumite tipuri de utilaje, cum sunt: strunguri, freze, mașini de găurit etc. Personalul unităților specializate cunosc mai bine utilajul de reparat, particularitățile specifice reparației, cauzele defectărilor și are posibilitatea lichidării defectelor în timp scurt.

Adoptarea acestei politici de mentenanță va conduce la reducerea treptată a personalului de execuție a lucrărilor de mentenanță din cadrul întreprinderilor de producție.

2.) Atribuirea de noi sarcini compartimentului de mentenanță.

Cooperarea cu unitățile specializate și transferul unor activități de mentenanță către personalul de producție conduc la o reducere limitată a personalului de mentenanță, dar nu și la desființarea acestui compartiment.

Sarcinile compartimentului de mentenanță vor fi orientate pe următoarele direcții principale:

a) formarea unor echipe mixte alcătuite din personal de producție și de mentenanță cu atribuții de prevedere și consultanță pentru situațiile mai dificile;

b) selectarea unităților specializate pentru cooperare după criteriul economic și cel al calității, contractarea intervențiilor;

c) culegerea, sistematizarea și valorificarea informațiilor privitoare la comportamentul echipamentelor în exploatare în vederea îmbunătățirii programelor de mentenanță, reducerea consumurilor de materiale, optimizarea stocurilor de piese de schimb, stabilirea momentului optim de înlocuire a utilajelor.

Aceste activități pot fi realizate de un compartiment de mentenanță cu efectiv redus, dar cu un ridicat nivel de competență profesională, alcătuit din:

- **experți:** personal cu o pregătire polivalentă format din ingineri și tehnicieni capabili să contribuie la efortul compartimentului, să acorde asistență tehnică de specialitate echipelor de producție și să evalueze calitatea lucrărilor executate de terți;

- **agenți de metode** a căror atribuții sunt: stabilirea și urmărirea programelor de mentenanță, întocmirea caietelor de sarcini ale mentenanței, analiza informațiilor din istoricul echipamentelor etc.

Având în vedere cele prezentate anterior, evoluția funcțiunii de mentenanță industrială este prezentată în fig.1.4.

Întreprinderile industriale, ca orice agent economic, prin intermediul echipelor manageriale sunt orientate spre asigurarea rentabilității prin: menținerea potențialului de producție, exploatarea eficientă a infrastructurii tehnice, creșterea economică, securitatea persoanelor și a bunurilor, protecția mediului ambiant etc.

Realizarea acestui obiectiv esențial poate fi asigurată numai printr-o bună organizare a activității de mentenanță, a cărei management (fig. 1.5) cuprinde:

- a) obiectivele generale urmărite;
- b) restricții de respectat și, în particular, reglementări relative la securitate;
- c) variabile de acțiune disponibile pentru atingerea obiectivelor; metode și mijloace de mentenanță;
- d) variabile de evaluare și control.

Obiectivele generale ale mentenanței orientează întreaga activitate a unității pe o perioadă mai lungă, în funcție de nivelul de dezvoltare la care a ajuns unitatea, și pot fi:

- *Obiective relative la securitate.* Odată cu ridicarea nivelului tehnic și de complexitate al echipamentelor, precum și cu creșterea implicațiilor economice ale utilizării lor, o anumită caracteristică calitativă cum este fiabilitatea, dobândește o importanță

deosebită, fiind urmărită cu prioritate în întregul său ciclu de viață. Aceste obiective pot fi cuantificate printr-un coeficient de fiabilitate ridicată a echipamentelor susceptibile la *căderi critice*.

- *Obiective de disponibilitate*. Disponibilitatea echipamentului este afectată de două probabilități:

- pe de o parte, probabilitatea funcționării fără căderi pe o anumită durată;
- pe de altă parte, probabilitatea căderii și restabilirii capacității de bună funcționare, în decursul unui interval de timp.

Obiectivele se referă la echipamentele cheie, cât și la ansamblul întreprinderii.

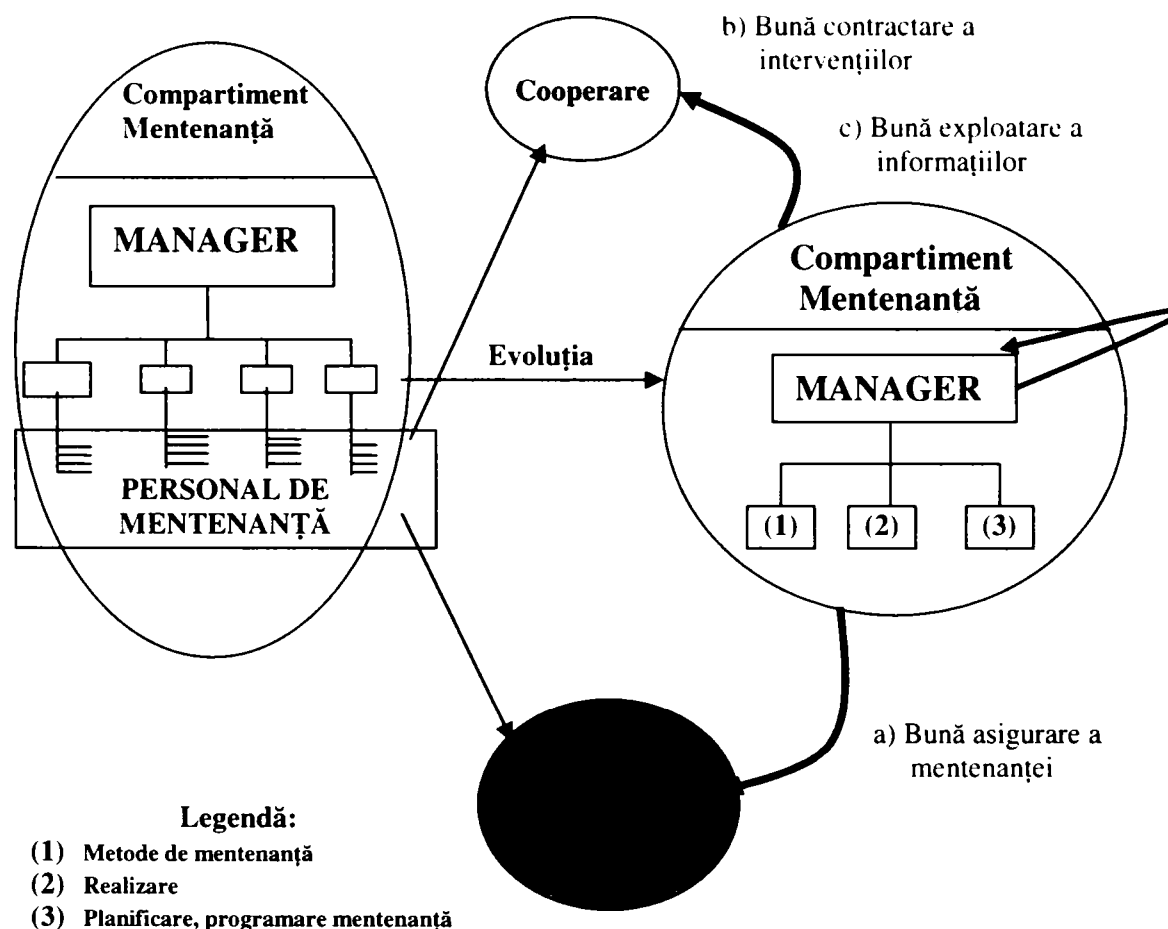


Fig.1.4 Evoluția funcțiunii de mentenanță [D.04]

- *Obiective vizând un anumit buget de mentenanță* prin care se urmărește alocarea unui anumit buget și chiar autonomia financiară a acestui compartiment, precum și responsabilizarea managerilor în justificarea tuturor cheltuielilor de mentenanță. Deasemeni obiectivele vizează reducerea costurilor de mentenanță, a costurilor non-eficacității echipamentelor, gestiunea pe termen lung a echipamentelor. O problemă de decizie economică de prim ordin constă în stabilirea momentului optim de înlocuire a utilajelor, având în vedere faptul că în condițiile creșterii gradului de uzură cresc și cheltuielile pentru

efectuarea reparațiilor: înlocuirea cu utilaje noi, cu randamente sporite este însoțită de costuri de întreținere mai reduse.

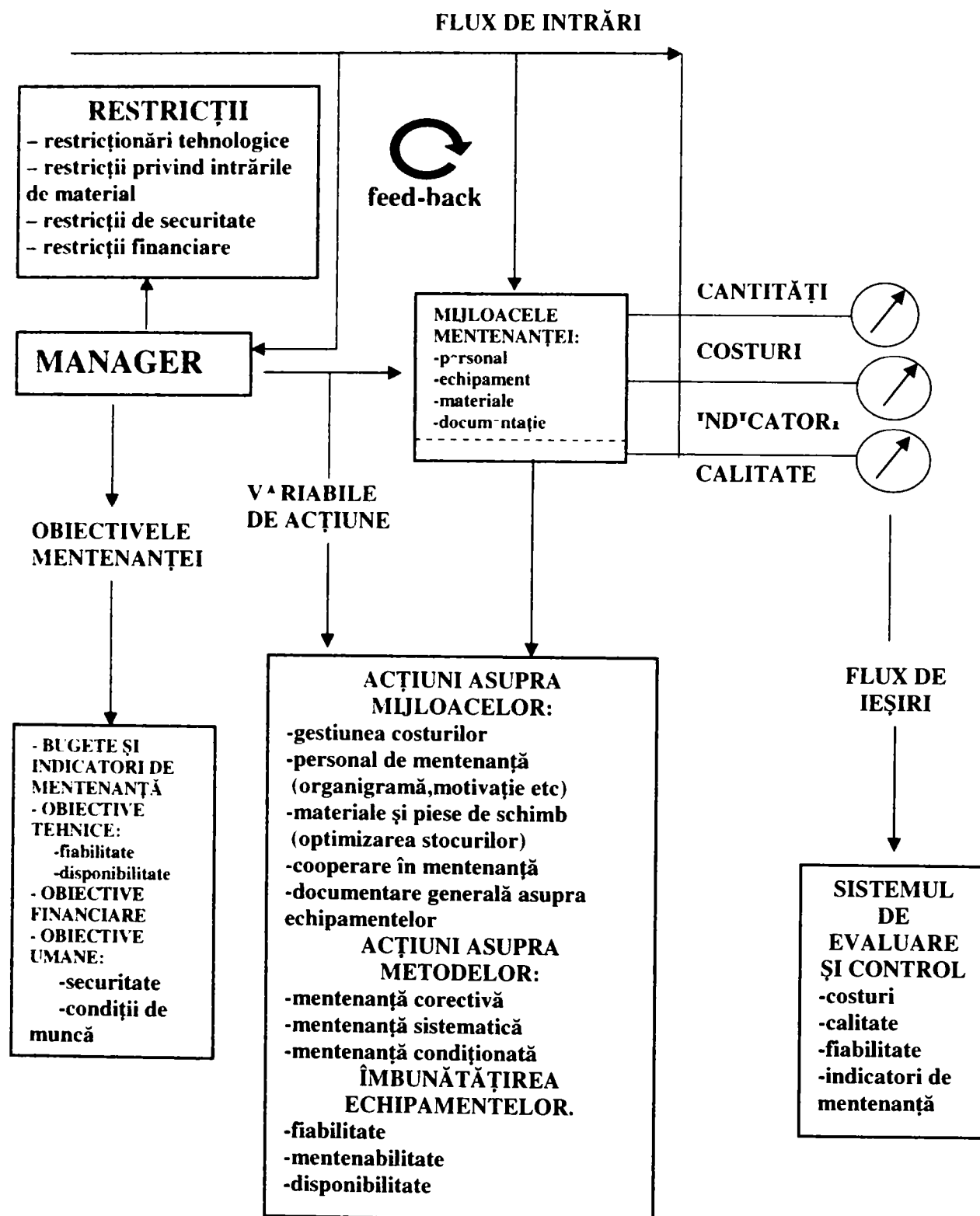


Fig. 1.5 Analiza sistemică a managementului mentenanței

Deasemeni pot fi stabilite și obiective pe termen lung ale gestiunii și mentenanței echipamentelor. Creșterea disponibilității liniei tehnologice se poate realiza pe mai multe căi: menținerea în funcțiune a echipamentelor efectuând activități de mentenanță, dar cu costuri de

mentenanță și costuri ale non-eficacității crescânde, modernizarea echipamentului, înlocuirea identică, înlocuirea cu un echipament îmbunătățit sau cu unul de tehnologie nouă.

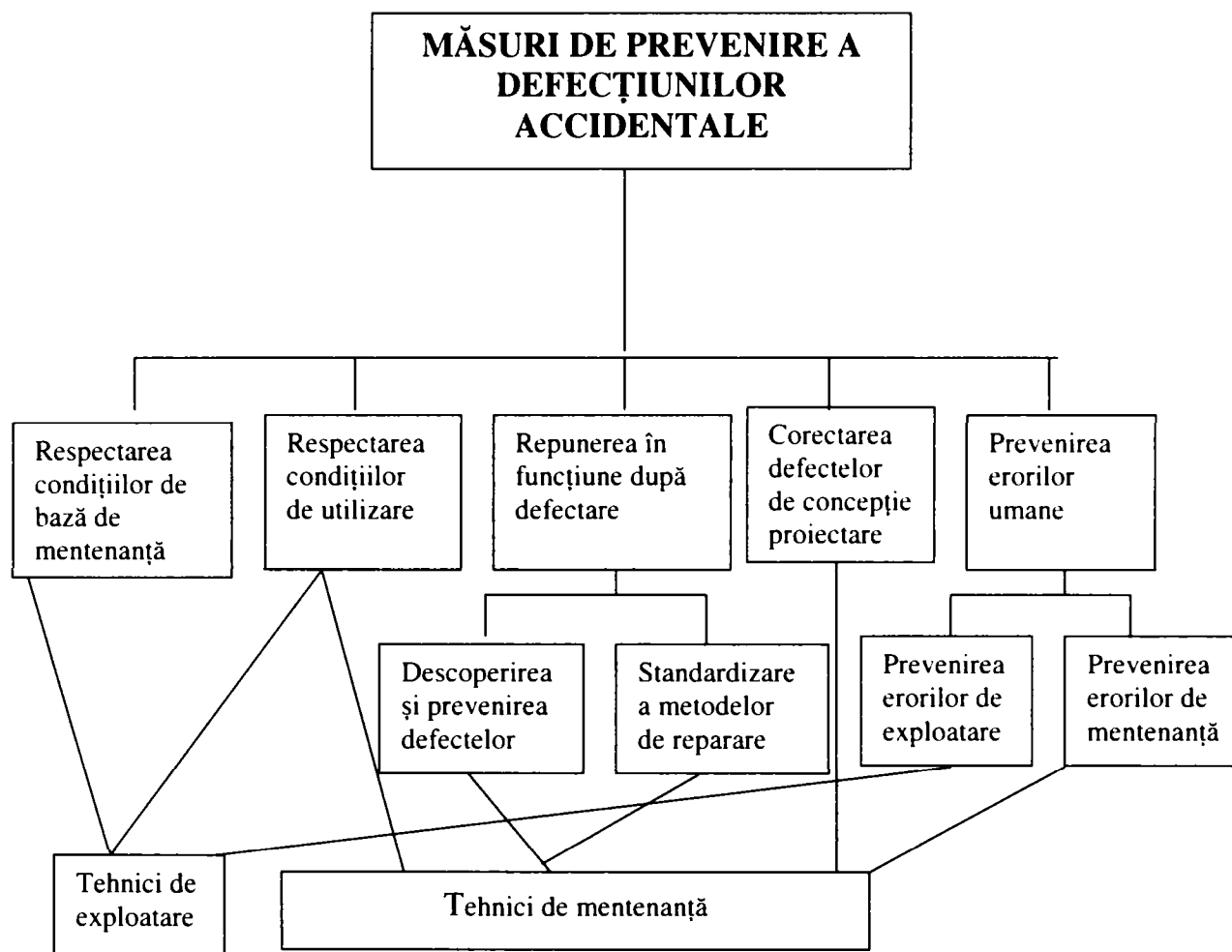


Fig. 1.6 Măsuri de prevenire a defecțiunilor accidentale [D.04]

În cadrul unităților industriale activitatea de mentenanță este implicată în mod direct sau indirect în realizarea celor cinci obiective operaționale de management, denumite **cinci zerouri olimpice**, obiective dificil de realizat, și anume:

- 1) zero căderi accidentale;
- 2) zero defecte;
- 3) zero stoc;
- 4) zero întârzieri;
- 5) zero hârtie.

1) Obiectivul *zero căderi accidentale*, realizarea sa este esențială atunci când este periclitată securitatea personalului sau a mediului înconjurător.

2) Obiectivul *zero defecte*. În organizarea activității de mentenanță a utilajului este esențială efectuarea verificării riguroase a calității lucrărilor în vederea prevenirii defectelor, în special la cele automatizate și robotizate, deoarece calitatea produselor este dependentă de

starea tehnică a utilajelor.

3) Obiectivul *zero stoc*. Unele piese pot să fie folosite pe toată durata de exploatare a utilajului, necesitând doar anumite rectificări, de exemplu batiul mașinilor-unelte, carcusele cutiilor de viteze și de avans etc. Prin activități de mentenanță stocurile pot fi considerabil reduse, în special la echipamentele cu fiabilitate ridicată. Acest obiectiv poate fi realizat în cadrul organizării producției în sistem **just in time**.

4) Obiectivul *zero întârzieri* urmărește reducerea la minim a duratei de indisponibilizare a echipamentelor, printr-o organizare eficientă a activității de mentenanță.

5) Obiectivul *zero hârtie* este realizabil prin aplicarea programelor informatice în domeniul mentenanței.

În timpul exploatării utilajului tehnologic diferitele repere ale lanțului cinematic, ale mecanismelor și instalațiilor auxiliare, sunt supuse unor grade diferite de solicitare și de uzură, în funcție de dimensiunile și natura materialului de prelucrat. Ca urmare a uzurii neuniforme a pieselor componente, acestea au o durată diferită de exploatare, necesitând măsuri diferențiate de întreținere și reparații. Riscul de cădere depinde esențial de fiabilitatea echipamentului. Consecințele căderilor depind de durata lor, legată de posibilitatea repunerii în funcțiune, deci de mentenanță.

În consecință, realizarea obiectivelor generale ale mentenanței depinde de mai mulți parteneri care intervin în stadiul de concepție și proiectare a echipamentelor, utilizare și mentenanță.

S. Nakajima pune în evidență cinci categorii de măsuri pentru prevenirea defecțiunilor accidentale ale echipamentelor, măsuri în care sunt implicați factorii sus-menționați și de care depinde realizarea obiectivelor mentenanței (fig. 1.6).

1.3 Evoluția echipamentelor industriale și incidența asupra mentenanței

În cadrul unităților industriale pierderile de producție datorate defecțiunilor pot fi reduse la minim prin menținerea utilajelor în bună stare de funcționare. Întrucât activitatea de întreținere și reparații implică costuri semnificative, mai ales în cazul căderilor accidentale ale echipamentelor de complexitate tehnică ridicată, activitatea de mentenanță se va dovedi eficientă în următoarele condiții:

1. Îmbunătățirea calificării, instruirii și formării personalului

Normativele de întreținere și reparații cuprind caracteristicile constructive și gradul

de complexitate a lucrărilor de reparații pentru fiecare tip de utilaj, precum și nivelul calificării personalului de mentenanță pentru fiecare operație. În condițiile creșterii continue a complexității utilajelor și a costului căderii acestora, intervențiile pentru lucrările de mentenanță impun un nivel ridicat al calificării personalului. Creșterea nivelului calificării se poate realiza prin cursuri de instruire și alte mijloace de informare.

2. Asocierea specializării cu polivalența

Odată cu creșterea complexității echipamentelor se impune specializarea operatorilor de mentenanță, dar în același timp, pentru efectuarea anumitor lucrări este necesar și personal polivalent. Acest deziderat se poate realiza prin crearea unor echipe polivalente, care să satisfacă cele două exigențe. Proportia între cele două categorii de personal este determinată de gradul de complexitate al utilajelor și de mărimea întreprinderii.

3. A prevedea și a controla

În vederea gestionării eficiente a costurilor de mentenanță este necesară dezvoltarea previziunii în următoarele domenii:

- gestiunea previzională a personalului (numărul de angajați, nivelul de pregătire, cursuri de perfecționare urmate, evoluția carierei, instruire necesare etc);
- estimarea cheltuielilor pentru stabilirea proiectelor de bugete;
- alcătuirea unei documentații tehnice operaționale (baze de date pe tipuri de echipamente, conducerea istoricului echipamentelor, a livretului, scheme logice de depanare etc.) cu scop previzional;
- aplicarea metodei de mentenanță previzională, stabilită pe bază de măsurători și calcule;
- programarea muncii în funcție de mărimea și complexitatea parcului de utilaje, prin stabilirea duratei reparațiilor pe baza normativelor de timp etc;
- gestiunea previzională a pieselor de schimb.

Pentru evaluarea rezultatelor obținute și pentru îmbunătățirea previziunilor este necesară utilizarea următoarelor mijloace de control:

- istoricul echipamentului pentru a urmări și controla comportamentul său;
- analiza costurilor căderilor, pentru orientarea acțiunii asupra punctelor critice ale echipamentelor;
- tabloul de bord pentru controlarea diferitelor aspecte ale mentenanței etc.

4. Mărirea rapidității intervenției.

Nivelul pierderilor de producție depinde de durata indisponibilității utilajelor, iar aceasta este influențată de rapiditatea intervenției, care poate fi mărită acționând asupra:

- funcționalitatea sistemului informațional;
- nivelului de pregătire generală și de specializare a personalului;
- coordonării personalului cu atribuții de mentenanță;
- documentației tehnice, pentru a fi operațională;
- gestiunii stocurilor de materiale și piese de schimb;
- mijloacelor materiale, cum ar fi: mijloace de transport, utilaje de mentenanță etc.

Un obiectiv important al activității de mentenanță îl reprezintă asigurarea securității persoanelor și a utilajelor, precum și protecția mediului înconjurător.

5. Dezvoltarea și facilitarea legăturilor producție-mentenanță și transferarea anumitor operații de mentenanță către producție.

Pentru îndeplinirea atribuțiilor care îi revin, compartimentul de mentenanță intră într-o serie de relații funcționale cu celelalte compartimente. Compartimentul de mentenanță stabilește o relație specială cu compartimentul de producție, în sensul că operațiile de mentenanță de nivelul I pot fi transferate operatorilor de producție, în vederea reducerii timpului de intervenție și a costurilor de mentenanță. În acest sens se va stabili de către o echipă de mentenanță și producție lista operațiunilor de mentenanță de nivel I, care pot fi luate în sarcină de către operatorii de producție sau de exploatare și care nu necesită deplasarea unui operator de mentenanță. Deasemeni operatorul din producție se poate alătura celui de mentenanță pentru a-l sprijini în cazul unor lucrări complexe.

Pentru asigurarea conducerii și supravegherii echipamentelor automatizate și dotate cu sisteme de telesupraveghere și funcționare, este necesară angajarea în producție a unor operatori având un nivel de instruire ridicat. Ei pot să primească, încă de la angajarea lor, o instruire specifică pentru a putea lua în sarcina lor toate operațiile de mentenanță numite de *prim rang* (sau nivelul 1), cuprinzând depanări și mici operații de mentenanță. Preluarea de către personalul de producție a lucrărilor de mentenanță de nivel I este favorizat la utilajele moderne de următorii factori:

- dotarea utilajelor cu sisteme de telesupraveghere a mentenanței, care permit urmărirea și controlul componentelor critice ale unui echipament;
- prezența sistemelor de autodiagnostic care permit vizualizarea punctelor defecte și determinarea cauzelor defectului;
- utilizarea sistemelor expert-informatică care permit asistență tehnică automată pentru detectarea defectului și identificarea cauzelor care l-au generat.

6. Dezvoltarea și facilitarea relațiilor între compartimentul de cercetare – proiectare și compartimentul de mentenanță.

În vederea reducerii volumului lucrărilor de întreținere și reparații din întreprindere și a micșorării pe această bază a cheltuielilor de întreținere și reparații, este necesară perfecționarea colaborării dintre compartimentele de cercetare-proiectare și cel de mentenanță, prin adoptarea următoarelor măsuri:

- achiziționarea pentru producție a unor echipamente ale căror costuri globale să fie cele mai mici posibile, mai ales în întreprinderile în care costurile de mentenanță sunt superioare costurilor operațiilor de prelucrare;
- participarea compartimentului de mentenanță la conceperea și realizarea investițiilor;
- alcătuirea de către compartimentul de cercetare-proiectare a unui program de modernizare, prin îmbunătățirea caracteristicilor tehnice și funcționale ale utilajului luat în ansamblu sau a diferitelor sale componente, care să permită obținerea de performanțe comparabile cu cele ale mașinilor noi;
- alcătuirea bazei de date privind numărul orelor de funcționare, frecvența căderilor și a opririlor, costul intervențiilor de mentenanță, necesarul pieselor de schimb, documentația furnizată de constructorii de echipamente;
- compartimentul de cercetare- proiectare va promova o politică de standardizare a echipamentului;
- în vederea realizării cooperării în mentenanță vor fi elaborate caiete de sarcini de *mentenabilitate și fiabilitate*.

7. Dezvoltarea cooperării în mentenanță.

În funcție de complexitatea lucrărilor, de dotarea cu aparatură de control și mijloace de mentenanță, anumite lucrări care nu pot fi efectuate în compartimentul propriu de mentenanță, se recomandă să fie contractate cu terți. Cooperarea în mentenanță se impune și în cazul în care volumul lucrărilor depășește capacitatea întreprinderii, dacă ea se justifică sub aspect economic. Dezvoltarea cooperării necesită:

- analiza propriilor resurse în vederea stabilirii încă din faza de planificare a activității, care sunt lucrările de mentenanță ce urmează să fie executate prin cooperare;
- alcătuirea caietelor de sarcini cuprinzând totalitatea prescripțiilor de calitate pentru fiecare activitate realizată prin cooperare, el va constitui documentul de bază la care se va raporta recepția lucrării;

- desemnarea persoanelor din cadrul compartimentului de mentenanță pentru alegerea partenerilor și negocierea contractării lucrărilor;
- coordonarea cooperării și stabilirea responsabilităților privind recepția și calitatea lucrărilor.

8. Utilizarea unor mijloace moderne de informare.

Complexitatea organizării și planificării activității de mentenanță, în special în cazul lucrărilor de mare anvergură sau durată, din rândul cărora fac parte lucrările de reparații capitale la utilajele de mare complexitate necesită multiple informații privitoare la natura și funcția echipamentului, necesarul de personal pe nivele de calificare, stocurile de piese de schimb, posibilitățile de cooperare pentru anumite activități, costurile lucrărilor etc. Prin informatizarea operațională a mentenanței se asigură accesul într-un timp scurt la datele privitoare la durata de viață a utilajelor, numărul și gradul intervențiilor suferite, cauza căderilor accidentale, componentele aflate în stare critică, durata indisponibilității, costul intervențiilor etc.

În concluzie, pentru a corespunde principalelor exigențe ale evoluției echipamentelor în privința mentenanței, trebuie ca măsurile organizatorice să cuprindă următoarele direcții de acțiune:

- 1) Asigurarea compartimentului cu personal calificat, perfecționarea și motivarea acestuia.
- 2) Specializarea și polivalența personalului. Crearea de echipe polivalente dacă este necesar.
- 3) Crearea unui compartiment *metode-mentenanță* cu rolul de a elabora normativele de mentenanță, tehnologiile pentru producerea și recondiționarea pieselor de schimb, dezvoltarea previziunii etc.
- 4) Constituirea echipelor de depanare și instruirea tehnică a personalului pentru asigurarea rapidității intervențiilor.
- 5) Asigurarea cooperării, prin transferul operațiilor de mentenanță de nivel I către personalul de producție.
- 6) Dezvoltarea cooperării între cercetare, producție și mentenanță în vederea gândirii mentenanței în faza proiectării echipamentelor.
- 7) Dezvoltarea cooperării cu firmele specializate de mentenanță.
- 8) Utilizarea unor mijloace moderne de informare.

1.4. Mentenanța viitorului.

O activitate de mentenanță bine organizată contribuie la creșterea producției unității industriale, din acest motiv, în condițiile concurenței, această funcțiune tinde să dobândească un rol tot mai important. În viitor muncitorii de întreținere și reparații vor avea un alt statut, ei nu vor avea doar calificarea de mecanici, ci vor dobândi noi calificări în domeniul electronicii și a sistemelor informaționale.

Dezvoltarea noilor tehnologii va permite automatizarea crescândă a conducerii, reglării și supravegherii funcționării echipamentelor în industriile de proces și evoluția industriilor prelucrătoare, prin automatizarea operațiilor de prelucrare și de transport de la o operație la alta. Această evoluție are mai multe consecințe fundamentale, printre care:

- mentenanța va asigura menținerea în funcțiune a unui echipament mai complex;
- creșterea calificării personalului de producție, care va avea un rol crescând în supravegherea echipamentului de producție;
- reducerea numărului de muncitori.

În definiția și caracterizarea mentenanței viitorului, V. Deac [D.04] arată că „Funcțiunea de mentenanță va căpăta o importanță deosebită în gestiunea unității și, dacă nu vor evolua structurile actuale, această tendință va determina o creștere cantitativă și calitativă a compartimentului de mentenanță și a costurilor de mentenanță”.

Potrivit aceluiași opinii, pe baza studiilor efectuate și testate pe anumite unități industriale, s-au putut desprinde principalele evoluții ale mentenanței în viitor, prezentate schematic în fig. 1.7.

Evoluția mentenanței se va realiza în următoarele direcții:

1. Aplicarea unui sistem de informatizare operațională a mentenanței.

Informația reprezintă pentru întreprindere o resursă la fel de importantă ca și energia., fiind o verigă indispensabilă între personalul de conducere și cel operativ. Sistemul informațional va constitui un instrument eficient de asistență în gestiunea și controlul echipamentului, personalului de mentenanță, aprovizionării cu materiale și piese de schimb, costurilor de mentenanță, cooperării etc.

2. O mai bună luare în considerare a mentenanței la stadiul proiectării, procurării și instalării echipamentului în întreprindere.

Reducerea personalului de mentenanță este realizabilă prin achiziția acelor echipamente pentru care s-au asigurat posibilități de intervenție rapidă și cu costuri reduse, încă din faza de proiectare; informații care pot fi obținute din banca de date a mentenanței.

3. Transferul operațiunilor de mentenanță numite de nivel 1 către muncitorii direct productivi al căror nivel de instruire va fi mai ridicat.

Prin informatizarea operațională a mentenanței se va oferi personalului productiv acces la banca de date, în vederea documentării cu informațiile necesare efectuării intervențiilor de nivel I asupra echipamentelor. Prin acest transfer de atribuții se oferă personalului de producție responsabilități și motivații, având ca efect pentru întreprindere reducerea costurilor cu efectivul de mentenanță.

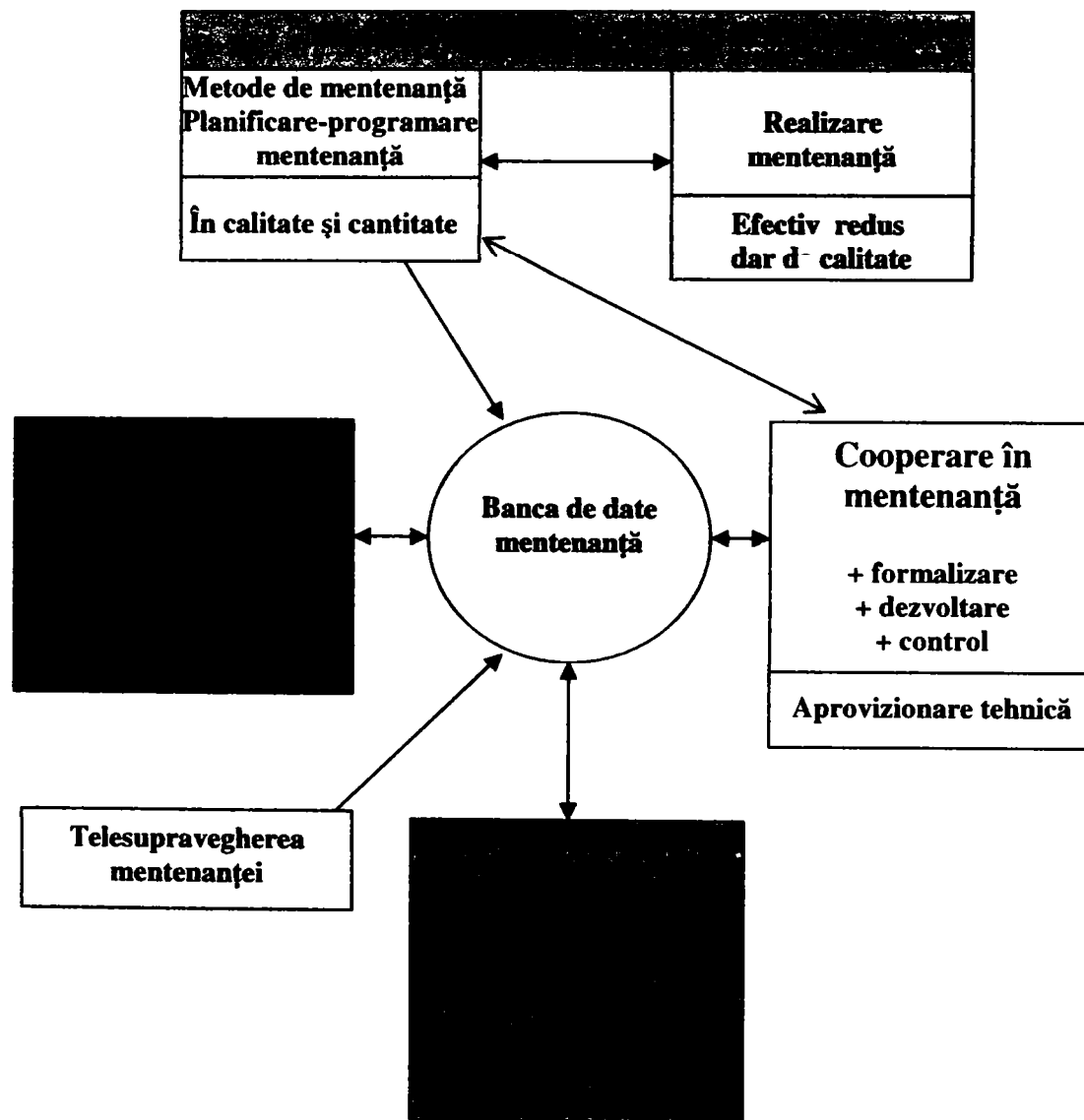


Fig.1.7 Evoluția mentenanței [D.04]

4. Dezvoltarea sistemelor de telesupraveghere a mentenanței va conduce la aplicarea sistemelor mentenanță preventivă sau condiționată.

Dezvoltarea sistemelor de telesupraveghere va facilita actualizarea automată a bazei de date a mentenanței, iar aplicarea mentenanței condiționate va conduce la reducerea costurilor și efectivului de mentenanță.

5. Cooperarea în mentenanță se va dezvolta prin fundamentare științifică, control și o bună administrare, care vor permite:

- înființarea în cadrul întreprinderii a unei grupe *metode-mentenanță*;
- îmbunătățirii activității de *aprovizionare tehnico-materiale*;
- dezvoltarea *sistemului de informatizare* a mentenanței și operaționalizarea sa.

Ca urmare a acestor evoluții se va produce o reducere a personalului de mentenanță, concomitent cu o creștere a nivelului calificării. Se apreciază că **mentenanța viitorului va fi mentenanța zero defecte!** Realizarea în viitor a acestui obiectiv limită nu va duce la desființarea compartimentului de mentenanță, ci doar la reducerea personalului de execuție. Ritmul în care se va produce această mutație va fi influențat de mai mulți factori, între care:

- opțiunea managerilor pentru pregătirea acestei schimbări și a angajării întreprinderii pe această cale:

- evoluția tehnică a echipamentului;
- schimbările produse de revoluția tehnologiei informației;
- evoluția potențialului uman al unității și adaptabilitatea sa la aceste schimbări.

Pentru realizarea acestor schimbări este necesară elaborarea de către factorii de conducere a unui program de pregătire a resurselor umane, de care va depinde rapiditatea atingerii acestui obiectiv.

În țara noastră asistăm în momentul de față la o divizare a marilor unități industriale în unități mai mici, în care activitatea de mentenanță fie a fost descentralizată, fie a fost transferată operatorilor de producție. Această politică poate aduce rezultate pe termen scurt, dar pe termen mediu și lung va conduce la o degradare a echipamentelor.

1.5. Strategii ale activității de mentenanță

Organizarea activității de mentenanță se poate face având în vedere următoarele alternative strategice (fig. 1.8):

Alternativa strategică I: efectuarea de activități de mentenanță specifice,

Alternativa strategică II: subcontractarea mentenanței,

Alternativa strategică III: achiziționarea de utilaje noi,

Alternativa strategică IV: transferul producției la alt producător.

În cele ce urmează vor fi detaliate tipurile de strategii descrise în fig. 1.8

1. *Strategia mentenanței productive totale (S_1)* – se bazează pe conceptul de Mentenanță Productivă Totală care va fi prezentat detaliat în capitolul 5.

2. *Strategia orientării investițiilor firmei (S_2)* – presupune avizul personalului de mentenanță în ceea ce privește investițiile în utilajele noi. Această strategie are ca scop evitarea investițiilor în utilaje „second-hand” care pe termen scurt avantajează financiar unitatea industrială, însă pe termen mediu și lung conduce la creșterea cheltuielilor de mentenanță.

3. *Strategia de reducere a activității de mentenanță (S_3)* – constă în reducerea sau chiar încetarea activității compartimentului de mentenanță. Această strategie este aplicată de unitățile care traversează perioade de criză financiară și care conduce la economii pe termen scurt, dar care produce pierderi însemnate unității industriale pe termen mediu și lung.

4. *Strategia cooperării în mentenanță (S_4)* – constă în efectuarea operațiilor simple de întreținere și reparații de către compartimentul propriu de mentenanță, în timp ce operațiile complexe sunt făcute în cooperare cu unitățile specializate. Această strategie duce la reducerea cheltuielilor de mentenanță pe termen lung.

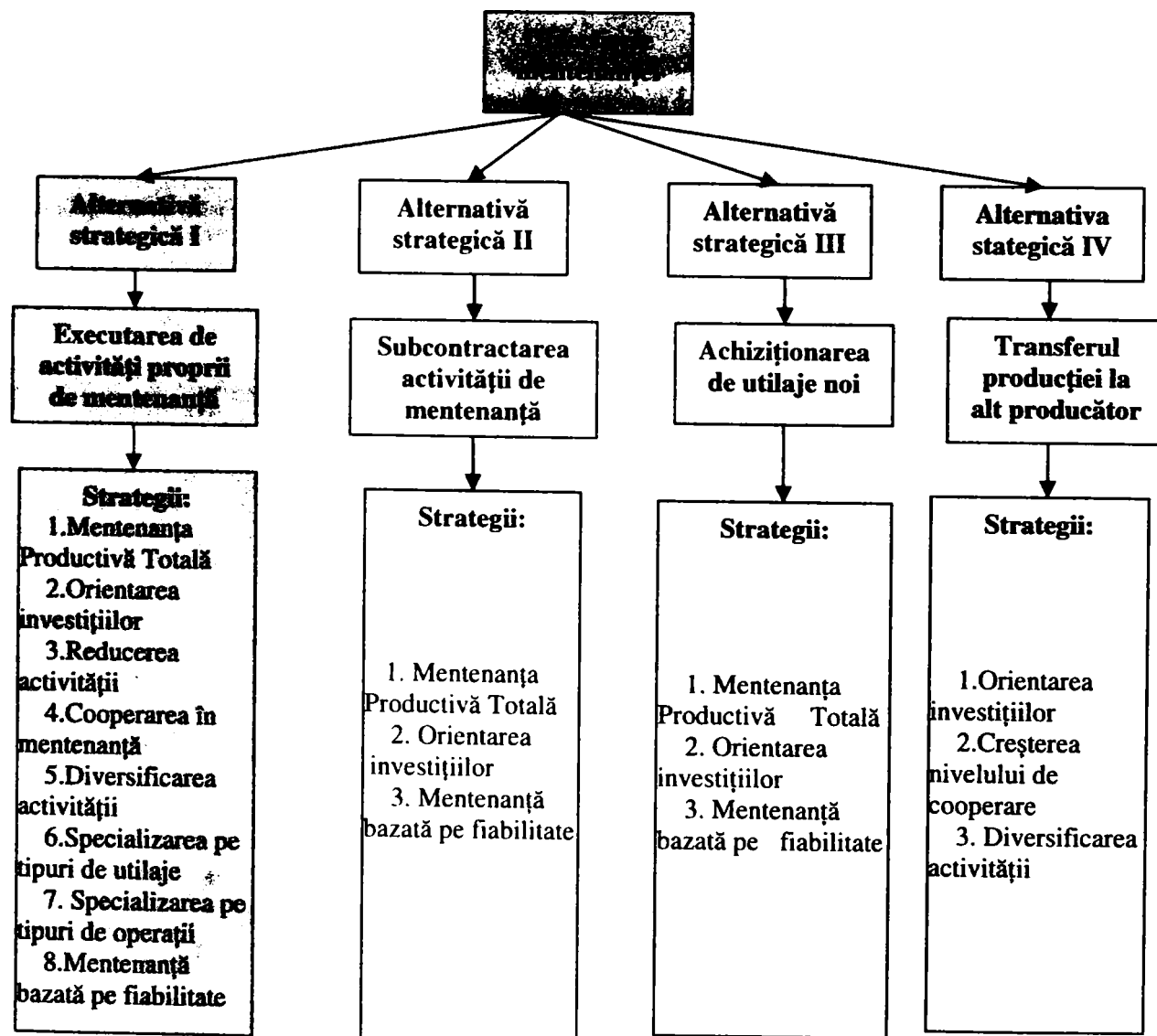


Fig.1.8 Strategii ale activității de mentenanță

5. *Strategia de diversificare a activității de mentenanță (S₅)* – este aplicată de unitățile care au un compartiment puternic de mentenanță și constă în efectuarea lucrărilor de întreținere și reparații nu numai în unitatea proprie ci și în alte unități cu profil asemănător.

6. *Strategia specializării pe tipuri de utilaje (S₆)* – constă în formarea unor echipe de muncitori de mentenanță, fiecare echipă fiind specializată în întreținerea și repararea anumitor tipuri de utilaje. Avantajele acestei strategii constă în creșterea calității activităților de mentenanță.

7. *Strategia specializării pe tipuri de operații (S₇)* - constă în formarea unor echipe de muncitori, fiecare echipă fiind specializată în efectuarea anumitor tipuri de operații (RC₁, RC₂, RK). Această strategie va conduce la o creștere a calității intervențiilor.

8. *Strategia utilajelor noi (S₈)* – constă în folosirea utilajelor numai în perioada în care acestea se găsesc în garanție. Această strategie este aplicabilă numai în cazul unităților industriale cu resurse financiare mari. Avantajele acestui tip de strategie constau în cheltuieli de mentenanță zero, productivitate ridicată, cât și o calitate bună a produsului finit.

9. *Strategia mentenanței bazată pe fiabilitate (S₉)* – presupune folosirea fondurilor alocate compartimentului de mentenanță în scopul creșterii fiabilității sistemului de producție din unitatea respectivă.

Tabelul 1.2 (prelucrare după V.07)

Nr. crt	Domeniu de activitate	Alternative	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	Obs.
1.	Mecanic	I		X	X							Firmă cu tradiție în activitatea de mentenanță
2.	Reparații material rulant	II, III		X		X						În plin proces de restructurare
3.	Energetic	I, III		X							X	Departament puternic de cercetare și proiectare în fiabilitate și mentenanță
4.	Transport	I,II,III					X			X		Parc de mașini înnoit sistematic
5.	Confecții textile	II, III		X							X	Management modern al producției, predispus spre înnoirea mijloacelor fixe
6.	Fabricație țevi și profile sudate	I, II					X			X		Firmă cu tradiție în activitatea de mentenanță,utilaje cu uzură avansată

În practică este ineficientă aplicarea unei singure strategii. Managerii compartimentului de mentenanță trebuie să găsească acea combinație de strategii care să conducă rapid și eficient la succes. În tabelul 1.2 sunt prezentate câteva exemple de combinații de strategii frecvent aplicate în industrie.

Capitolul 2

CONTEXTUL SISTEMIC AL CONCEPTULUI DE MENTENANȚĂ

2.1. Prelucrarea primară a datelor

2.1.1 Culegerea datelor privind fiabilitatea

Informațiile privind fiabilitatea produselor se obțin în principal fie urmărind comportarea produselor în *exploatare reală*, fie în decursul *încercărilor*.

Fiecare din cele două căi prezintă, atât avantaje, cât și limitări. În cadrul urmăririi în exploatare reală, se consemnează amănunțit toate fenomenele apărute în decursul utilizării produsului. Un studiu bazat numai pe aceste informații este însă un studiu „istoric”, valoarea lui constând în culegerea unor date statistice sau în depistarea unor factori care conduc la o slabă siguranță. Trebuie adăugat și faptul că informațiile din exploatarea reală se referă, de multe ori la utilaje, agregate etc., în curs de uzură morală. La momentul formulării concluziilor acestea s-ar putea să nu mai prezinte decât importanță istorică, scopul studiilor de fiabilitate fiind însă ridicarea nivelului performanțelor producției curente. La aceste limite ale metodei urmăririi în exploatare se mai adaugă și dificultățile legate de culegerea exactă și precisă a datelor, sistemul informațional uneori deficitar etc.

Fără a exclude acest procedeu, care prezintă și o serie de avantaje, se impune și utilizarea metodei încercărilor. În cursul acestor încercări se caută, pe cât posibil, să se „imite” condițiile din exploatarea reală atât prin reproducerea gamei solicitărilor interne, cât și de mediu ambiant.

În decursul încercărilor la funcționarea fără defecțiuni, un eșantion de elemente (sau sisteme) funcționează până la momentul ieșirii din funcțiune a întregului efectiv (sau a majorității lui). Aceste încercări durează uneori destul de mult (încercările pentru stabilirea uzurii) fiind necesară existența unei dotări speciale: echipamente, aparatură și o forță de muncă înalt calificată. Din aceste motive încercările antrenează costuri destul de ridicate.

Ca o posibilitate de remediere a acestor dificultăți apare **modelarea procesului de utilizare**. Prin această procedură se scurtează foarte mult durata experimentării, este posibilă repetarea și modificarea permanentă a condițiilor experimentale.

În fig. 2.1. se prezintă procedurile de culegere a informațiilor după diferite criterii. Dat fiind faptul că observarea comportării în funcționarea reală încă reprezintă calea cea mai utilizată în culegerea informațiilor în vederea estimării fiabilității, vom proceda în cele ce urmează la dezvoltarea acestei metode.

Dacă fiabilitatea proiectată rezultă din calcule inginerești, fiabilitatea experimentală și fiabilitatea operațională se determină pe baza unor informații statistice culese despre modul de comportare a produsului în condiții de exploatare sau de încercări experimentale.

În funcție de natura produsului (exemplare unicate, loturi, de serii mari sau de masă), observarea comportării acestuia și culegerea informațiilor necesare se pot organiza după diferite scheme. În orice caz este necesar ca operațiile de culegere a informațiilor să se conceapă și să se efectueze în viziune sistemică, respectându-se următoarele cerințe:

- fiecare produs este privit ca un sistem complex cu o structură ierarhic ordonată, având în componența sa numeroase subsisteme componente - piese, detalii, elemente etc.
- pentru fiecare produs sau element component al acestuia se culeg toate informațiile, esențiale pentru depistarea factorilor care determină nivelul lor de fiabilitate;
- observarea și culegerea informațiilor se organizează în vederea unui scop precis; pe baza prelucrării și analizei corespunzătoare a lor se fundamentează deciziile privind ridicarea nivelului de fiabilitate a produsului . Pentru a asigura eficiența maximă, datele necesare se culeg în cadrul sistemului informațional de conducere integrată a calității producției.

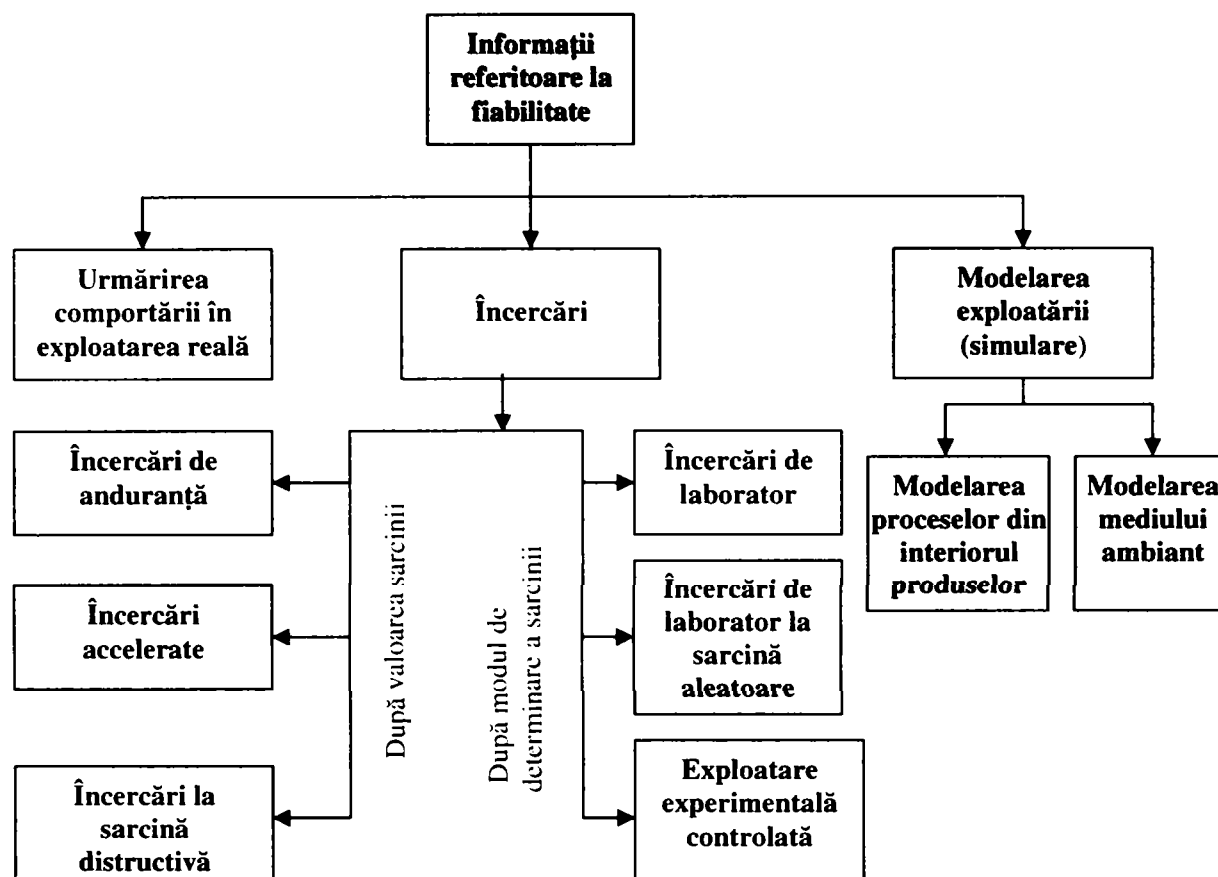


Fig. 2.1 Modalități de culegere a datelor referitoare la fiabilitate [B.02]

Datele culese se organizează sub formă de fișiere, care cuprind două feluri de date:

1.) **Descrierile elementelor de identificare ale produsului**, cu detalierea necesară pentru realizarea obiectivelor precizate (racordarea modulară la celelalte subsisteme ale sistemului informațional - decizional al întreprinderii, deservirea nevoilor de îmbunătățire a proiectelor, a tehnologiilor de fabricație și a regimurilor de exploatare, analiză și sinteză la orice nivel constructiv etc.). Identificarea la fiecare treaptă se realizează cu ajutorul sistemului de coduri al utilajelor. Aceste informații se completează cu parametrii tehnico-constructivi, de randament etc., necesari pentru analize complexe;

2.) **Programul de observare** a utilajelor care reprezintă enumerarea informațiilor ce se culeg pentru fiecare element (unitate de observare) al sistemului de producție. Programul are caracter concret și local, alcătuindu-se pentru fiecare tip de

utilaj în funcție de condițiile concrete de exploatare, de nevoile de informații, de scopul urmărit etc.

Din program nu pot lipsi datele privind:

a) momentele de timp la care intervin modificări în starea sau comportarea aparatului:

- momentul punerii în funcțiune;
- momentul întreruperii funcționării;
- momentul repunerii în funcțiune;
- momentul căderii ;
- momentul repunerii în funcțiune după înlăturarea cauzelor căderii;

b) cauzele căderilor pe clase de căderi (totale, parțiale, parametrice, etc.);

c) sursa primară a căderii (elemente căzute);

d) cine este răspunzător pentru cădere etc.;

e) cheltuieli legate de restabilirea elementului căzut (cheltuieli de manoperă, piese de schimb, materiale, penalizări etc.).

f) date privind pierderile indirecte din cauza căderii (pierderi de producție la utilizator, la beneficiarii acestuia etc.).

Documentul principal prin intermediul căruia sunt colectate informațiile este **raportul de exploatare**, trebuind să furnizeze date asupra utilizării, defectării, menținerii preventive etc., care privesc comportarea produselor considerate fie individual (simbolizat prin litera I), fie în grupe de produse de aceeași tip (simbolizat prin litera G).

Observarea timpilor de funcționare a produsului. După cum rezultă din însăși definiția fiabilității, o trăsătură esențială a acestui concept este intervalul de timp în decursul căruia produsul a funcționat până la o defectare.

Produsul defectat poate fi:

- înlocuit cu un nou exemplar din același produs;
- reparat (restabilit), operație în urma căreia se elimină cauza defectării și produsul reparat își reia funcționarea, în general ca un exemplar nou.

a). Înlocuirea produsului defectat care nu se mai repară, de obicei, se face momentan. Deci, întreaga viață a produsului constă din intervalul de bună funcționare,

început cu momentul punerii în folosință și încheiat cu căderea exemplarului i , la momentul t_i .

Dacă produsul cercetat este un produs de masă, atunci de obicei se formează un eșantion de N exemplare identice, a căror dare în folosință se inițializează la același moment t_0 . Începând cu acest moment se înregistrează timpul de bună funcționare al fiecărui exemplar din eșantion $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_N$.

Întregul volum de date culese se ordonează sub forma graficului numit sugestiv **curbă de supraviețuire**. Din interpretarea formei curbei de supraviețuire și pe baza cunoașterii prealabile a naturii concrete a produsului cercetat, se pot face aprecieri asupra legii teoretice care modelează fiabilitatea respectivului produs.

b.) Produsul care după defectare se restabilește (se repară) are un comportament mai complex, are un adevărat „istoric” al funcționării de-a lungul orizontului de timp al observării. Viața produsului se compune din diferite perioade corespunzătoare stărilor în care se află produsul (fig. 2.2.):

- timpi de bună funcționare t_i .
- timpi de mentenanță (reparație, restabilire, depanare etc.) t'_i ,
- timpi de întrerupere (de rezervă) I_i .

Deci, observarea regimului de funcționare în acest caz trebuie să asigure înregistrarea datelor privind funcționarea sau nefuncționarea produsului.

Schematic, succesiunea în timp a acestor momente și etape din viața produsului se poate prezenta astfel: pe axa timpului T sunt marcate momentele de începere a observației și cele de trecere dintr-o stare în alta: 0, 1, 2, ... Duratele intervalor în decursul cărora utilajul se află într-o anumită stare sunt figurate pe trei niveluri, și anume: la nivelul de bază - timpii de bună funcționare, la nivel inferior - timpii de mentenanță, la nivelul superior - timpii de întrerupere (de rezervă).

c.) După ce s-au cules, conform regulilor descrise la (b), informațiile necesare despre comportarea produsului care după defectare se restabilește, se pune problema întrunirii datelor culese într-un tot unitar, adică aceea a formării unui eșantion omogen de date care să stea la baza prelucrărilor și analizelor ulterioare.

În cazul în care utilajul funcționează în regim staționar, este posibilă comasarea datelor culese fie că ele se referă la același exemplar din produs de-a lungul unui

“istoric” înregistrat, suficient de lung (“însurare longitudinală”), fie la un eșantion compus dintr-un număr suficient de mare de exemplare omogene N care funcționează paralel în decursul aceleași perioade de timp (“însurare transversală”).

Durata totală de viață a utilajului se calculează cu relația:

$$T_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^N t_i + \sum_{i=1}^N t'_i + \sum_{i=1}^N I_i \quad (2.1)$$

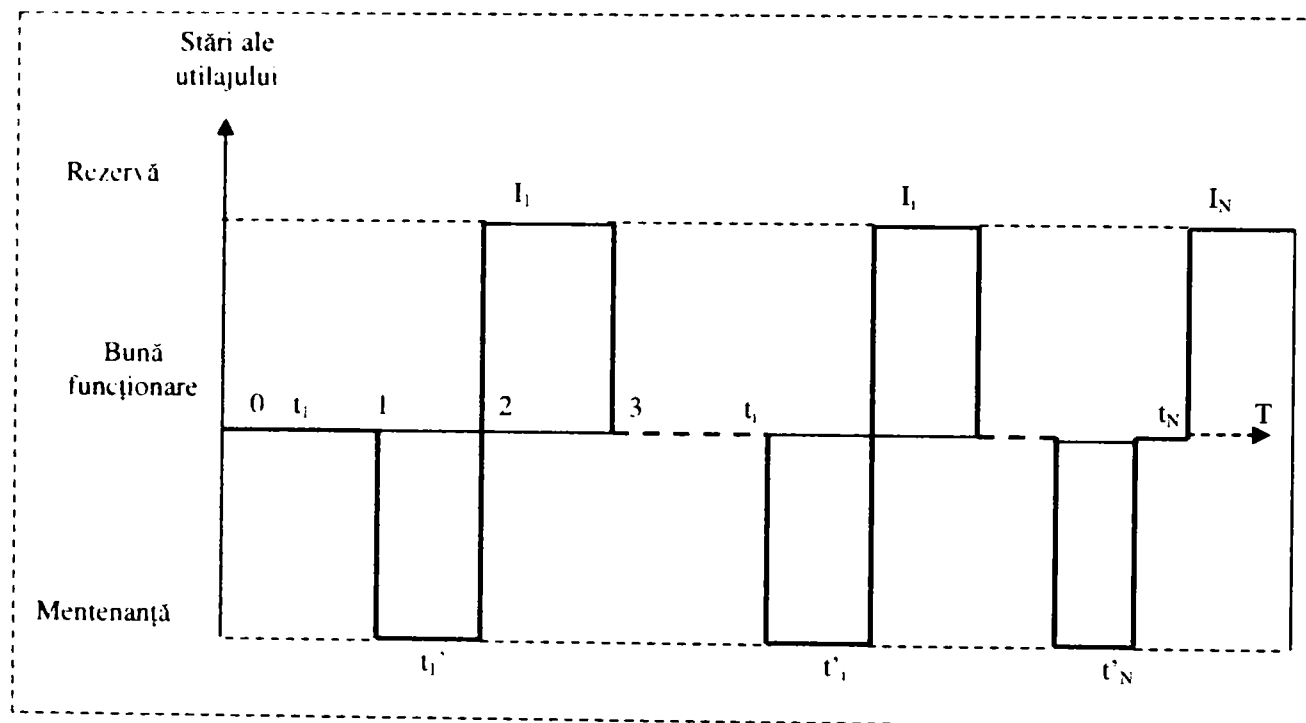


Fig. 2.2. Evenimente în funcționarea unui produs cu restabilire

Pentru ca regimul de funcționare să poată fi considerat staționar este necesar să fie îndeplinite următoarele condiții:

- produsul să se găsească în perioada de exploatare normală, adică să fie depășită perioada de rodaj și să nu fie atinsă perioada de uzură (de îmbătrânire);

- frecvența defectărilor să fie constantă și relativ redusă în cadrul fiecărui interval de observație; defectările să fie de „tipul brusc”, neprecedate de simptome, ele rezultând prin concentrarea bruscă a sarcinilor ce acționează în interiorul și asupra elementului, concentrare cu caracter aleator;

- defectiunile să se producă la intervale lungi de timp și relativ egale între ele;

- regimul de comportare să fie „fără memorie”, adică starea și modul de funcționare la un moment dat a utilajelor să nu depindă de trecut; defectiunile viitoare să

nu depindă de cele anterioare; produsul restabilit în urma unei defecțiuni să fie apt de funcționare ca și un produs nou . Fiecare repunere în funcțiune se tratează ca și cum ar fi vorba de darea în folosință a unui utilaj nou. Datele istorice (longitudinale) sunt deci omogene în timp și se consideră ca elementele unei populații omogene. În același mod fiind tratate și datele („longitudinale”) ale altor exemplare ce aparțin aceluiași tip de utilaj, astfel încât din reunirea datelor înregistrate, în raport cu toate exemplarele observate paralel („transversal”) rezultă o masă omogenă de informații.

2.1.2. Sistematizarea datelor privind fiabilitatea

Prelucrarea datelor referitoare la comportarea în exploatare a utilajelor, obținute conform programului de observare descris la 2.1. și organizate sub forma unui fișier, se face în mod diferențiat în funcție de scopul urmărit.

Un prim grup de aplicații se realizează utilizând mijloacele statisticii descriptive. Astfel, se poate efectua o grupare a defecțiunilor pe cauze (până la cauza primară, generatoare), obținând în acest fel seria de repartiție. Aceasta se analizează ulterior pentru a scoate în evidență importanța comparativă a diferitelor cauze. Pentru cunoașterea mai aprofundată a cauzelor defecțiunilor se alcătuiesc grupări combinate sau/și tabele de corelație. De asemenea, pot fi calculați o serie de indicatori statistici care permit o analiză mai aprofundată a fenomenului comportării în exploatare a utilajelor.

În cazul în care se fac observații asupra unui eșantion de produse identice aflate în funcțiune și se înregistrează pentru fiecare exemplar timpul de bună funcționare până la cădere, cel mai adecvat procedeu de sintetizare a informațiilor de masă culese este **alcătuirea curbei de supraviețuire**.

Alcătuirea curbei de supraviețuire presupune observarea neîntreruptă a comportării exemplarelor din eșantion, ceea ce - fără instalații speciale de înregistrare automată a timpilor de bună funcționare și a defecțiunilor - practic se realizează greu. Pentru a înlătura acest neajuns metodologic, pe axa timpului se formează intervale de observație în raport cu care se înregistrează numărul căderilor ce au avut loc în decursul acestora. Materialul statistic cules se prezintă sub formă de **repartiție statistică experimentală** . Pe baza ei se alcătuiește apoi curba de supraviețuire și se calculează indicatorii de fiabilitate.

Înainte de a trece la construcția propriu-zisă a repartiției statistice, reamintim că seria de repartiție se compune din două șiruri de date:

-primul, referitor la cele n intervale de timp de bună funcționare (de efect produs, de sarcină îndeplinită, km parcurși etc.), delimitate de momentele de timp ($i = 0, 1, \dots, n$);

-cel de-al doilea, la numărul defecțiunilor înregistrate în decursul intervalelor respective k_i ($i = 1, \dots, n$).

Dacă se notează cu $i = 1, 2, \dots, n$ intervalele timpului de observație, cu k_i ($i = 1, 2, \dots, n$) numărul defecțiunilor în cadrul intervalelor, iar cu N efectivul inițial al eșantionului cercetat, efectivul rămas în funcțiune la sfârșitul fiecărui interval va fi respectiv:

$$N_1 = N - k_1$$

$$N_2 = N_1 - k_2 = N - k_1 - k_2$$

$$N_i = N_{i-1} - k_i = N - \sum_1^i k_i$$

$$N_{n-1} = N - N_{n-1} = N_{n-1} - k_n = N - \sum_{i=1}^n k_i = 0$$

identificarea notațiilor se poate face prin intermediul graficului din fig.2.3.

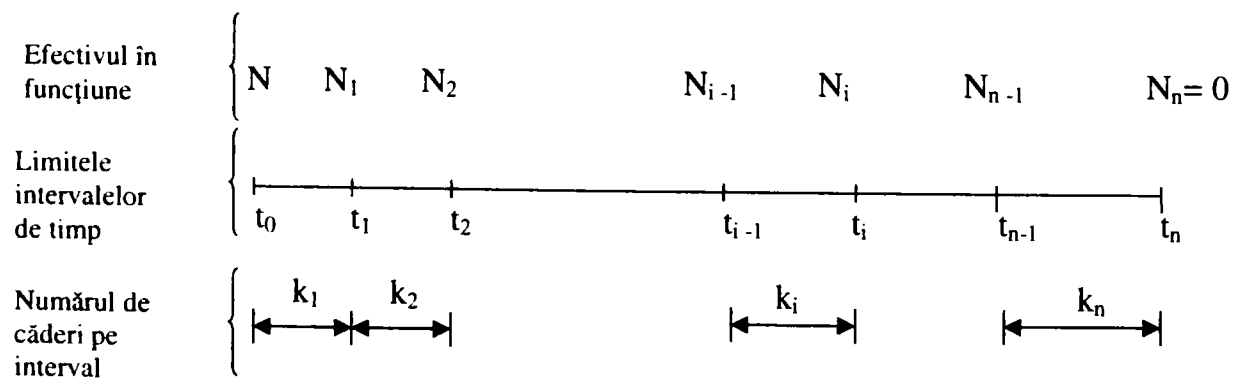


Fig 2.3 Intervalele de observație și diminuarea efectivelor aflate în funcționare

În graficul curbei de supraviețuire pe abscisă se reprezintă momentele de timp t_0, t_1, \dots, t_n care delimitează cele n intervale ale timpului de observație, iar pe ordonată - valorile efectivului în funcțiune $N, N_1, \dots, N_i, \dots, 0$.

Odată cu ridicarea nivelului tehnic și de complexitate al produselor, precum și cu creșterea implicațiilor economico-sociale ale utilizării lor, anumite caracteristici calitative au dobândit o importanță deosebită, fiind urmărite cu prioritate în întregul ciclu de viață al produselor. Astfel, caracteristici ca: fiabilitatea, mentenabilitatea, disponibilitatea, asigurarea securității muncii și a protecției mediului înconjurător s-au impus ca noțiuni cu caracter de sine stătător în cadrul categoriei mai largi a calității.

2.2. Fiabilitatea produselor

Fiabilitatea reprezintă probabilitatea ca un produs, în condiții bine determinate de utilizare, exploatare sau depozitare, să mai fie în stare de funcționare după timpul t .

Fiabilitatea se poate exprima în cinci forme distincte:

➤ *Fiabilitatea proiectată (preliminară, previzională)* reprezintă fiabilitatea unui produs determinată pe baza considerentelor privind concepția și proiectarea acestuia, precum și pe baza fiabilității componentelor sale în condiții de exploatare prescrise.

➤ *Fiabilitatea experimentală* reprezintă fiabilitatea unui produs determinată experimental, în laboratoare, stații de încercări, standuri de probă, unde au fost create condiții (solicitări) similare cu cele din exploatare.

➤ *Fiabilitatea operațională (efectivă la beneficiar)* reprezintă fiabilitatea unui produs determinată pe baza rezultatelor privind comportarea în exploatare pe o anumită perioadă de timp, a unui mare număr de produse efectiv utilizate la beneficiar.

➤ *Fiabilitatea nominală* reprezintă fiabilitatea unui produs prescrisă în specificații (standarde, norme tehnice, contracte etc) sau inscripționate pe produs.

➤ *Fiabilitatea estimată* reprezintă fiabilitatea unui produs determinată cu un interval de încredere pe baza rezultatelor provenind din încercări în condiții de laborator, sau pe baza informațiilor din exploatare obținute de la un număr de elemente identice.

Etapele care se parcurg în vederea culegerii și prelucrării datelor, în scopul obținerii indicatorilor de fiabilitate, sunt redate în figura 2.4. Tot aici este redat fenomenul deprecierii fiabilității între etapa de proiectare și cea de exploatare.

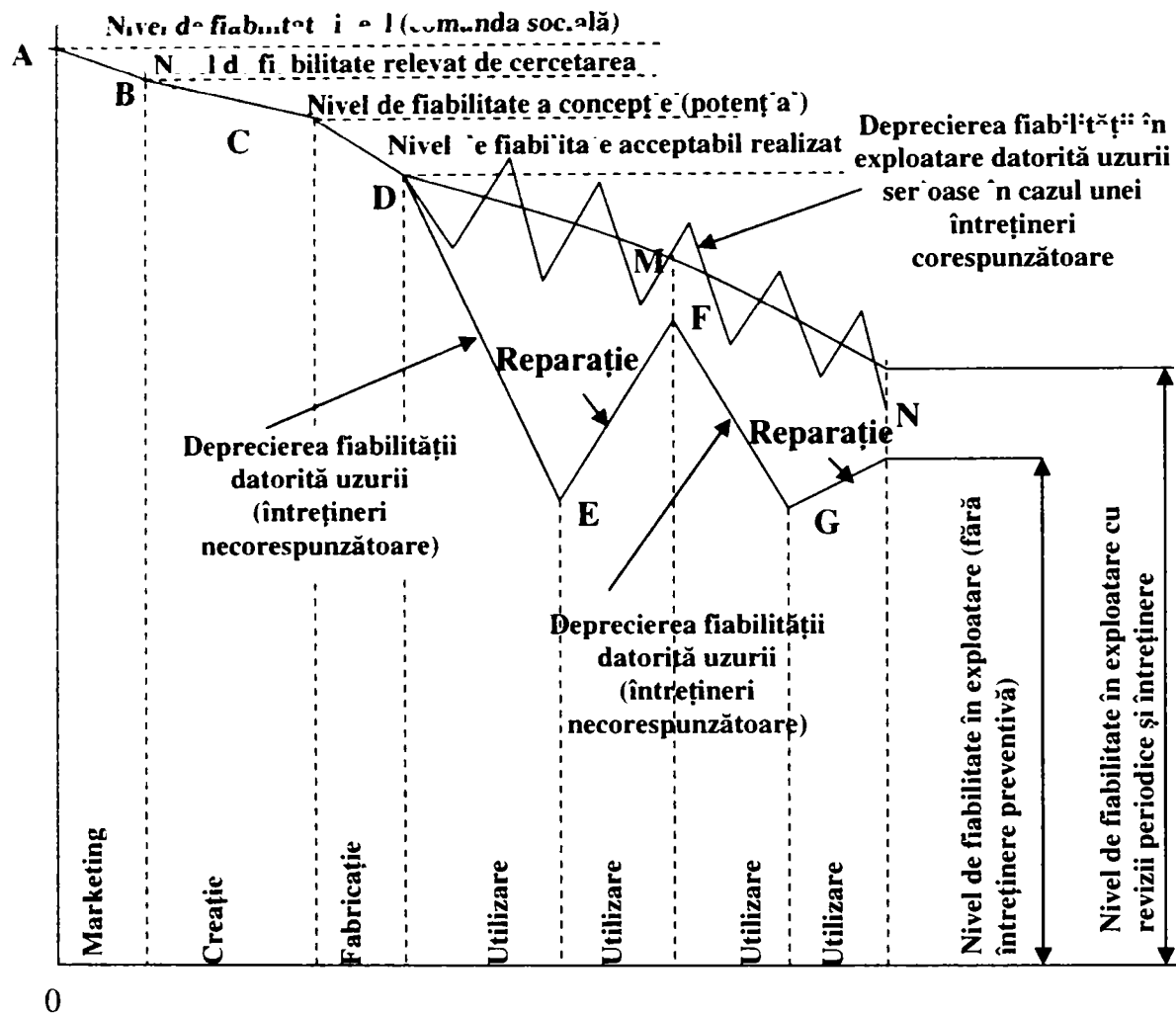


Fig.2.4 Deprecierea fiabilității între proiectare și exploatare [B.02]

2.2.1. Indicatorii principali pentru calculul fiabilității

Pentru caracterizarea mai aprofundată a informațiilor privind fiabilitatea, sistematizate sub forma repartiției defectărilor sau sub forma seriei privind descreșterea efectivului, se efectuează o serie de calcule statistice.

La început, de obicei, se fac calcule privind structura defectărilor pe intervale de bună funcționare și anume:

a.) *Frecvența relativă a defectărilor* se definește prin relația

$$\hat{f}(t_i) = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad (2.2)$$

ca raport între numărul defectărilor înregistrate în intervalul i și totalul acestora.

b.) *Frecvența relativă cumulată a defectărilor:*

$$\hat{F}(t_i) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^i k_i \quad (2.3)$$

care exprimă ponderea produselor defectate până la sfârșitul intervalului i . Valoarea ei este crescătoare și devine egală cu 1 la ultimul interval al seriei.

c.) *Frecvența relativă a exemplarelor în funcțiune, care se calculează sub formă de complement până la 1 al frecvenței relative cumulate a defectărilor:*

$$\hat{R}(t_i) = 1 - \hat{F}(t_i) = \frac{N_i}{N} \quad (2.4)$$

Frecvența relativă a exemplarelor în funcțiune se mai numește și **funcția experimentală a fiabilității**, deoarece ea arată ponderea produselor care nu s-au defectat până la sfârșitul intervalului i și care se vor defecta în decursul intervalelor viitoare.

Calculule prezentate se completează în continuare cu cele menite să reflecte tendința centrală a repartiției și gradul de împrăștiere a defectărilor față de această tendință centrală.

Din seria de repartiție a defectărilor se calculează:

d.) *Timpul mediu de bună funcționare sau, cum i se mai spune, media timpilor de bună funcționare MTBF.*

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i k_i}{\sum_{i=1}^n k_i} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i k_i}{N} \quad (2.5)$$

MTBF arată timpul mediu de bună funcționare care revine pe o defectare, sau mai concret, timpul mediu de bună funcționare până la defectare sau dintre două defectări succesive oarecare. MTBF este un indicator direct, deoarece mărimea lui este direct proporțională cu gradul de fiabilitate a produsului: un grad de fiabilitate mai ridicat înseamnă un MTBF mai mare și invers.

2.2.2. Matricea fiabilității

Informațiile privind fiabilitatea utilajelor, culese potrivit procedurii descrise anterior, se pot sistematiza sub forma așa-numitului „grafic al lui Lexis ” [B.02].

Acesta oferă noi posibilități de analiză a fiabilității, a nonfiabilității și a activității de mentenanță, sub următoarele aspecte:

- pentru fiecare generație de utilaje puse în funcțiune (loturi, perioade de achiziționare etc.),
- pentru fiecare categorie de vârstă de funcționare,
- pentru fiecare perioadă a funcționării.

Această manieră de urmărire a fiabilității prezintă similitudine cu analiza transversală (analiză de moment sau analiză sincronică) și longitudinală (analiza pe cohorte sau analiza diacronică) efectuată în demografie cu ajutorul graficului Lexis. Comparativ cu analiza în demografie, urmărirea fiabilității prezintă câteva particularități esențiale, dintre care enumerăm:

-dacă generațiile în demografie se micșorează permanent prin fenomenul mortalității, o populație de utilaje poate practic să rămână constantă, deoarece prin intermediul reparațiilor se poate teoretic prelungi „viața” acestora cât de mult dorim;

-dacă în demografie studiul se întinde până la dispariția generației, în fiabilitate el se face până când produsele se află în exploatare, moment fixat la limita utilizării raționale, economice;

-dacă în demografie apariția și dispariția generațiilor este un proces neîntrerupt, în economie procesul respectiv este discontinuu. O generație de utilaje apare odată cu lansarea în fabricație a unui tip nou, care încorporează rezultatele progresului științifico-tehnic înlăturând în același timp un alt tip depășit, uzat moralicește. Noua generație, la rândul ei, se produce numai până la apariția unui nou tip, și mai perfecționat, urmând să-

și încheie „viața” la consumarea duratei sale de funcționare optimă din punct de vedere economic.

Pentru a construi matricea vom considera două axe de timp: una pentru a reprezenta momentul dării în folosință a utilajului și a doua pentru a urmări procesul de viață (maturizare, îmbătrânire) etc. a acestuia. Vom considera un interval de un an, împărțit în perioade lunare. Pe orizontală reprezentăm timpul de dare în folosință pe luni, iar pe verticală timpul scurs de la momentul dării în folosință sau “vârsta” utilajului.

Înaintarea în vârstă a utilajului dat în folosință la momentul 0 se figurează cu diagonala I, a celui dat în folosință la momentu 1, cu diagonala II etc. Fiecare simbol “X” pe “linia de viață” a utilajului marchează producerea unei defectări, după a cărei înlăturare prin reparație se reia buna lui funcționare. Exemplarul dat în folosință la momentul “0” atinge vârsta de o perioadă (lună, an, etc.) când “linia vieții” sale intersectează punctul (1;1) cel dat în folosință la momentul 1, când “linia vieții” sale intersectează punctul (2;1) ș.a.m.d. (fig 2.4).

Pe verticala "0" se înscrie numărul utilajelor date în folosință în cursul perioadelor succesive 80, 75, 90, etc.

Fiecare efectiv dat în folosință într-o perioadă se numește *generație*, care atinge vârsta de un an când „linia de viață” a exemplarelor componente intersectează verticala vârstei de 1 an.

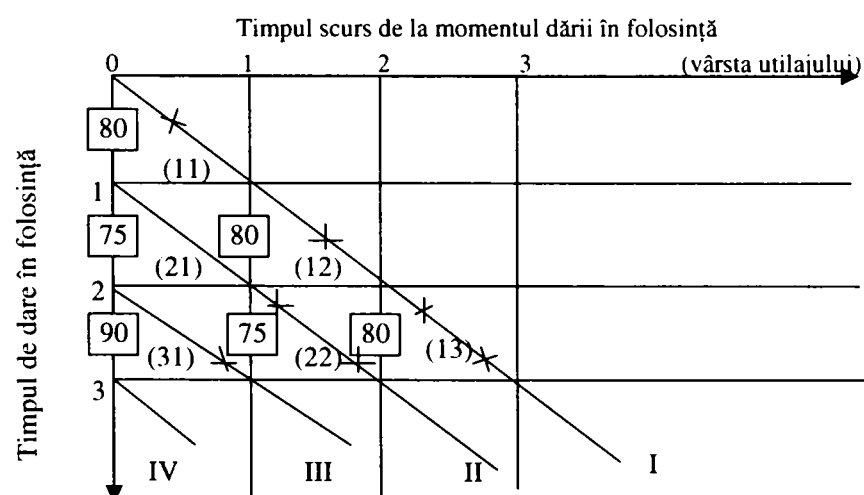


Fig. 2.5 Schema „analizei generațiilor” [B.02]

Paralelogramul delimitat astfel (de exemplu pentru utilajele date în folosință în cursul perioadei 1 până ce ating vârsta de 1 an, paralelogramul (11) servește pentru înregistrarea tuturor evenimentelor privind funcționarea, mentenanța, etc., precum: numărul defectărilor la exemplarele din generația respectivă, timpul de muncă consumat pentru activitățile de mentenanță, costul acestor activități, alte cheltuieli legate de asigurarea unei funcționări, cheltuieli de exploatare ș.a.

Vom arăta cum se realizează agrearea datelor detaliate în tabele sintetice referitoare la perioade de timp mai lungi. Să presupunem că cele 3 perioade din fig. 2.5 reprezintă lunile unui trimestru și dorim să sintetizăm datele lunare în date trimestriale. În figură întâlnim două feluri de date:

-mărimi de stoc, ca numărul exemplarelor în exploatare (efectivul sau parcul de utilaje);

-mărimi de flux, ca: numărul defectărilor, cheltuieli de timp de muncă și de fonduri financiare, etc.

Potrivit regulii generale, efectivul de utilaje aflat în exploatare în cursul trimestrului rezultă ca suma efectivelor lunare corespunzătoare. În exemplul considerat acest efectiv este $80+75+90=245$. Ca regulă de calcul algoritmică se poate arăta că efectivul trimestrial rezultă din însumarea efectivelor lunare aflate pe linia corespunzătoare ultimei luni a trimestrului.

Metoda matricei de fiabilitate se poate utiliza în mod curent pentru caracterizarea fiabilității produselor în perioada de garanție, pentru care informațiile sunt înregistrate la producător dat fiind faptul că acesta suportă costurile cu reparațiile în perioada de garanție

2.2.3. Parametrii de fiabilitate ai produselor

Prin parametrii de fiabilitate se înțelege o măsură cu ajutorul căreia se exprimă cantitativ fiabilitatea sau una din caracteristicile sale. Având în vedere caracterul statistic al defectiunilor, rezultă că parametrii de fiabilitate sunt mărimi statistice. Există un mare număr de parametri de fiabilitate, ceea ce se explică prin numărul mare de factori de care

depinde fiabilitatea unui produs. Nici unul din factorii de care depinde fiabilitatea nu poate măsura complet fiabilitatea, ci doar estimează una din laturile acesteia. [B.02]

După cum se știe, în funcție de destinația lor, produsele se pot împărți în două categorii: 1) produse de folosință îndelungată (reparabile sau cu restabilire) și 2) produse destinate unei singure întrebuințări (nereparabile sau fără restabilire). Dacă pentru produsele din prima categorie fiabilitatea reprezintă, pe scurt, probabilitatea de funcționare fără defecțiuni într-un anumit interval de timp, în schimb pentru produsele din a doua categorie fiabilitatea se reduce la probabilitatea de funcționare fără defecțiuni, în condițiile prevăzute, la momentul consumării. În consecință, fiabilitatea se poate studia în următoarele ipostaze:

1) Dacă produsul este reparabil, funcționarea lui se exprimă prin trei feluri de parametri: parametrii funcționării fără defecțiuni, parametrii reparării (restabilirii) și parametrii de disponibilitate.

2) Dacă produsul nu este reparabil, funcționarea lui se exprimă numai prin parametrii funcționării fără defecțiuni.

Dintre parametrii funcționării fără defecțiuni, cei mai folosiți în practică sunt : *funcția de fiabilitate* (probabilitatea funcționării fără defecțiuni), *funcția de nonfiabilitate* (probabilitatea defectării), *intensitatea (rata) defectării* (ieșirii din funcțiune), *timpul mediu de funcționare fără defecțiuni*. De asemenea, parametrii reparării (restabilirii) cei mai folosiți în practică sunt : *funcția de mentenabilitate* (reparare sau restabilire), *funcția de nonmentenabilitate*, *intensitatea (rata) reparării (restabilirii)*, *timpul mediu de reparare (restabilire)*.

În ceea ce privește parametrii de disponibilitate aceștia sunt: funcția de disponibilitate, disponibilitatea staționară și indisponibilitatea staționară.

Funcția de fiabilitate a unui produs. Fie T variabila aleatoare care reprezintă timpul de funcționare fără defecțiuni a unui produs și R (t) probabilitatea ca produsul să funcționeze fără defecțiuni în intervalul de timp (0,t) . Rezultă:

$$R(t) = P(T > t)$$

Expresia de mai sus a cărei curbă este ilustrată în fig. 2.5 este funcția de fiabilitate (probabilitatea funcționării fără defecțiuni) a unui produs în intervalul de timp $(0, t)$. Funcția $R(t)$ este o funcție descrescătoare, pozitivă și continuă în tot intervalul de timp $(0, \infty)$. Când $t = 0$, $R(0) = 1$ iar când $t \rightarrow \infty$, $R(t) \rightarrow 0$

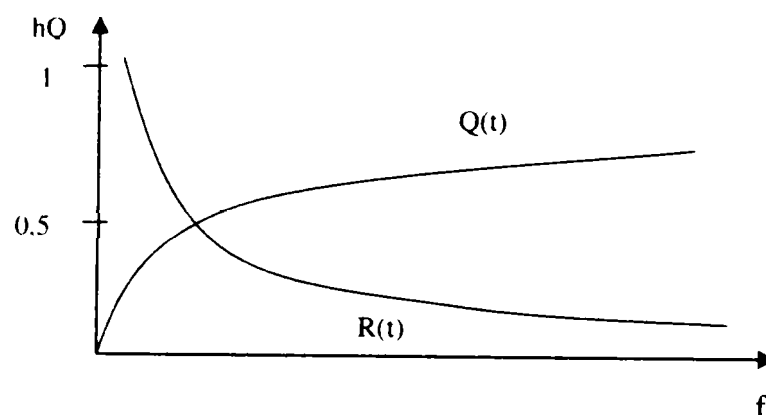


Fig. 2.5 Graficul funcțiilor de fiabilitate și nonfiabilitate [B.02]

Funcția de nonfiabilitate a unui produs. Știind că evenimentul $(T \leq t)$ este contrar evenimentului $(T > t)$ se poate deduce că $P(T \leq t)$ este probabilitatea de defectare a produsului până la momentul t , adică

$$Q(t) = 1 - R(t) = P(T \leq t)$$

Funcția $Q(t)$ este o funcție crescătoare, pozitivă și continuă în tot intervalul de timp $(0, \infty)$. Când $t = 0$, $Q(0) = 0$, iar când $t \rightarrow \infty$, $Q(t) \rightarrow 1$

Intensitatea de defectare. Fie două intervale de timp $(0, t)$ și (t, t_1) . Presupunând că $R(t) = 1$, adică produsul a funcționat fără defecțiuni în intervalul de timp $(0, t)$ probabilitatea ca el să funcționeze fără defecțiuni și în intervalul de timp (t, t_1) este:

$$R(t, t_1) = \frac{R(t_1)}{R(t)}$$

unde $R(t_1)$ este probabilitatea de funcționare fără defecțiuni în intervalul $(0, t_1)$. De asemenea, probabilitatea ca produsul să se defecteze în intervalul de timp (t, t_1) este, evident, $Q(t, t_1) = 1 - R(t, t_1)$. Dacă $t_1 = t + \Delta t$ și $\Delta t \rightarrow 0$, atunci:

$$Q(t, t + \Delta t) = \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)} \Delta t + o(\Delta t) \quad (2.6)$$

Introducând notația $z(t)$, se obține :

$$z(t) = -\frac{R'(t)}{R(t)}$$

sau scriind ca derivată, rezultă:

$$z(t) = - [\ln R(t)]'$$

Parametrul (mărimea) $z(t)$ este intensitatea (rata) de defectare (de ieșire din funcțiune) a unui produs și reprezintă:

➤ în sens tehnic, probabilitatea ca un produs care a funcționat fără defecțiuni până la momentul t să se defecteze în cursul unei unități de timp următoare (dacă, evident, această unitate este mică);

➤ în sens probabilist, densitatea de probabilitate condiționată de defectare a unui produs la momentul t , știind că el a funcționat fără defecțiuni până la acest moment.

Dacă se rezolvă ecuația lui $z(t)$ cu condiția inițială $R(0) = 1$ se obține:

$$R(t) = \exp \left[- \int_0^t z(u) du \right] \quad (2.7)$$

Deci, cunoscând intensitatea de defectare $z(t)$ se poate calcula funcția de fiabilitate a unui produs în intervalul de timp $(0, t)$. Considerând că $z(t) = \lambda = \text{constant}$, funcția de fiabilitate urmează legea de reparație exponențială negativă, adică:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.8)$$

Media timpului de funcționare fără defecțiuni . Este un parametru prin care se poate aprecia fiabilitatea produselor de aceleași fel cu durata de funcționare până la prima defecțiune, care se determină ca speranța matematică a variabilei aleatoare T în funcție de $F(t)$:

$$M(t) = \int_0^{\infty} [1 - F(t)] dt \quad (2.9)$$

sau pe baza densității de probabilitate $f(t)$:

$$M(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (2.10)$$

Prin funcția de fiabilitatea, $M(t)$ se stabilește

$$M(t) = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.11)$$

și în sfârșit prin rata de defectare

$$M(t) = \int_0^{\infty} \left[\exp - \int_0^t z(u) du \right] dt \quad (2.12)$$

2.2.4. Modele ale fiabilității produselor

2.2.4.1. Modelul repartiției exponențiale

O variabilă aleatoare continuă X urmează **repartiția exponențială** dacă repartiția sa de probabilitate este definită prin:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{când } x \leq 0 \\ \lambda \cdot e^{-\lambda x} & \text{când } x > 0 \end{cases} \quad (2.13)$$

Densitatea de probabilitate $f(x)$ a repartiției exponențiale depinde de parametrul λ care reprezintă **densitatea fluxului de evenimente** și această repartiție este generată, de altfel, de un flux elementar de evenimente omogene.

Dacă se alege ca origine a evenimentelor un moment inițial arbitrar al timpului (în care se desfășoară evenimentele date) atunci momentul de timp X de apariție a evenimentului următor - care este o variabilă aleatoare continuă - urmează repartiția exponențială. O repartiție similară urmează și durata (sau intervalul de timp) dintre două evenimente succesive ale fluxului elementar.

Repartiția exponențială se întâlnește în teoria fiabilității instalațiilor tehnice și caracterizează, de fapt, frecvența relativă a căderilor. Valoarea medie, dispersia și abaterea medie pătratică ale variabilei aleatoare continue care urmează repartiția exponențială sunt:

$$M(X) = \frac{1}{\lambda} \quad (2.14)$$

$$D(X) = \frac{1}{\lambda^2} \quad (2.15)$$

$$\sigma(X) = \frac{1}{\lambda} \quad (2.16)$$

Durata medie (sau intervalul mediu de timp) dintre momentele de apariție a două evenimente succesive este:

$$M(X) = m.$$

Între densitatea fluxului de evenimente λ și intervalul mediu de timp m există relația de legătură

$$m = \frac{1}{\lambda} \quad (2.17)$$

λ și m sunt „rata defectărilor” și respectiv „media timpului de bună funcționare” (MTBF).

Funcția de repartiție $F(x)$ a variabilei aleatoare continue care urmează repartiția exponențială, respectiv probabilitatea ca un eveniment (următor) să apară în intervalul de timp $(0,t)$, este :

$$F(x) = \int_{\mathcal{R}} f(x) dx = \begin{cases} 0 & \text{când } x \leq 0 \\ 1 - e^{-\lambda x} & \text{când } x > 0 \end{cases} \quad (2.18)$$

$$P(X > t) = 1 - F(x) = \int_t^{\infty} f(x) dx = e^{-\lambda x}$$

reprezintă probabilitatea ca evenimentul dat să nu se producă în intervalul de timp $(0,t)$; ea exprimă fiabilitatea $R(x)$ a unei instalații, respectiv probabilitatea ca aceasta să funcționeze fără defecte în intervalul de timp $(0,t)$ dat, adică $R(x) = P(X)$.

Probabilitatea de apariție a unui eveniment (următor) în intervalul de timp $(x,x+\Delta x)$, conditionat de neapariția acestui eveniment în intervalul de timp $(0,x)$ este

egală cu $\lambda\Delta x$, iar probabilitatea necondiționată de apariție a unui eveniment (următor) în intervalul de timp $(x, x+\Delta x)$ este $f(x)\Delta x$. Între $\lambda f(x)$ și $F(x)$ există următoarea relație de legătură:

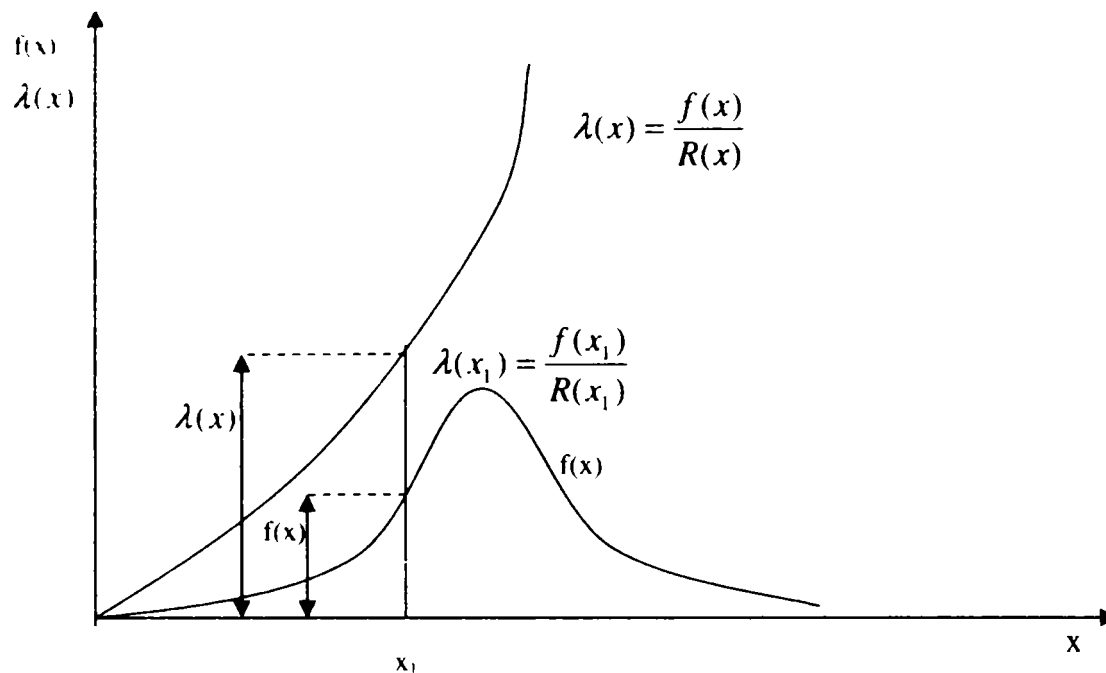


Fig. 2.7 Représentarea grafică a indicatorilor $\lambda(x)$, $f(x)$ și $R(x)$ [B.02]

$$\lambda = \frac{f(x)}{1 - F(x)} = \frac{f(x)}{R(x)} \quad (2.19)$$

Densitatea de probabilitate $f(x)$, funcția de fiabilitate $R(x)$ și rata de defectare λ caracteristice repartiției exponențiale sunt reprezentate grafic în fig. 2.7.

Modelul exponențial se utilizează atunci când rata de defectare este constantă. Pentru numeroase echipamente de producție există o perioadă a defectărilor cu rată constantă, urmând unei perioade de defectări timpurii (cu rată de defectare crescătoare) și înaintea atingerii perioadei defectărilor târzii (cu rata de defectare crescătoare).

O rată de defectare relativ constantă poate fi obținută printr-o serie de operații permanente de mentenanță preventivă, prin înlocuiri succesive a componentelor uzate, sau cu rată crescătoare a defecțiunilor.

2.2.4.2. Modelul repartiției Weibull

Modelarea fiabilității produselor ale căror componente suferă uzură fizică trebuie să ia în considerație modul în care se manifestă aceasta.

Dacă se face abstracție de perioada de rodaj, perioadă după care începe de fapt exploatarea normală, curba de supraviețuire a efectivului de produse cu uzură suferă o "deformare" față de curba exponențială corespunzătoare funcționării în regim staționar. Deformarea se face în sensul că până la începutul perioadei de degradare curba descrește încet, menținându-se aproape orizontală, datorită numărului redus de defectări care apar în timpul exploatarei normale. După momentul critic al intrării în perioada degradării regimul de viață al efectivului se schimbă brusc, defectiunile apar într-un ritm vertiginos, până la ieșirea din funcțiune într-un timp relativ scurt a întregului efectiv.

Pentru modelarea unor asemenea procese de supraviețuire se folosește *legea de repartiție Weibull*. Legea Weibull are mai multe forme analitice, dintre care vom prezenta legea biparametrică și triparametrică.

Repartiția Weibull biparametrică. Tratarea variantei biparametrice este importantă, fiindcă pe această cale se poate face legătura cu legea exponențială, fiind considerată chiar o generalizare a acesteia.

Densitatea de probabilitate a legii Weibull are forma

$$f(t, \beta, \lambda) = \begin{cases} 0, & \text{dacă } t \leq 0 \\ \beta \lambda t^{\beta-1} e^{-\lambda t^\beta} & \text{dacă } t > 0 \end{cases} \quad (2.20)$$

unde $\beta > 0$, $\lambda > 0$ și t este variabila timp.

Din expresia densității se observă că pentru $\beta = 1$ repartiția Weibull devine o repartiție exponențială. Pentru $\beta > 1$ curba repartiției este concavă și cu cât β este mai mare, graficul funcției are o formă tot mai pronunțată de clopot. Pentru $\beta < 1$ curba repartiției este descrescătoare, convexitatea ei accentuându-se cu cât β este mai mic. Parametrul β determină deci, forma distribuției Weibull. În fig. 2.8.a pentru parametrul $\lambda = 1$ sunt trasate graficele funcției de frecvență ale legii Weibull, pentru cazul când $\beta = 1$ (curba corespunde legii exponențiale) și pentru $\beta > 1$ și $\beta < 1$ iar în fig. 2.8.b se particularizează această construcție pentru patru valori ale parametrului β .

Funcția de repartiție pentru legea Weibull este

$$F(t; \beta; \lambda) = \int_{-\infty}^t f(t, \beta, \lambda) dt \begin{cases} = 0 & \text{dacă } t \leq 0 \\ = 1 - e^{-\lambda t^\beta} & \text{dacă } t > 0 \end{cases} \quad (2.21)$$

și exprimă probabilitatea ca evenimentul următor (de exemplu defecțiunea unei instalații tehnice) să apară în intervalul (0,t).

Ca și pentru legea exponențială se definește și în cazul legii Weibull rata (intensitatea) de defectare:

$$z(t) = \frac{P'(t, \beta, \lambda)}{P(t, \beta, \lambda)} = \beta \lambda t^{\beta-1} \quad (2.22)$$

care în teoria fiabilității exprimă rata defecțiunilor. Forma curbelor ratei în funcție de diferite valori ale lui β se poate observa în fig. 2.8

Relația

$$R(t; \beta, \lambda) = 1 - F(t, \beta, \lambda) = e^{-\lambda t^\beta} \quad (2.23)$$

exprimă probabilitatea ca evenimentul să se producă în intervalul de timp (0,t) sau - cum se mai spune în teoria fiabilității - este *probabilitatea funcționării fără defecțiuni* a instalației tehnice până la momentul t.

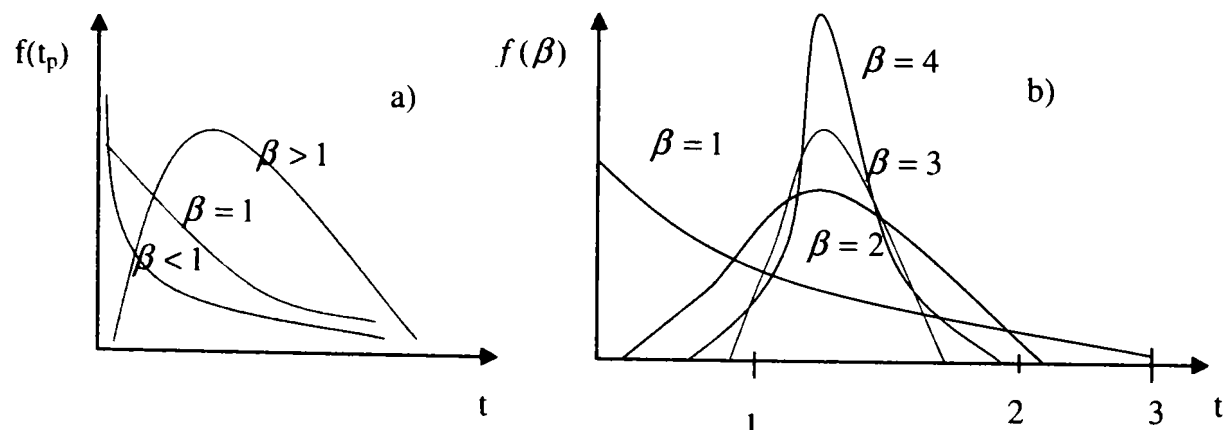


Fig.2.8 Graficul funcției de frecvență pentru cazul $\lambda = 1$ și diferite mărimi ale parametrului de formă β

În cazul repartiției Weibull *media timpului de bună funcționare* se calculează astfel:

$$\text{MTBF} = \int_0^{\infty} \beta \lambda t^{\beta-1} e^{-\lambda t^{\beta}} dt = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)}{\lambda^{\frac{1}{\beta}}} \quad (2.24)$$

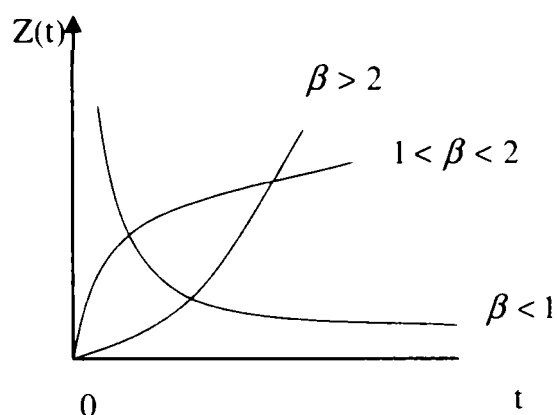


Fig.2.9 Evoluția ratei defecțiunilor în funcție de parametrul β [B.02]

Dispersia timpului de bună funcționare este:

$$D(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{2}{\beta} + 1\right) - \Gamma^2\left(\frac{1}{\beta} + 1\right)}{\frac{\lambda^2}{\beta}} \quad (2.25)$$

În situația în care urmărim fiabilitatea unor componente care în prima perioadă de viață prezintă defecțiuni ascunse, dar apoi un timp relativ îndelungat nu suferă de „îmbătrânire” probabilitatea defectării la început este foarte ridicată, după care se stabilizează în jurul unui nivel constant. Funcția de fiabilitate $R(t, \beta, \lambda)$ se aproximează bine în acest caz cu legea Weibull de parametru $\beta < 1$.

În situația în care componentele urmărite se caracterizează prin absența defectelor ascunse, însă se manifestă cu pregnanță fenomenul de îmbătrânire pe măsura

trecerii timpului, intensitatea defectărilor crește monoton, iar funcția de siguranță se aproximează printr-o lege Weibull cu $\beta > 1$

Estimarea parametrilor legii Weibull. Determinarea parametrilor β și λ ai legii Weibull biparametrice se face pe baza observării regimului de funcționare, la momentul dării în folosință, al unui lot compus din N produse. Se construiește curba de supraviețuire, se calculează valorile frecvenței relative a produselor rămase în funcțiune pentru $i = 1, 2, \dots, n$ cu relația:

$$R_N(t_i) = e^{-\lambda t_i^\beta} \quad (2.26)$$

Estimarea parametrilor β și λ ai repartiției se face utilizând metoda celor mai mici pătrate. Logaritmând relația anterioară rezultă:

$$\lg R_N(t_i) = -\lambda t_i^\beta \lg e \quad (2.27)$$

sau scrisă sub o formă echivalentă

$$\lg \left[\frac{1}{R_N(t_i)} \right] = \lambda t_i^\beta \lg e. \quad (2.28)$$

Repetând operația de logaritmare, se obține:

$$\lg \left\{ \lg \left[\frac{1}{R_N(t_i)} \right] \right\} = \lg(\lg e) + \lg \lambda + \beta \lg t_i$$

Introducând notațiile:

$$a = \lg \lambda + \lg(\lg e)$$

și

$$y_i = \lg \left\{ \lg \left[\frac{1}{R_N(t_i)} \right] \right\}$$

se obține ecuația unei drepte:

$$y_i = a + \beta \lg t_i$$

Aplicând metoda celor mai mici pătrate, pentru estimarea parametrilor a și β rezultă următorul sistem de ecuații:

$$\sum_{i=1}^n y_i = na + \beta \sum_{i=1}^n \lg t_i \quad (2.29)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i \lg t_i = a \sum_{i=1}^n \lg t_i + \beta \sum_{i=1}^n (\lg t_i)^2$$

unde n este numărul intervalelor de timp incluse în calcul.

Legea Weibull normală (transformată). Putem exprima legea Weibull într-o formă mai avantajoasă, în unele cazuri practice, prin substituirea valorii ratei defectărilor și normarea timpului printr-o constantă η , care reprezintă parametrul de scară reală. Astfel, dacă introducem notația

$$\lambda = \frac{1}{\eta^\beta} \quad (2.30)$$

De unde $\eta = \frac{1}{\sqrt[\beta]{\lambda}}$ expresia densității de repartiție a legii Weibull biparametrice devine

$$f\left(\frac{t}{\eta}, \beta\right) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t}{\eta}\right]^{\beta-1} \times e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.31)$$

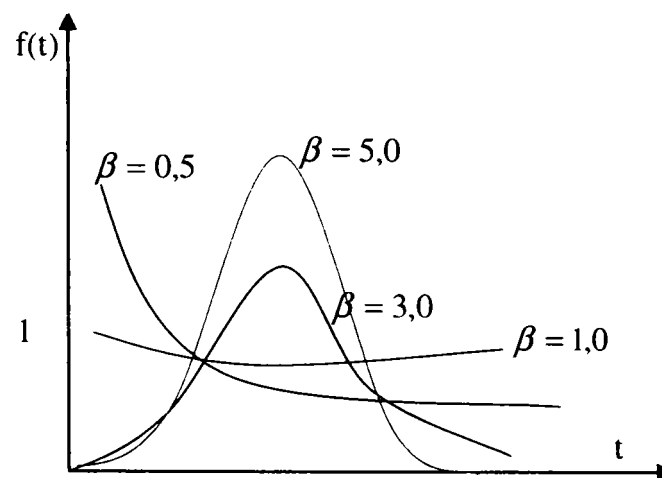


Fig.2.10 Evoluția densității de probabilitate pentru $\beta=0,5$; $\beta=1,0$; $\beta=3,0$; $\beta=5$ [B.02]

Reprezentarea grafică (fig 2.10) a acestei funcții pentru diferite valori ale parametrului de formă β indică posibilitatea utilizării ei în cazul altor legi particulare, cum ar fi cea exponențială, normală etc.

Legea Weibull triparametrică. Reprezintă varianta complexă a acestei legi, și este prezentată într-o manieră care să facă legătura cu legea exponențială. Probabilitatea supraviețuirii, sau funcția de fiabilitate, este conform acestei legi:

$$R(t, \beta, \eta, \gamma) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.32)$$

unde:

β - este parametrul de formă;

η - parametrul de scară (parametrul vieții caracteristice),

γ - parametrul de poziție (locatie sau inițializare).

În cazul în care parametrul $\beta = 1$ expresia probabilității de supraviețuire devine:

$$R(t, \beta, \eta, \gamma) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

Dacă în acest caz ținem cont că, $\frac{1}{\eta} = \lambda = \frac{1}{MTBF}$, iar inițializarea o efectuăm la

momentul zero $\gamma = 0$, atunci relația $R(t, \beta, \eta, \gamma)$ se transformă în :

$$R(t) = e^{-\frac{t}{\eta}} \cdot e^{\frac{\gamma}{\eta}} = e^{-\lambda t}$$

în care recunoaștem ușor funcția fiabilității în cazul exponențial.

Parametrul de formă β definește alura curbei. Semnificativă este influența acestuia dacă urmărim evoluția densității de repartiție a modelului Weibull funcție de valorile β . Ecuația densității de probabilitate este:

$$f(t, \eta, \beta, \gamma) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.33)$$

De precizat faptul că parametrii η și γ se exprimă în aceleași unități de măsură ca și t . Pentru simplificarea procedurilor de lucru, în general se presupune $\eta=1$ și $\gamma = 0$.

Parametrul de inițializare (poziție, locație, reperaj) γ realizează efectuarea unei operații de translatare pe axa t . În cazul în care presupunem parametrul $\eta=1$, densitatea de probabilitate se poate scrie:

$$f(t, 1, \beta, \gamma) = \frac{\beta}{1} \left(\frac{t-\gamma}{1} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{1}\right)^\beta} \quad (2.34)$$

expresie în care efectuând o schimbare de variabilă

$$(t - \gamma) = T \text{ cu } (t - \gamma) > 0 \quad (2.35)$$

obținem

$$f(t, 1, \beta, \gamma) = \beta T^{\beta-1} \cdot e^{-T^\beta} \quad (2.36)$$

Acest parametru indică durata supraviețuirii între 0 și γ . Dacă $\gamma < 0$ aceasta ar implica situația în care la originea timpului de inițializare a observației elementele să fie deja “epuizate”.

În studiile practice privind comportarea în exploatare a sistemelor tehnice poate fi introdus ca moment de inițializare ($\gamma = 0$) momentul punerii în funcțiune (dării în exploatare) a sistemului. De precizat faptul că durata medie de viață este egală crescătoare în raport de γ .

Parametrul de scară η completează forma modelului triparametric, pentru care ecuația densității de probabilitate devine

$$f(t, \eta, \beta, \gamma) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.37)$$

iar funcția de repartiție este

$$F(t, \eta, \beta, \gamma) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.38)$$

în care η reprezintă parametrul de scară reală. Dacă se calculează $f(t)$ pentru $\eta=1$, și se compară apoi rezultatele pentru cazul $\eta=5$, vom remarca faptul că în acest din urmă caz, valorile $f(t)$ trebuie divizate cu 5, iar valorile lui t vor fi multiplicare cu 5, aria totală de sub curbă rămânând neschimbată și egală cu 1.

Rata de defectare $z(t)$ se calculează astfel

$$z(t) = \frac{d}{dt} \frac{(t-\gamma)}{\alpha} = \frac{\beta}{\alpha} (t-\gamma)^{\beta-1} \quad (2.39)$$

α reprezentând parametrul de scară. Între η și α există relația $\alpha = \eta^\beta$ de unde $\eta = (\alpha)^{1/\beta}$

.Deci rata defectărilor se mai poate scrie:

$$z(t) = \frac{\beta}{\eta^\beta} (t-\gamma)^{\beta-1} \quad (2.40)$$

Estimarea grafică a parametrilor repartiției Weibull. Procedura cea mai la îndemână o reprezintă diagrama Weibull sau A. Plait [1], în fig.2.11 este prezentată o asemenea diagramă, construită prin efectuarea unor logaritmări duble asupra funcției de fiabilitate

$$\ln \ln \frac{1}{1-F(t)} = \beta \ln(t-\gamma) - \ln \alpha \quad (2.41)$$

Pentru $\gamma = 0$ relația anterioară devine

$$\ln \ln \frac{1}{1-F(t)} = \beta \cdot \ln t - \beta \ln \eta \quad (2.42)$$

Între $\ln \ln \frac{1}{1-F(t)}$ și $\ln(t)$ se indentifică o relație de tip liniar, fapt care permite

reprezentarea printr-o dreaptă într-un sistem de axe ortogonale convenabil alese.

Un punct în graficul Weibull (2.7) are coordonatele:

➤ abscisa: pe A se reprezintă timpul t ; iar pe a, $\ln t$

➤ ordonata: pe B, $F(t)$ în %, iar pe b, $\ln \ln \frac{1}{1-F(t)}$

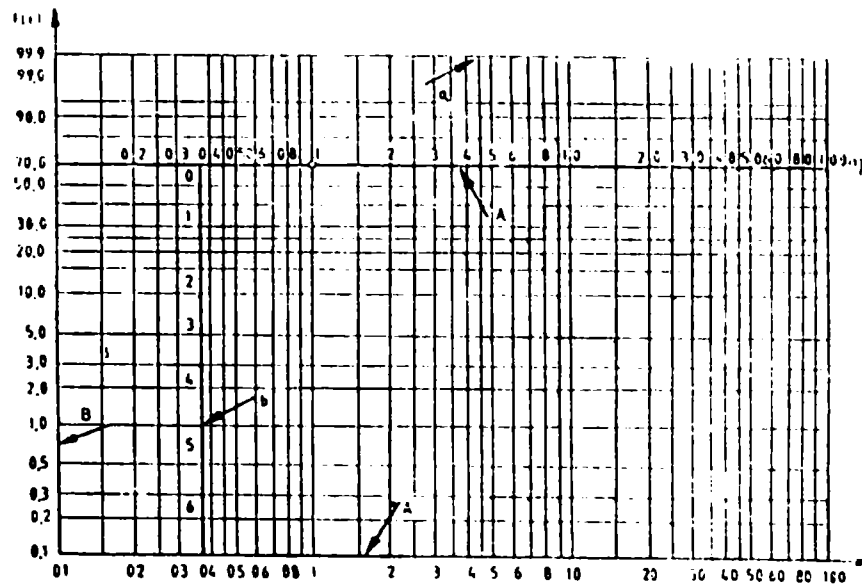


Fig.2.11 Rețea Weibull [B.02]

Prin urmare, pe ordonată se reprezintă frecvențele relative cumulate ale componentelor defectate la momentele de timp t , iar pe abscisă momentele $t_1, \dots, t_2, \dots, t_n$ (alteori cicluri, manevre, acționări, km parcursi etc.).

Estimarea parametrului de inițializare γ . Pe grafic se reprezintă punctele care corespund la valori pereche ale momentelor de timp și frecvențelor relative corespunzătoare. De precizat că încercările (observarea comportării) pot fi oprite înaintea epuizării eșantionului, fiind suficientă, pentru o bună estimare, defectarea a cel puțin jumătate din elementele observate. Dacă punctele se aliniază după o dreaptă, parametrul γ este zero. În cazul în care punctele nu se aliniază după o dreaptă, se pot ivi următoarele situații:

a) Curba obținută să aibă forma din fig 2.12. În general asemenea forme se întâlnesc în cazul în care sistemul tehnic observat se află la sfârșitul perioadei de rodaj.

b) Curba obținută să aibă forma din fig 2.13. O asemenea formă apare atunci când produsele supuse observării au înaintea începerii studiului un oarecare grad de uzură.

Pentru a obține în aceste cazuri o linie dreaptă pe graficul Weibull se efectuează schimbarea de variabilă $T = t - \gamma$. În grafic acest lucru reprezintă o translare

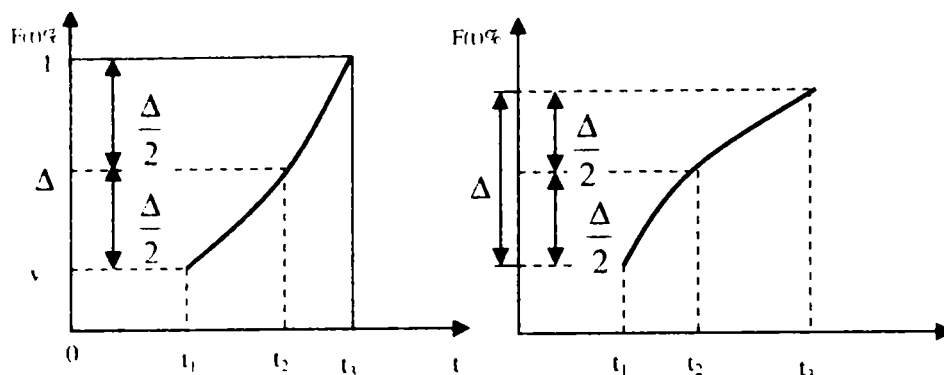


Fig.22. O variantă de plasare a punctelor drepte experimentale pe rețea

Fig.2.13 O altă variantă de plasare a punctelor drepte experimentale pe rețea

spre stânga sau dreapta a curbei, fapt realizat prin scăderea sau adunarea (în funcție de forma curbei) a unei aceleași valori la un număr de 5-6 puncte de pe curbă. Evident, pentru aflarea soluției optime operația se realizează prin mai multe tatonări.

Valoarea lui γ se poate citi direct pe grafic după efectuarea operației de translare a curbei sau se poate determina printr-o formă de interpolare astfel:

$$\gamma = \frac{t_1 \times t_3 - t_2^2}{(t_1 + t_2) - 2t_2} \quad (2.43)$$

unde t_1 și t_3 reprezintă abscisele extremelor curbei iar t_2 — abscisa punctului median al frecvențelor relative cumulate.

Estimarea parametrului de scară reală η se efectuează pe rețeaua Weibull, dacă se identifică pe linia marcată „ η ” care corespunde ordonatei 63 % (considerând

$t = \eta$, expresia funcției de fiabilitate este $R(\eta) = e^{-\left(\frac{\eta}{\eta}\right)^\beta} = e^{-1^\beta} = e^{-1} \approx 0,37$ deci greutatea specifică a componentelor cu o durată de viață mai mică decât η este $1 - 0,37 = 0,63$), punctul în care aceasta se intersectează cu dreaptă experimentală. Prin calcul valoarea lui η se obține astfel:

$$\hat{\eta} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (2.44)$$

Se pot stabili două limite de încredere pentru parametrul η astfel încât acesta să aparțină intervalului determinat cu o probabilitate suficient de ridicată, respectiv:

$$P(\hat{\eta}_1 \leq \eta \leq \hat{\eta}_2) = 1 - \alpha \quad (2.45)$$

Se cunoaște că $2n \left(\frac{\hat{\eta}}{\eta} \right)^{\beta}$ urmează o lege χ^2 cu $\gamma = 2n$ grade de libertate.

Intervalul de încredere se construiește astfel:

$$\frac{\hat{\eta}}{C_1} \leq \eta \leq \frac{\hat{\eta}}{C_2} \quad (2.46)$$

unde

$$C_1 = \left(\frac{\chi^2_{2n, \frac{\alpha}{2}}}{2n} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (2.47)$$

iar

$$C_2 = \left(\frac{\chi^2_{2n, 1 - \frac{\alpha}{2}}}{2n} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (2.48)$$

Estimarea parametrului de formă β se efectuează ușor dacă prin punctul de coordonate (1; 63%) se trasează o paralelă la dreapta valorilor experimentale. Valoarea lui β se citește la intersecția acestei paralele ca axa notată b.

2.2.5. Validarea modelelor de fiabilitate

În cadrul studiilor experimentale referitoare la fiabilitatea utilajelor, probleme dificile ridică prelucrarea și interpretarea statistică a datelor culese. Esențială este identificarea legii teoretice după care se desfășoară regimul de funcționare sau defectare a utilajelor.

Adecvarea modelelor se efectuează utilizând fie metode grafice, fie metode analitice, care evident oferă un grad de precizie mai ridicat.

1) **Validarea modelului exponențial.** Se poate efectua prin intermediul mai multor teste de adecvare. O rezolvare simplă oferă Hahn și Shaphiro [B.02], care au propus pentru densitatea repartiției exponențiale substituția $1/\theta = \lambda$, obținându-se $f(t; \lambda) = \exp. (-\lambda t)$, $t \geq 0$, $\lambda > 0$, variantă utilizată pentru adecvare. Dacă observațiile asupra comportamentului se concretizează sub forma timpilor de funcționare t_1, t_2, \dots, t_n , se calculează statistica testului (W_0):

$$W_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{\left(\sum_{i=1}^n t_i\right)^2} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n t_i\right)^2}{n}}{\left(\sum_{i=1}^n t_i\right)^2} \quad (2.49)$$

\bar{t} reprezentând media valorilor t_1, t_2, \dots, t_n . Decizia se ia prin compararea statisticii W_0 , calculate, cu valorile tabelare. Dacă W_{inf} calculat $< W_{\text{sup}}$, ipoteza exponențialității se acceptă (evident în condițiile riscului de decizie admis).

Testul Kolmogorov-Smirnov este un „test de distanță” punând în evidență mărimea depărtării dintre funcția de repartiție experimentală și funcția teoretică.

Etapele aplicării testului:

➤ se calculează valorile experimentale $F(x_{(i)})$ și cele teoretice $F(x_{(i)})$ în punctele $x_{(i)}$, $i = \overline{1, n}$;

➤ se identifică mărimea

$$k = \max_{1 \leq i \leq n} \left| \hat{F}(x_{(i)}) - F(x_{(i)}) \right| \quad (2.50)$$

➤ se calculează valoarea

$$\lambda = \frac{k}{\sqrt{n}}$$

➤ se determină $P(\lambda)$ – probabilitatea de concordanță între funcția experimentală și cea teoretică. Se apreciază că pentru $P(\lambda) > 0,05$ concordanța este mulțumitoare.

2. Validarea modelului Weibull.

Considerente de natură practică, cunoașterea bazelor fizice ale unui fenomen sau proces, experiența anterioară, comparații cu situații similare etc. ne pot conduce în cadrul unui studiu la ipoteza unui comportament Weibull. Se impune însă ca, înainte de a proceda la efectuarea calculelor propriu zise, la operațiunile de inferență, la formularea de concluzii sau decizii, să se efectueze și validarea modelului. În cele mai multe cazuri, în practică, nu dispunem de informații globale asupra comportamentului tuturor elementelor unei populații, ci de informații obținute fie prin sondaj statistic, experiment statistic, sau observare limitată ca durată. Din acest motiv este necesar să verificăm dacă există temei să presupunem că datele experimentale nu contravin ipotezei formulate asupra modelului de comportament.

Testul construit pentru validarea modelului impune parcurgerea următoarelor etape de calcul:

- se înregistrează datele experimentale t_1, t_2, \dots, t_n
- se calculează valorile $x_i = \ln t_i$,
- se evaluează statistica:

$$l_i = \frac{x_{(i+1)} - x_{(i)}}{E(z_{i+1}) - E(z_i)} \quad (2.51)$$

unde

$$z_i = \frac{x_{(i)} - \eta}{\xi}, \quad \eta = \ln \theta, \quad \xi = 1/k; \quad E(z_i) - \text{media}$$

- se construiește statistica testului

$$S = \frac{\sum_{i=\frac{n}{2}+1}^{n-1} l_i}{\sum_{i=1}^{n-1} l_i}$$

Acceptarea modelului Weibull are loc atunci când $S_{\text{calculat}} \leq S_{\text{tabelar}}$, valorile critice fiind reprezentate în tabele.

3) **Discriminarea între modelele exponențial și Weibull.** S-a arătat că modelul Weibull, prin gradul ridicat de generalitate, include și modelul exponențial ca un caz special, pentru care parametrul de formă $\beta = 1$. Problema se reduce deci la verificarea ipotezei statistice $H_0: \beta = 1$, cu alternativa $H_1: \beta > 1$, adică adecvarea modelului exponențial față de ipoteza Weibull.

Rezolvarea problemei este dată de Billman, Antle și Bain bazați pe statistica $\hat{\beta}/\beta$ în care $\hat{\beta}$ este valoarea estimatorului de verosimilitate maximă a lui β , care depinde de volumul eșantionului (n) și numărul de observații efectuate până la oprirea experimentului (r). Valorile statisticii

$$V = \sqrt{n} \left[\frac{\hat{\beta}}{\beta} - M \left(\frac{\hat{\beta}}{\beta} \right) \right] \quad (2.52)$$

au fost tabelate pentru probabilitățile $P=1 - \alpha$, n și r :

$$P \left\{ \sqrt{n} \left[\frac{\hat{\beta}}{\beta} - M \left(\frac{\hat{\beta}}{\beta} \right) \right] \right\} = 1 - \alpha, \text{ ipoteza nulă } H_0: \beta = 1 \quad (2.53)$$

fiind respinsă atunci când, pentru nivelul de semnificație stabilit,

$$V_{\text{calculat}} > V_{1-\alpha; n; r} \quad (2.54)$$

Etapetele de lucru pot fi sistematizate astfel:

- se efectuează experimentul pentru obținerea datelor;
- deoarece valorile tabelare sunt stabilite numai pentru mărimi ale raportului $(r/n) = 1; 0,75$ și $0,50$ este necesar să se aibă în vedere acest lucru la efectuarea cenzurării;
- se estimează parametrul de formă β utilizând procedeul de maximă verosimilitate;
- se calculează statistica V și se compară cu echivalentul tabelar corespunzător.

2.3 Mentenabilitatea produselor

Mentenabilitatea reprezintă probabilitatea ca un sistem să fie repus în stare de funcționare într-o perioadă de timp dată.

Mentenabilitatea cuantifică calitatea acțiunilor de mentenanță și necesită, pentru aceasta, să se determine:

1. Posibilitatea de apariție a activităților de mentenanță.

Există două metode de mentenanță:

a.) **Mentenanța corectivă** reprezintă ansamblul de activități realizate după defectarea unui mijloc de producție, sau după degradarea funcției sale în mod neprevăzut. Aceste activități constau în localizarea defectelor și diagnosticul acestora, repunerea în funcțiune, cu sau fără modificări și controlul bunei funcționări. Mentenanța corectivă îmbracă două forme:

➤ **Mentenanța curativă** reprezintă activități de mentenanță corectivă, care au ca obiectiv repunerea unui mijloc de producție într-o stare specifică de funcționare, care îi permite îndeplinirea funcțiilor sale.

➤ **Mentenanța paliativă** presupune activități de mentenanță corectivă, destinate o permite unui mijloc de producție, în mod provizoriu, îndeplinirea integrală sau parțială a funcțiilor sale.

b) **Mentenanța preventivă** reprezintă mentenanța care are ca obiect reducerea probabilităților de defectare sau degradare a unui bun sau serviciu. Mentenanța preventivă se poate înfățișa sub trei subtipuri:

➤ **Mentenanța sistematică** reprezintă mentenanța realizată prin activități de întreținere, reparații curente, revizii și reparații capitale, construite într-un plan tehnic normat de intervenții specifice fiecărui tip de utilaj în parte.

➤ **Mentenanța condiționată** reprezintă mentenanța realizată prin intermediul urmării parametrilor de uzură ai elementelor sau ai subansamblurilor-cheie ale utilajelor prin intermediul unor instrumente specifice (analizoare de uzură, de vibrații, de ulei, etc.)

➤ **Mentenanța previzională** reprezintă mentenanța preventivă subordonată analizei de evoluție urmărită de parametrii semnificativi ai degradării bunului, ce permite întârzierea și planificarea intervențiilor.

2.) Disponibilitatea timpilor necesari pentru efectuarea acestor activități și

anume:

- timpul mediu pentru efectuarea diferitelor activități de mentenanță,
- frecvența de apariție a necesității unor acțiuni de mentenanță depinde de fiabilitatea sistemului (structurii), deci de calitatea proiectării și execuției acestuia.

Mentenabilitatea se determină :

1.) Experimental, prin simularea în laborator, pe platforma de probe a diferitelor categorii de defecte și înregistrarea timpilor de intervenție pentru eliminarea deficiențelor.

2.) Prin urmărirea comportării sistemelor, structurilor sau a produselor la beneficiari (organizare „bănci pentru date tehnice”).

2.3.1. Indicatori de mentenabilitate

a.) *frecvența (numărul) medie a defectărilor pe un interval de observație* calculat ca raport dintre numărul total al defectărilor

$$N = \sum_{i=1}^n k_i \quad (2.55)$$

și timpul total de bună funcționare al tuturor exemplarelor din eșantion $\sum_{i=1}^n t_i k_i$

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{\sum_{i=1}^n t_i k_i} \quad (2.56)$$

Pe măsură ce crește gradul de fiabilitate al produsului, valoarea indicatorului \bar{k} descrește și invers. Evident, între MTBF și \bar{k} există un raport de proporționalitate inversă $MTBF = 1/\bar{k}$.

b.) Pentru caracterizarea gradului de manifestare a defectărilor, respectiv a timpilor de bună funcționare, se calculează *abaterea standard* a valorilor față de medie.

Pentru a se putea surprinde modificarea regimului de ieșire din funcțiune a utilajelor, se determină *caracteristicile locale ale fiabilității*. Astfel, se pot calcula:

c.) *densitatea de defectare*, calculată ca raport dintre numărul defectărilor înregistrate într-un interval de observație și lungimea acestui interval. În cazul în care intervalul de observație are aceeași lungime pe tot parcursul timpului, această lungime se poate lua drept unitate de timp și atunci densitatea defectărilor se confundă cu numărul defectărilor. În schimb dacă intervalele de observație au lungimi diferite, densitatea defectărilor va arăta câte defectări în cadrul intervalului revin pe unitate de timp elementar (oră, zi, etc.) și devine analoagă cu densitatea de repartiție experimentală;

d.) *rata de defectare*. Acest indicator arată ponderea exemplarelor defectate în decursul intervalului de observație, față de efectivul existent la începutul intervalului respectiv:

$$\hat{z}(t) = \frac{k_i}{N_{i-1}} \quad (2.57)$$

în care N_{i-1} este numărul de exemplare în funcțiune la începutul intervalului i . În cazul în care utilajul funcționează în regim staționar, rata defectărilor pe întregul eșantion este egală cu frecvența medie a căderilor.

Demonstrația acestei densități se face astfel: se consideră că intervalul de timp de observație este egal cu o unitate de timp $\Delta t = t_{i+1} - t_i = 1$.

În decursul intervalelor de timp $i=1,2,\dots,n$ se înregistrează respectiv k_1, k_2, \dots, k_n defectări. Se presupune că intervalul n este acel interval în care se defectează ultimile exemplare din eșantion. Deci

$$k_1 + k_2 + \dots + k_i + \dots + k_n = \sum_{i=1}^n k_i = N$$

S-a arătat că efectivul observat la momentele $0,1,2, \dots,n$ este respectiv :

$$N_0, N_1, N_2, \dots, N_n = 0$$

După cum se știe [B.02], rata locală de defectare pe intervale este

$$\hat{z}_i = \frac{k_i}{N_{i-1}} \quad (2.58)$$

În cazul regimului staționar de funcționare rata locală de defectare este aceeași pentru orice interval. Deci:

$$\frac{k_1}{N} = \frac{k_2}{N_1} = \dots = \frac{k_n}{N_{n-1}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{N + \sum_{i=1}^{n-1} N_i} \quad (2.59)$$

În această relație avem : $N = \sum_{i=1}^n k_i$. Numitorul raportului se poate dezvolta astfel:

$$N + \sum_{i=1}^{n-1} N_i = N + N_1 + N_2 + \dots + N_{i-1} + \dots + N_{n-1} = k_1 + 2k_2 + \dots + (n-1)k_{n-1} + nk_n \quad (2.60)$$

Pe de altă parte, fiind stabilit că $\Delta t = 1$, timpul total de funcționare al tuturor exemplarelor din eșantion , $\sum_{i=1}^n t_i k_i$, ținând seama că $t_i = i\Delta t$, este

$$\sum t_i k_i = \sum i k_i = 1k_1 + 2k_2 + \dots + (n-1)k_{n-1} + nk_n$$

Rezultă deci identitatea $N + \sum_{i=1}^{n-1} N_i = \sum_{i=1}^n t_i k_i$, fiecare membru al identității reprezentând timpul total de funcționare a tuturor exemplarelor din efectivul cercetat.

În consecință, rata de defectare, constantă în timp, rezultă că:

$$\hat{Z}(t) = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{N + \sum_{i=1}^{n-1} N_i} \quad (2.61)$$

și se confundă cu frecvența medie.

2.3.2. Parametrii de mentenabilitate a produselor

Fie T variabila aleatoare care reprezintă timpul de restabilire a unui produs în caz de defectare și G(t) probabilitatea ca produsul să fie restabilit în intervalul de timp (0,t) . Rezultă:

$$G(t) = P(T < t) \quad (2.62)$$

Expresia G(t) este **funcția de mentenabilitate** (reparare) a unui produs în intervalul de timp (0,t).

Intensitatea restabilirii. Fie două intervale de timp $(0,t)$ și (t,t_1) . Procedând ca în cazul determinării intensității de defectare, se obține:

$$\mu(t) = \frac{G'(t)}{1-G(t)} \quad (2.63)$$

Parametrul $\mu(t)$ este intensitatea de reparare a unui produs, adică densitatea de probabilitate condiționată a terminării reparației în intervalul de timp (t, t_1) în ipoteza că produsul era în reparație în intervalul $(0,t)$. Dacă se rezolvă ecuația $\mu(t)$ în ipoteza că $G(0)=0$, se obține

$$G(t) = 1 - \exp \left[- \int \mu(u) du \right] \quad (2.64)$$

Deci, cunoscând intensitatea de restabilire $\mu(t)$ se poate calcula funcția de mentabilitate a unui produs în intervalul $(0,t)$.

Timpul mediu de restabilire. Procedând ca în cazul timpului mediu de funcționare fără defecțiuni se obține:

$$MTR = \int_0^{\infty} e^{-\mu} dt = \frac{1}{\mu} \quad (2.65)$$

unde MTR este timpul mediu de restabilire a unui produs. Parametrul MTR se exprimă de obicei în ore și se poate folosi pentru efectuarea unor comparații privind mentabilitatea între produse de același fel.

2.3.3. Calculul mentenabilității unui produs

Pentru calculul mentenabilității sistemelor, ca bază de calcul, se utilizează timpii efectivi de reparație t'_i extrași din banca pentru date tehnice corespunzător numai defecțiunilor accidentale. Valorile t'_i se ordonează crescător și se calculează frecvențele cumulate la fel ca și la calculul indicatorilor principali ai fiabilității (a se vedea 2.2.1).

În cazul că s-a verificat legea de distribuție a timpilor efectivi de reparație t'_i , prin utilizarea unui test grafic exponențial, mentenabilitatea se determină din relația:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (2.66)$$

unde μ reprezintă rata reparațiilor și $\mu = \frac{1}{MTR}$

În cazul în care testul exponențial pentru distribuția t' ; nu se verifică, se utilizează legea lui Weibull. Media timpilor de reparații (MTR) se determină în acest caz cu formula următoare:

$$\text{MTR} = \frac{\eta}{\beta} \Gamma\left(\frac{1}{\beta}\right) + \nu \quad (2.67)$$

unde

$$\Gamma\left(\frac{1}{\beta}\right)_s \quad (2.68)$$

este o funcție euleriană, ale cărei valori se iau din tabele. În acest caz, mentenabilitatea va avea forma legii lui Weibull

$$M(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-x}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.69)$$

Parametrii β , η , γ se determină similar după metoda expusă la paragraful anterior.

2.4. Disponibilitatea produselor

Prin noțiunea de *disponibilitate* se înțelege probabilitatea ca sistemul să fie apt de funcționare după o durată de timp consumată pentru reparații, impuse de căderea ce s-a produs după o anumită perioadă de bună funcționare.

De fapt, disponibilitatea este afectată de două probabilități:

- pe de o parte, probabilitatea funcționării fără căderi pe o anumită durată;
- pe de altă parte, probabilitatea căderii și restabilirii capacității de bună funcționare, în decursul unui interval de timp.

Examinată cantitativ, disponibilitatea are diferite semnificații:

- disponibilitatea (de timp) este procentul de timp în care un produs este în stare de funcționare;
- disponibilitatea (utilajului) reprezintă procentul de utilaje disponibile după un timp de funcționare, datorită efectului cumulat al unităților ce nu s-au defectat și al acelor

unități care au fost repuse în funcțiune într-un interval de timp de întrerupere maxim prestabilit;

— disponibilitatea (misiunii) reprezintă procentul de misiuni într-un anumit interval de timp care nu au defecțiuni ce nu se pot remedia într-un timp de întrerupere specificat.

Disponibilitatea se poate menține prin 4 mijloace distincte:

- fiabilitate,
- mentenanță,
- utilizare corectă,
- înnoire.

Disponibilitatea prin fiabilitate este ușor de înțeles: se știe de mult că este rentabil să se plătească ceva mai scump pentru a avea mai puține pene. Principala dificultate apare atunci când trebuie să se stabilească limita. Piese foarte fiabile costă de 5 până la 10 ori mai scump decât cele ordinare și adeseori nu se obține rentabilitate pe această cale. Dacă cheltuielile de întreținere anuale reprezintă 10% din prețul de achiziție al unui echipament, o creștere a acestui preț cu 10% - 20% apare avantajoasă. În practică se caută un compromis între prețul de cumpărare, serviciul solicitat și riscul acceptat.

Disponibilitatea prin mentenanță - rezultă din luarea în considerare a faptului că fiabilitatea este o probabilitate. Fiabilitatea este limitată tehnic și financiar. Defectările în perioada inițială, de rodaj, ca și cele din perioada ulterioară, de uzură (corespunzând îmbătrânirii materialului), derivă din fenomene fizice inevitabile, iar defectările din perioada de utilizare (intermediară, corespunzând maturității) au un caracter accidental normal. În plus fiabilitatea se poate degrada cu timpul, chiar în perioada de depozitare, generând astfel defectări suplimentare. Fiabilitatea este restabilită la nivelul său normal prin mentenanța de depanare sau preventivă, după cum defectările sunt previzibile sau imprevizibile. Se poate remarca, din cele de mai sus, faptul că mentenanța nu corespunde întotdeauna unei intervenții reale asupra echipamentului, și că ea poate să existe sub forma unei securități statice care dă o garanție de calitate eventualelor depanări. Mentenanța este prelungirea fiabilității și cele două se susțin mutual.

Disponibilitatea prin utilizarea corectă a mașinilor este adeseori ignorată, se abuzează de mașini, aparate și instalații prin montarea acestora în condiții ambiante

necorespunzătoare sau prin suprasolicitare. De aceea echipamentele moderne se concep astfel încât să poată supraviețui unor asemenea abuzuri, iar aceasta nu atât prin robustețea lor cât, mai ales, prin controlul automat al parametrilor funcționali și prin protecția de siguranță cu care sunt dotate. Aceasta este o problemă de concepție rezolvată în mod corespunzător de proiectanți numai prin contactul direct al acestora cu utilizatorii și responsabilii de mentenanță.

Disponibilitatea prin înnoire este singura cale atunci când echipamentele și materialele îmbătrânesc, numeroasele pene necesitând importante operații de mentenanță, uneori oneroase economic, pentru obținerea disponibilității necesare. De fapt, avem de a face cu un cerc vicios din care nu se poate ieși decât prin înlocuirea cu alte echipamente noi.

2.4.1. Indicatori de disponibilitate

a) **Media timpilor de bună funcționare** se exprimă prin relația:

$$MTBF = \frac{\sum T_i}{n} \quad (2.70)$$

unde T_i sunt intervalele de timp de funcționare fără defecțiuni, iar n este numărul intervalelor t_i .

b) **Rata defectărilor (căderilor)** o definim prin:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (2.71)$$

c) **Media timpilor de reparare** se exprimă prin raportul:

$$MTR = \frac{\sum t_i}{n-1} \quad (2.72)$$

unde t_i sunt intervale de timp de reparare, iar n este numărul intervalelor t_i .

d) **Rata reparațiilor** este dată de formula:

$$\mu = \frac{1}{MTR} \quad (2.73)$$

e) **Disponibilitatea** se exprimă prin relațiile:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \quad (2.74)$$

$$D(t, T) = R(T) + Q(T) \times M(t) \quad (2.75)$$

unde $R(T)$ este fiabilitatea la timpul T , $Q(T)$ este nonfiabilitatea la timpul T iar $M(t)$ este mentenabilitatea la timpul t .

Așa cum rezultă din relațiile de mai sus pentru calculul disponibilității unui sistem este necesar să calculăm fiabilitatea sistemului cât și mentenabilitatea acestuia.

2.4.2. Parametrii de disponibilitate

Funcționarea oricărui produs reparabil (ca de exemplu: un utilaj, o instalație, un echipament) în perioada de exploatare normală (de viață utilă) se caracterizează printr-o succesiune de stări în care perioadele de funcționare alternează cu cele de defectare (de ieșire din funcțiune sau oprire forțată), sau cu stările de oprire planificată. Stările de oprire planificată sunt influențate de evenimente deterministe (decizii umane), aceste stări nu sunt stări aleatoare.

Dacă se notează cu 1 starea de funcționare și cu 0 starea de defectare, atunci comportarea în exploatare a produsului reprezintă un proces stohastic Markov cu două stări :

$$\{x(t) = i; i = 0;1\}$$

În cazul când produsul este în stare de funcționare la momentul t , probabilitatea ca el să se defecteze în intervalul de timp elementar $(t, t+\Delta t)$ este $z(t)$ unde $z(t)\Delta t$ este intensitatea de defectare a produsului.

De asemenea, atunci când produsul este în stare de defect la momentul t , probabilitatea ca el să fie repus în funcțiune în intervalul de timp elementar $(t, t+\Delta t)$ este $\mu(t)\Delta t$, unde $\mu(t)$ este intensitatea de restabilire.

Dacă se admite că funcțiile $z(t)$ și $\mu(t)$ sunt constante în timp atunci posibilitățile de trecere (tranziție) ale procesului sunt:

$$P_{01}(t, t+\Delta t) = \lambda\Delta t; \quad P_{00}(t, t+\Delta t) = 1 - \lambda\Delta t \quad (2.76)$$

$$P_{10}(t, t + \Delta t) = \mu \Delta t ; \quad P_{11}(t, t + \Delta t) = 1 - \mu \Delta t$$

De asemenea, pentru timpul de funcționare fără defecțiuni (T_f) și timpul de reparare (T_r) se admite ipoteza fundamentală că aceștia sunt variabile aleatoare, independente și identic repartizate.

Pentru determinarea probabilităților absolute ale procesului se obține sistemul de ecuații diferențiale:

$$\left. \begin{aligned} P_0'(t) &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) ; & P_0(0) &= 1 \\ P_1'(t) &= \lambda P_0(t) - \mu P_1(t) ; & P_1(0) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.77)$$

Rezolvând acest sistem de ecuații rezultă:

$$P_0(t) = P_0(0)e^{-(\lambda+\mu)t} + \frac{\mu}{\lambda+\mu} [1 - e^{-(\lambda+\mu)t}] \quad (2.78)$$

respectiv

$$P_1(t) = 1 - P_0(t) \quad (2.79)$$

Dacă se consideră starea 0 ca stare inițială a procesului, atunci $P_0(0) = 1$ și rezultă:

$$P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} e^{-(\lambda+\mu)t} \quad (2.80)$$

$$P_1(t) = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} [1 - e^{-(\lambda+\mu)t}] \quad (2.81)$$

Dacă se consideră starea 1 ca stare inițială a procesului, atunci $P_0(0) = 0$ și rezultă :

$$P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} [1 - e^{-(\lambda+\mu)t}] \quad (2.82)$$

$$P_1(t) = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} + \frac{\mu}{\lambda+\mu} [e^{-(\lambda+\mu)t}] \quad (2.83)$$

Înlocuind $P_0(t)$ cu $D(t)$, respectiv $P_1(t)$ cu $U(t)$, în ipoteza că starea 0 este starea inițială a procesului, adică produsul este în starea de funcționare la momentul $t = 0$, expresiile respective devin:

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} e^{-(\lambda+\mu)t} \quad (2.84)$$

$$U(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \left[1 - e^{-(\lambda + \mu)t} \right] \quad (2.85)$$

Expresia $D(t)$ este *funcția de disponibilitate* a produsului, adică probabilitatea ca produsul să fie disponibil (în stare de funcționare) la momentul t . Funcția de disponibilitate $D(t)$ este o funcție monoton descrescătoare de timp, cu valoare inițială $D(0) = 1$ și cu valoarea asimptotică

$$\lim_{t \rightarrow \infty} D(t) = D = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (2.86)$$

Expresia de mai sus este *disponibilitatea staționară* a produsului, adică probabilitatea ca produsul să fie disponibil la momente depărtate de momentul inițial. Introducând valoarea D în expresia indicatorului disponibilitate se obține forma

$$D(t) = D + (1-D) \exp\left(-\frac{t}{D \cdot T_r}\right) \quad (2.87)$$

în care

$$\frac{t}{D \cdot T_r} = (\lambda + \mu)t = \left(\frac{1}{T_f} + \frac{1}{T_r}\right)t \quad (2.88)$$

Variația funcției de disponibilitate $D(t)$ se poate reprezenta grafic ca în fig. 2.14. Din această variație se poate deduce viteza cu care funcția $D(t)$ se apropie de valoarea sa asimptotică D . Se observă că această funcție descrește exponențial, având constanta timp $D \cdot T_r$.

Dacă $t = D \cdot T_r$ atunci expresia disponibilității devine

$$D(D \cdot T_r) = D + (1-D)e^{-1} = D + 0,368(1-D)$$

Dimpotrivă, dacă $t = 0$, atunci expresia devine

$$D(0) = D + (1-D) = 1$$

care se mai poate scrie

$$D(0) - D = 1 - D$$

Cu alte cuvinte, diferența dintre funcția $D(t)$ și valoarea sa asimptotică D este maximă la momentul inițial, dar scade destul de repede devenind nulă.

Aceste constatări sunt valabile nu numai pentru repartiția exponențială, ci pentru orice fel de repartiție a timpului de funcționare fără defecțiuni (T_f), respectiv a timpului de reparare (T_r). Expresia $U(t)$ este *funcția de indisponibilitate* a produsului $U(t)$, adică probabilitatea ca produsul să fie indisponibil (în stare de defect) la momentul t .

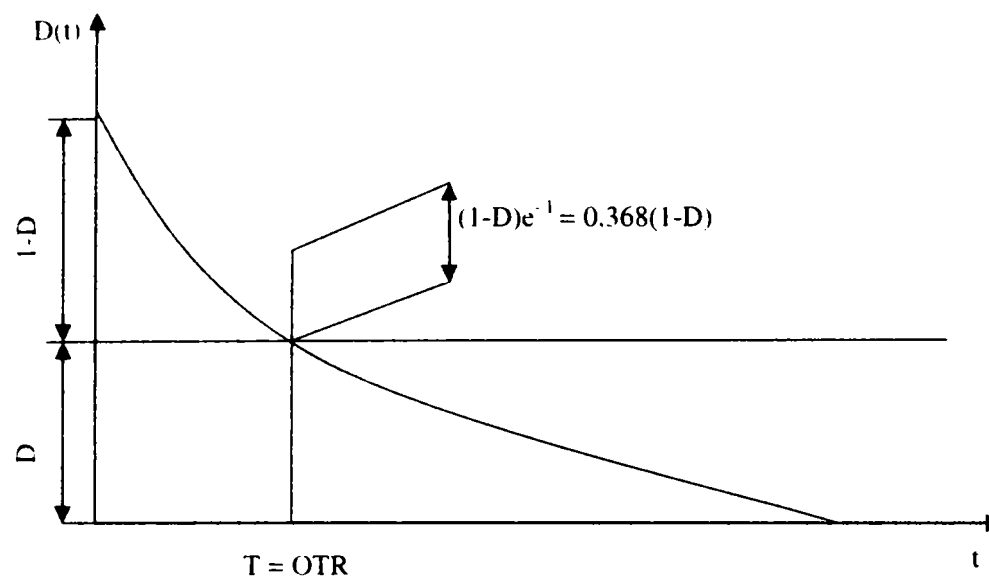


Fig.2.14 Expresia grafică a funcției de disponibilitate [B.02]

Deoarece la un moment t un produs este — conform ipotezei admise — fie în stare de funcționare, fie în stare de defect, rezultă că între $D(t)$ și $U(t)$ există relația:

$$D(t) + U(t) = 1 \text{ sau } U(t) = 1 - D(t)$$

Funcția de indisponibilitate $U(t)$ este o funcțiune monoton crescătoare de timp, cu valoare inițială $U(0) = 0$ și cu valoarea asimptotică

$$\lim_{t \rightarrow \infty} U(t) = U = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (2.89)$$

Expresia de mai sus constituie *indisponibilitatea staționară* a produsului, adică probabilitatea ca produsul să fie indisponibil (în stare de defect) la momente depărtate de momentul inițial.

În cazul când produsul este fără restabilire, este evident că $\mu = 0$ și atunci expresiile $D(t)$ și $U(t)$ devin:

$$D(t) = e^{-\lambda t} = P(t) \quad (2.90)$$

$$U(t) = 1 - e^{-\lambda t} = Q(t) \quad (2.91)$$

Cu alte cuvinte, în acest caz funcția de disponibilitate este chiar funcția de fiabilitate, iar funcția de indisponibilitate este chiar funcția de nonfiabilitate.

Deoarece valoarea asimptotică D este constantă, disponibilitatea staționară se mai numește și *coeficient de disponibilitate*, se notează K_d , și se calculează astfel:

$$K_d = \frac{1 \sum_{i=1}^n t_i}{1 \sum_{i=1}^n t_i + 1 \sum_{i=1}^n t'_i} \quad (2.92)$$

în care t_i sunt intervalele de timp de funcționare fără defectiuni, t'_i sunt intervalele de timp de reparare, iar n este numărul intervalelor, t'_i este respectiv t_i . Folosind alte notații uzuale, expresia anterioară se mai poate scrie:

$$K_d = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} \quad (2.93)$$

în care MTBF este Media Timpilor de Bună Funcționare, iar MTR este Media Timpilor de Restabilire (reparare).

Ținând seama de expresiile anterioare se observă că disponibilitatea produsului este rezultatul a două evenimente: fiabilitatea și mentenabilitatea.

Notând cu $P(E)$ probabilitatea realizării a cel puțin unuia din cele două evenimente (adică probabilitatea ca produsul să fie în stare de funcționare la un moment dat) se obține expresia:

$$P(E) = P(E_1 \cup E_2)$$

unde E_1 este evenimentul de bună funcționare, iar E_2 este evenimentul de reparare. Evenimentele E_1 și E_2 fiind independente și știind că $E_1 \cap E_2 \neq \Phi$, se poate scrie:

$$P(E_1 \cup E_2) = P(E_1) + P(E_2) - P(E_1 \cap E_2)$$

astfel încât

$$P(E_1 \cap E_2) = P(E_1) \cdot P(E_2)$$

din care se obține

$$P(E_1 \cup E_2) = P(E_1) + P(E_2) - P(E_1) \cdot P(E_2)$$

sau

$$P(E_1 \cup E_2) = P(E_1) + [1 - P(E_1)] P(E_2)$$

Înlocuind

$$P(E_1 \cup E_2) = D - \text{disponibilitatea}$$

$$P(E_1) = R - \text{fiabilitatea}$$

$$P(E_2) = M - \text{mentenabilitatea}$$

se obține

$$D = R + (1-R) \cdot M \quad (2.94)$$

Dacă D , R și M depind de timp, atunci expresia de mai sus capătă forma:

$$D(t) = R(t) + [1 - R(t)]M(t') \quad (2.95)$$

Din expresiile anterioare se poate deduce că *disponibilitatea* unui produs (element sau sistem) este determinată de două probabilități:

a) probabilitatea ca produsul să funcționeze fără defecțiuni într-un interval de timp t (fiabilitatea):

b) probabilitatea ca produsul care se defectează în intervalul de timp t să fie repus în funcțiune în intervalul de timp t' (mentabilitatea).

Cu alte cuvinte, cu ajutorul acestor expresii se poate găsi optimul economic între cheltuielile pentru fiabilitate și cele pentru mentenabilitate, în scopul obținerii unui nivel cerut de disponibilitate a produsului, adică realizării cerințelor ca produsul să-și îndeplinească serviciul pentru care a fost destinat, cu un cost global minim.

Expresiile $D(t)$ și $U(t)$ redau în mod corect disponibilitatea, respectiv indisponibilitatea produsului atât la momente apropiate de momentul inițial, cât și la momente depărtate de momentul inițial.

Expresiile lui D (ca valoare asimptotică a lui $D(t)$), redau corect disponibilitatea, respectiv indisponibilitatea produsului numai pentru momente mult depărtate de momentul inițial.

Disponibilitatea constituie forma cea mai complexă de manifestare a calității produselor în procesul exploatării lor, întrucât cuprinde atât fiabilitatea cât și mentabilitatea lor.

Un alt parametru de disponibilitate este *numărul mediu al restabilirilor într-un interval de timp*. Fiind un parametru de disponibilitate specific produselor reparabile (cu restabilire), numărul mediu al restabilirilor unui produs într-un interval de timp dat T , se poate calcula fie pe baza funcției de disponibilitate $D(t)$ și a intensității de defectare λ , fie pe baza funcției de indisponibilitate $U(t)$ și a intensității de restabilire μ . În consecință acest parametru de fiabilitate se poate obține folosind expresia:

$$\eta = D(t)\lambda T \quad (2.96)$$

sau sub forma

$$\eta = U(t)\mu T \quad (2.97)$$

2.5. Tipologia producției industriale

Organizarea concretă a proceselor de producție în diverse forme este în dependență directă cu numărul denumirilor de produse ce se fabrică în veriga respectivă, cu volumul producției care se fabrică din fiecare fel de produs, cu stabilirea nomenclurii de fabricație. Toți acești parametri sunt legați, deci, de tipologia producției industriale.

Tipul de producție poate fi definit ca totalitatea factorilor tehnico-organizatorici ce caracterizează stabilitatea nomenclurii producției fabricate, volumul producției, gradul de specializare a locurilor de muncă, a secțiilor sau firmelor și modul de mișcare a factorilor de producție de natură materială pe locurile de muncă. Importanța practică a structurării pe tipuri de producție industrială constă în aceea că tipul de producție din care face parte o verigă organizatorică a firmei determină metodele de management folosite, de pregătire tehnică a fabricației, de evidență și control etc.

Se deosebesc teoretic trei tipuri de producție, și anume: *producție în masă, în serie și individuală*, cu toate că în practică nici una dintre acestea nu există în formă pură. De aceea, încadrarea unei verigi organizatorice a firmei în unul sau altul din cele trei tipuri de producție trebuie să aibă în vedere nu un singur criteriu, ci ansamblul de criterii care caracterizează separat fiecare din cele trei tipuri de producție în parte.

Deosebirile existente între diferite tipuri de producție influențează gradul de încărcare a locurilor de muncă și deci gradul de specializare al fiecărui loc de muncă. Sub acest aspect deosebim următoarele locuri de muncă: locuri de muncă în care se execută permanent o anumită operație la unul și același reper (caracteristic pentru producția în masă); locuri de muncă la care se execută permanent câteva feluri de operații la mai multe repere și care se repetă după anumite perioade de timp (caracteristic pentru producția în serie); locuri de muncă la care se execută operații diferite la o varietate de repere, care se repetă la perioade de timp nedeterminate sau care nu se repetă niciodată, desfășurându-se fără a avea o anumită succesiune (caracteristic pentru producția individuală).

Tipul de producție influențează nu numai gradul de concentrare al fabricării unui sau altuia dintre repere, dar și mărimea coeficientului de încărcare a locurilor de muncă, care poate lua următoarele valori: sub 0,1 pentru producția individuală; între 0,11 și 0,8 pentru producția de serie; între 0,8 și 1 pentru producția în masă. Tipul de producție exercită o influență importantă asupra costurilor de producție, în sensul că, dacă organizarea producției este mai apropiată de tipul în masă, costul este mai scăzut urmare a reducerii ponderii salariilor ca o consecință a creșterii specializării și productivității muncii. În caz contrar, cu cât organizarea producției se apropie mai mult de producția individuală, cu atât costurile sunt mai mari.

Fiecare dintre cele trei tipuri de producție prezintă anumite caracteristici și condiții proprii de organizare astfel:

2.5.1 Tipul producție în masă

Organizarea acestui tip de producție are loc numai atunci când se asigură încărcarea permanentă a fiecărui loc de muncă cu executarea aceluiași reper, adică atunci când volumul producției și cheltuielile de muncă necesare executării producției satisfac pentru fiecare operație a procesului tehnologic sau pentru totalul operațiilor executate de un executant, în mod succesiv asupra fiecărei unități de produs, relația

$$Q \cdot t \geq F^t \quad (2.98)$$

unde: Q reprezintă volumul de producție din reperul respectiv în perioada luată în calcul;

t – timpul necesar executării operației respective sau totalului de operație asupra unei unități de produs;

F^t – fondul de timp al locului de muncă la care se execută operația respectivă pentru perioada luată în calcul.

Din analiza acestei formule rezultă că volumul de lucrări pe fiecare operație tehnologică sau pe total operații trebuie să asigure ocuparea completă a locului de muncă în perioada luată în calcul, adică:

$$t \geq \frac{F^t}{Q} \quad (2.99)$$

Dacă notăm $\frac{F_t}{Q} = C$ (cadența), adică perioada de timp cuprinsă între obținerea pe

linia de flux a două produse consecutive de același fel, rezultă:

$$t \geq C \quad \text{sau} \quad \frac{t}{C} \geq 1 \quad (2.100)$$

Deci, principala condiție a organizării producției în masă este ca raportul între timpul cheltuit pe unitatea de reper la o anumită operație și cadența liniei să fie supraunitar. Raportul între t și C servește ca indicator pentru determinarea gradului în care o anumită producție are un caracter în masă sau nu. Cu ajutorul acestui indicator se calculează numărul locurilor de muncă, care trebuie organizate pentru executarea continuă a unei anumite operații, adică se asigură o producție ritmică în anumite condiții date.

Caracteristicile acestui tip de producție sunt:

- specializarea fiecărui executant sau loc de muncă în executarea unei anumite operații tehnologice în perioada de timp luată în calcul, fapt ce conduce la crearea premiselor necesare creșterii productivității muncii;

- urmare a deplinei specializării a locurilor de muncă este posibilă repartizarea unui complex de utilaje în vederea executării de produse cu aceeași tipodimensiune și crearea, astfel, a unor sectoare sau linii tehnologice specializate pe repere sau piese. Acest lucru este posibil prin amplasarea utilajelor, instalațiilor și mașinilor în succesiunea operațiilor prevăzute în fluxul tehnologic de fabricație al respectivului produs sau reper. Piesele și subansamblele se deplasează rectiliniu, fapt creează premisele necesare unei ordonanțări corespunzătoare în timp a producției. Se simplifică mult sarcinile managementului operativ al producției respective;

- forma de mișcare a pieselor și subansamblelor asigură desfășurarea rapidă a procesului tehnologic, transformarea factorilor de producție de natură materială în produs finit, în cel mai scurt timp posibil. Executarea continuă a aceluiași reper sau produs evită formarea loturilor de produse, deoarece fiecare produs în parte, după terminarea unei anumite operații, trece imediat la locul de muncă unde se realizează operația următoare;

- ciclul de producție are durată minimă drept consecință a deplasării rectilinii și individuale a fiecărui produs în parte:

$$D_{cip} = t_1 + t_2 + \dots + t_n = \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.101)$$

unde: D_{cip} reprezintă durata ciclului de producție la reperul sau produsul i ;

t_i – timpul unitar al operației procesului tehnologic la reperul sau produsul i .

➤ pentru producerea unuia și aceluiași produs sau reper în cantități mari se admit în mod corespunzător cheltuieli mari pentru mașini, utilaje și instalații de lucru. Adică greutatea specifică a utilajului specializat cu un grad ridicat de înzestrare tehnică este mare, iar S.D.V.-urile pot fi specializate la maximum, fapt ce permite executarea optimă a fiecărei operații;

➤ normativele referitoare la durata operațiilor, datorită repetărilor neîntrerupte pe aceleași locuri de muncă, pot fi studiate și stabilite cu o atenție deosebită, ele fiind mult apropiate de durata efectivă a executării acestora, deci calculele de fundamentarea acestora sunt mai precise;

➤ zilnic fiecare loc de muncă consumă unul și același tip și una de aceeași dimensiune de materie primă, materiale și semifabricate, fapt ce face ca organizarea activității auxiliare să nu fie dependentă de necesitățile de producție așa cum este cazul producției în serie și al producției individuale.

Condiția de bază pentru realizarea producției de masă poate fi satisfăcută pentru diferite produse în măsură diferită. La un anumit volum al cheltuielilor de muncă al operațiilor, volumul de producție din produsul respectiv poate fi atât de mare, astfel încât la fiecare operație să se asigure indicatorul caracterului de masă al producției (I_m) egal cu unu.

În funcție de măsura în care volumul producției și volumul cheltuielilor de muncă al operațiilor în totalitatea lor satisfac relația $I_m = 1$, deosebim următoarele variante:

➤ *producție de masă în flux automatizat (linii automate în flux)* caracterizată printr-o automatizare complexă a procesului de producție în sensul că toate operațiile tehnologice se efectuează cu mașini și utilaje unite într-o linie automată, cu efort uman minim;

➤ *producție de masă în flux neautomatizat*, care se caracterizează prin continuitatea mișcării factorilor de producție de natură materială în procesul de producție, adică fiecare reper după ce a fost prelucrat la o operație este transmis la operația următoare, transportul fiind continuu. Această variantă presupune ca indicatorul I_m la toate operațiile să fie exprimate în numere întregi, adică durata operațiilor trebuie să fie multiplă sau egală cu cadența liniei, conform relației:

$$t \times Q = N_{lm} \times F_t \quad \text{sau} \quad I_m = \frac{t}{C} = N_{lm} \quad (2.102)$$

unde: N_{lm} reprezintă numărul locurilor de muncă sau al utilajelor de la o anumită operație, exprimat în numere întregi.

➤ *producție de masă în flux intermitent*, caracterizată prin aceea că o parte a operațiilor sau toate operațiile au o durată care nu este nici egală și nici multiplă cadenței liniei. Ea este întâlnită frecvent în secțiile de prelucrări mecanice, iar inegalitatea raportului este cauzată fie de cantitățile reduse de produse ce se execută din fiecare fel de produs, fie de imposibilitatea divizării și regroupării operațiilor conexe, fie de instabilitatea constructivă și tehnologică a produselor de executat, care limitează folosirea unui echipament tehnologic specializat. Pentru a reduce la minim posibilitatea pierderilor de timp în condițiile acestei variante este necesar să se folosească o formă deosebită de organizare a muncii.

2.5.2 Tipul producție în serie

Aceasta are drept caracteristică principală repetarea executării aceleiași producții ca și la tipul în masă. Deosebirea esențială între cele două tipuri de producție este dată de faptul că volumul cheltuielilor de muncă unitare corelat cu cantitatea de producție ce trebuie executată într-o perioadă dată în cazul producției în serie, este insuficient pentru a asigura încărcarea fiecărui loc de muncă numai cu executarea unei anumite lucrări și, deci, nu permite permanentizarea fabricării unuia și aceluiași produs o perioadă mai mare de timp.

Restricțiile matematice care trebuie îndeplinite de producția în serie sunt:

$$Q \times t > F_t \quad \text{și} \quad O > N_u \quad (2.103)$$

unde: O reprezintă numărul de operații prin care trec diferitele piese ce trebuie executate în perioada dată;

N_u = numărul de utilaje sau mașini (locuri de muncă) necesare în perioada dată pentru îndeplinirea sarcinii de producție Q .

Folosirea integrală a fondului de timp al unui executant se realizează prin îmbunătățirea diferitelor operații ale procesului tehnologic aferent diferitelor repere sau produse. Cu cât sunt mai diferiți termenii inegalității cu atât crește numărul de operații diferite ce trebuie să se execute pe un anumit loc de muncă pentru a asigura folosirea integrală a fondului de timp al locului de muncă respectiv.

Folosirea integrală a fondului de timp de muncă în cadrul acestui tip de producție se realizează atunci când:

$$Q \times t = F_t \quad (2.104)$$

unde: F_t reprezintă fondul total de timp de muncă;

Q, t = cantitatea de produse respectiv timpul necesar executării tuturor operațiilor la locul de muncă considerat.

Acest tip de producție are următoarele caracteristici:

➤ din cauza lipsei unei specializări depline a locurilor de muncă, nu este posibilă separarea unui anumit utilaj sau sector de producție la care să se execute numai produse de o anumită tipodimensiune. Deoarece fiecare poziție din programul de producție ocupă numai o parte din fondul de timp al locului de muncă, al utilajului și al executantului, după îndeplinirea sarcinilor care se referă la această poziție, executantul va realiza sarcini referitoare la altă poziție din programul de producție, iar utilajul va fi oprit și supus unei noi reglări. În caz contrar, atât executantul, cât și utilajul vor intra în așteptare o perioadă mare de timp până când vor primi din nou sarcini referitoare la aceeași poziție;

➤ fluxul tehnologic al diferitelor produse este de cele mai multe ori diferit, fapt pentru care nici componenta lucrărilor care se execută pe diferite locuri de muncă nu este aceeași la toate locurile de lucru. Din aceste considerente, în secțiile cu producție în serie,

amplasarea utilajelor se face, de regulă, nu în funcție de fluxul tehnologic, ci după caracteristicile omogenității constructive și tehnologice a acestora;

➤ trecerea reperelor și produselor de la o operație la alta, de la un loc de muncă la altul se face în loturi de repere sau de produse. Aceasta, deoarece nu este posibilă executarea producției bucată cu bucată, executarea fiecărui exemplar de produs în mod individual, fapt ce ar necesita mari cheltuieli de timp pentru pregătire și încheiere. Pentru a reduce ponderea acestui fel de cheltuieli de timp în total timp pe bucată, produsele sau reperele de o anumită tipodimensiune se grupează pe loturi de n produse și trec în astfel de loturi prin toate operațiile tehnologice;

➤ creșterea substanțială a duratei ciclului de fabricație urmare a executării reperelor sau produselor pe loturi:

$$D_{cip} = n (t_1 + t_2 + \dots t_n) \quad (2.105)$$

unde: n reprezintă mărimea lotului de repere sau produse.

Această creștere este determinată de faptul că la executarea fiecărei operații pe un anumit loc de muncă, există concomitent nu un singur produs, ci un lot de n produse;

➤ mărimea lotului este un factor important de creștere a productivității muncii și de îmbunătățire a folosirii utilajului. Cu cât este mai scăzută ponderea timpului de pregătire-încheiere în timpul total pe bucată, cu atât se folosesc mai bine atât timpul de lucru al executantului, cât și fondul de timp al utilajului. Mărimea lotului este la rândul său influențată de volumul cheltuielilor unitare de muncă vie și materializată de complexitatea procesului tehnologic etc. Utilizarea eficientă presupune două condiții: pentru fiecare parte a produsului care se execută este necesar să fie stabilite și determinate mărimile necesare ale loturilor; diferite părți ale produsului finit se repetă în producția de serie cu frecvențe diferite, în sensul că părțile care se produc în loturi mai mari se repetă mai rar, iar cele în loturi mai mici, mai des;

➤ incompleta specializare a locurilor de muncă reduce baza tehnico-organizatorică a firmei cu producție în serie, fapt concretizat în caracterul variabil al încărcării locurilor de muncă și, legat de aceasta, necesitatea modificării sistematice a reglajului mașinilor – în cazul trecerii la executarea altei lucrări – îngreunează în

producția de serie folosirea largă a utilajului specializat, automatizat și semiautomatizat. Posibilitățile de normare tehnică a muncii și de stabilire fundamentată a duratei proceselor tehnologice sunt cu atât mai reduse, cu cât sunt mai mici cantitățile de produse care se execută din fiecare fel de produs și cu cât se schimbă mai des programul de producție. Modificarea sistematică a sarcinilor de producție și a condițiilor de producție pe locuri de muncă fac ca activitățile auxiliare și de servire, controlul tehnic de calitate, organizarea evidenței etc. să fie mult mai complicate decât în cazul producției de masă.

În funcție de gradul de îndeplinire a caracteristicilor precizate anterior, deosebim trei forme de producție în serie, și anume: *producție de serie în flux* (producție de serie mare); *producție de serie* (serie mijlocie); *producție de serie cu o nomenclatură de produse care nu se repetă sistematic* (serie mică).

2.5.3 Tipul producție individuală

Acest tip are deosebiri evidente față de tipurile precedente și se caracterizează prin următoarele trăsături:

➤ instabilitatea nomenclurii și varietate mare a producției ce se fabrică în cantități mici. Deși fabricarea fiecărui produs sau reper în acest caz necesită mari cheltuieli, totuși limitarea producției la aceste produse într-o anumită perioadă de timp nu ar asigura încărcarea deplină a utilajelor și a mașinilor existente în firmă. Din aceste considerente, în astfel de firme se produce în paralel o varietate mare de produse, dar în cantități mici, uneori unicate;

➤ este imposibilă specializarea tehnologică a locurilor de muncă sau permanentizarea unor piese și detalii pe anumite locuri de muncă. Aceasta deoarece se fabrică o varietate mare de produse, dar în cantități mici;

➤ se folosesc utilaje și SDV-uri universale, datorită varietății produselor fabricate și lipsei de repetare acestor produse;

➤ ciclul de producție are o durată relativ mare. Varietatea mare a nomenclurii produselor fabricate, frecvența mare a modificărilor din nomenclatorul de fabricație, folosirea unor mașini și SDV-uri universale, determină o durată relativ mare a ciclului de producție și forma de îmbinare succesivă a operațiilor

➤ apropierea managementului operativ de locurile de muncă, deoarece pe diferitele locuri de muncă se găsește în același timp o mare cantitate de piese deosebite constructiv și tehnologic, fapt ce îngreunează funcționarea unui management centralizat.

Situația industriei românești în perioada de tranziție se caracterizează prin restructurare și reconversie, prin trecerea la cea mai eficientă formă de management industrial. Această trecere trebuie să fie o linie continuă a dezvoltării principalelor ramuri industriale, de aceea clasificarea producției pe tipuri nu are numai un caracter teoretic, ci și unul practic, chiar prospectiv, care să conducă, pe baza caracteristicilor fiecărui tip de producție, la alegerea acestui tip de producție care va permite creșterea producției, îmbunătățirea parametrilor calitativi ai acesteia, sporirea aportului producției industriale în creșterea indicatorilor macroeconomici.

Capitolul 3

FRECAREA, UZAREA ȘI LUBRIFIEREA CUPLELOR DE FRECARĂ

3.1 Legătura dintre procesul de uzură și defectări

În vederea sporirii gradului de fiabilitate a sistemelor tehnice pentru durate lungi de timp, se procedează la eliminarea defecțiunilor din „perioada de tinerețe” și la o strictă aplicare a procedurilor privind înlocuirea preventivă a elementelor, în vederea excluderii influențelor datorate uzurii. Un sistem tehnic supus periodic și sistematic unor revizii efectuate la intervale de timp adecvate, practic nu îmbătrânește. Elementele neavând răgazul să se uzeze, rata de defectare, redusă ca mărime, va reflecta numai fenomenul defecțiunilor accidentale. În asemenea cazuri, comportarea produselor nu depinde de istoria evoluției lor anterioare, starea și modul de funcționare actual nu depind de trecut, defecțiunile actuale nu sunt influențate de cele trecute, iar cele viitoare nu depind de cele trecute, produsul reparat poate fi considerat ca efectuând același serviciu ca un produs nou. Avem de a face, în aceste condiții, cu așa-numitele „procese fără memorie”.

În general calculele de fiabilitate în perioada normală de funcționare se efectuează utilizând legi de repartiție exponențiale sau Poisson, fiind însă necesar să se întreprindă măsuri pentru preîntâmpinarea apariției fenomenelor de uzură, printr-o programare a înlocuirii elementelor spre sfârșitul perioadei normale de funcționare, în vederea eliminării căderilor de îmbătrânire și uzură.

Studiile de estimare a fiabilității nu se pot efectua însă numai pe baza datelor referitoare la defecțiunile accidentale, neglijând pe cele de uzură.

Studiul uzurii este deosebit de util în vederea stabilirii regimului mentenanței preventive, pentru dimensionarea stocului de piese de schimb etc.

Utilizarea acestor studii este mai evidentă pentru cazul sistemelor complexe formate din zeci de mii de elemente, unde probabilitatea defectării prin uzură poate atinge valori care să afecteze gradul de fiabilitate chiar în condițiile când rata defectărilor accidentale este apropiată de zero.

În [B.02; 92] se propune următorul model de experimentare: se supun observației un număr de produse identice până la defectarea tuturor elementelor sau a unui procentaj însemnat din volumul celor observate. Informațiile referitoare la „defectările de tinerețe” și „defectările de uzură” se vor exclude. Se presupune că rata defectărilor accidentale rămâne constantă pe parcursul duratei normale de utilizare, deci și probabilitatea defectărilor accidentale rămâne nemodificată, crescând însă probabilitatea defectărilor prin uzură, pe măsura înaintării în timp. Un asemenea proces nemaifiind staționar, nu mai poate fi descris cu ajutorul repartiției Poisson sau exponențiale. Din studiile privind procesul de uzură și regimul căderilor se degajă ideea unei tendințe bine precizate în evoluția acestor fenomene.

Modelarea unui asemenea comportament, trebuie să țină seama de această particularitate. Sunt preconizate diferite rezolvări: unii autori recomandă utilizarea în aceste cazuri a legii normale sau lognormale, iar alții consideră că descrierea acestor fenomene se realizează cu ajutorul repartiției Weibull.

3.2 Frecarea și efectele ei.

Frecarea poate fi definită ca un proces complex de natură moleculară, mecanică și energetică, care are loc între suprafețele de contact a două sau mai multe corpuri aflate în mișcare relativă una față de alta.

Frecarea poate să fie:

➤ *dăunătoare*, datorită apariției fenomenelor de încălzire și uzare care conduc la scoaterea din uz a subansamblului de frecare (lagăre, piston-cilindru, angrenaje etc), sau datorită apariției vibrațiilor (mișcarea sacadată ce apare la ghidajele mașinilor-unelte, preselor etc).

➤ *utilă*, atunci când apare la ambreiaje, frâne, îmbinări cu pană, variatoare prin fricțiune etc, deși poate fi însoțită de fenomene de încălzire, vibrații și uzare.

Frecarea poate să fie de mai multe tipuri:

1. *Frecarea uscată* are loc atunci când între suprafețele corpurilor aflate în contact nu se interpune nici un strat de lubrifiant, excepție făcând peliculele absorbite din mediul gazos ambiant (molecule de O_2 , N_2 , H_2O). Mărimea forței de frecare depinde de presiunea, natura, gradul de finisare cât și de viteza relativă a suprafețelor aflate în contact. Acest tip de frecare face să apară fenomenul de oscilație, care transformă energia mecanică în energie termică, urmată de uzura suprafețelor și chiar griparea rapidă a pieselor aflate în contact. O

bună lubrifiere înlătură total sau parțial aceste consecințe, funcție și de exploatare, rugozitatea suprafețelor și materialele utilizate.

2. *Frecarea fluidă și semifluidă* (fig.3.1) apare atunci când între suprafețele aflate în contact se găsește un strat de fluid compus la rândul lui din trei părți: două dintre ele aderă la câte o suprafață, iar al treilea se găsește între cele două. Frecarea are loc datorită schimbului de molecule cu viteze diferite. Datorită acestui fapt se produce o mărire a dezordinii moleculare și deci, încălzirea, care depinde de trei factori:

- viteza relativă între straturile de fluid;
- grosimea stratului de fluid dintre cele două suprafețe;
- natura fluidului, caracterizată prin coeficientul de vâscozitate, care conduce la o frecare semifluidă în cazul când acesta este foarte fluid.

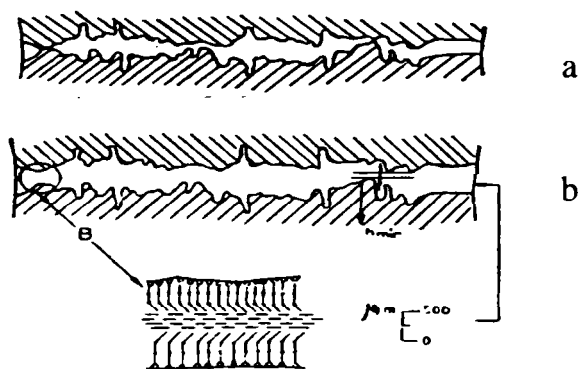


Fig.3.1. Schița regimului de frecare semifluidă a) și fluidă b) [C.08]

3. *Frecarea limită sau onctuoasă* (fig. 3.2) are loc atunci când presiunea dintre suprafețele aflate în contact este ridicată și stratul de fluid dintre suprafețe este eliminat rapid, rămânând numai fluidul aderent la suprafețe, suficient însă pentru a împiedica contactul direct metal-metal și eventual gripajul. Stratul de lubrifianț aderent la suprafața de frecare este legat de aceasta prin puternice forțe de adeziune moleculară, realizându-se o ungere onctuoasă. În condiții foarte severe, straturile absorbite pot fi îndepărtate de pe suprafețele de frecare. În aceste situații este necesar fie un lubrifianț solid (grafitul) fie un strat de reacție chimică (oxid sau sulfură metalică).

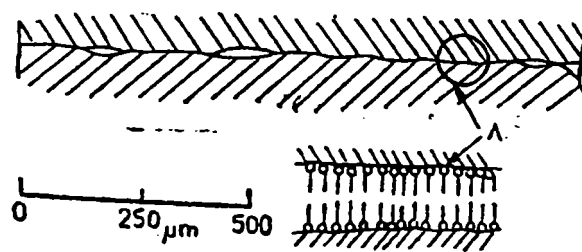


Fig. 3.2. Schița contactului suprafețelor în regim de frecare limită [C.08]

3.3 Uzura, consecință a frecării.

Uzura se definește ca o modificare treptată a dimensiunilor însoțită de pierderea preciziei, în timpul exploatarei, ca urmare a frecării suprafețelor de contact.

Uzura poate îmbrăca următoarele forme (fig 3.3):

1. *Uzura normală de funcționare* care este rezultatul acțiunii frecării, al fenomenelor chimice și electrochimice, ea fiind condiționată de calitatea materialelor, de felul prelucrării, tipul de întreținere și reparații aplicat etc. Este normală în condițiile respectării întreținerii prescrise și ale exploatarei utilajelor conform normelor și parametrilor de utilizare.

Limita uzurii normale se consideră a fi atinsă atunci când calitatea lucrului efectuat de către o mașină, un utilaj sau o instalație începe să devină necorespunzătoare.

În procesul de frecare-uzare o importantă influență o au: temperatura de lucru, componentele de frecare, procesele de transfer de căldură care produc modificări dimensionale și fac ca uzura să varieze foarte mult, fiind chiar o componentă a fiabilității proiectate pe toată durata de viață a utilajului, uzură ce începe odată cu intrarea în funcțiune a mașinii, utilajului sau instalației și continuă pe toată durata de funcționare chiar dacă li se aplică metode moderne de întreținere și reparație.

2. *Uzura accidentală sau uzura de avarie* care este rezultatul creșterii intensive a uzurii normale, ca urmare a dereglării funcționării mașinii, a nerespectării regimului de exploatare, întreținere și reparații. Uzura se produce rapid și are efecte mari asupra mașinilor și instalațiilor deoarece cuprinde multe sisteme ale acestora.

Mărimea uzurii depinde de următorii factori :

- Calitatea materialelor utilizate,
- Rugozitatea suprafețelor în contact,
- Calitatea și tipul lubrifiantului,
- Regimul de lucru al pieselor în contact,
- Viteza și presiunea specifică a pieselor în mișcare,
- Toleranțele dintre piesele aflate în contact,
- Duritatea pieselor.

Existența uzurii poate fi evidențiată cu ajutorul următoarelor criterii:

- *Tehnice și tehnologice* care conduc la apariția jocurilor, zgomotelor, scăderea preciziei.

- *Economice* care generează consum exagerat de carburanți, lubrifianți și cheltuieli mari de întreținere.

Uzarea poate să fie de mai multe tipuri, și anume:

1. *Uzura mecanică* este rezultatul direct al frecării suprafețelor a două piese și se întâlnește sub formă de uzură prin abraziune și prin coroziune.

➤ *Uzura prin abraziune* se caracterizează prin apariția unor deformații microplastice și prin tăierea unor straturi subțiri metalice, de către particule dure abrazive, care se află între suprafețele de frecare. Din punct de vedere al intensității, uzura prin abraziune depinde de proprietățile fizico-chimice ale materialelor din care sunt fabricate piesele, de însușirile particulelor abrazive, de viteza de alunecare și presiunea în timpul frecării. Ca fenomen fizic, abraziunea poate fi considerată ca un proces de așchiere, aplicându-i-se aceste legi.

➤ *Uzura prin eroziune* se produce datorită contactului direct al suprafețelor de frecare, adică atunci când pelicula de lubrifianț este întreruptă, sau nu s-a format deloc, cazul pornirii mașinii, când vâscozitatea este prea mare sau la temperaturi prea mari, când vâscozitatea este foarte mică.

2. *Uzura termică* se produce datorită frecării care ridică temperatura la suprafața pieselor schimbând proprietățile fizico-mecanice, strivirea sau griparea suprafețelor. În funcție de temperatură, prin frecare au loc în piesele în contact fenomene ca: recristalizarea, revenirea, călirea și chiar topirea acestora.

3. *Uzura prin coroziune* este un proces de degradare a suprafețelor metalice sub acțiunea mediului înconjurător. Poate fi și de natură chimică atunci când anumite substanțe atacă piesele, și electro-chimică dacă se formează pile electrice locale sub acțiunea sau în prezența unor săruri care acționează ca niște electroliți.

4. *Uzura prin oxidare* este determinată de pătrunderea oxigenului în stratul superficial al metalului. Uzura în acest fel are două forme: în prima formă oxigenul intră la suprafață și o descompune sub formă de pulbere, iar în a doua formă apare o altă structură care reprezintă oxizi de metal ce se caracterizează printr-o duritate mare și o fragilitate ridicată.

5. *Uzura prin oboseală* este determinată de acțiunea sarcinilor variabile asupra pieselor. Această uzură apare sub formă de frecare, exfolierea suprafețelor și uzura de cavitație.

➤ *Uzura prin fretare* este determinată de distrugerea suprafețelor metalice datorită suprapunerii efectelor de alunecare și oxidare. Ea are loc atunci când între două piese în contact puternic apar totuși deplasări nedorite.

➤ *Uzura prin exfoliere* se caracterizează prin desprinderea unor straturi superficiale foarte subțiri (de ordinul milimicronilor) de pe suprafețele metalice. Exfolierea apare în special la piesele care prezintă tensiuni remanente sau la materialele friabile.

➤ *Uzura de cavitate* este provocată de sarcinile ciclice care acționează pe suprafețele metalice care lucrează în diverse medii (turbine, pompe etc.).

3.3.1 Limitele de uzură ale pieselor

Limita de uzură a unei piese o constituie, în condiții normale de exploatare, apariția jocului maxim admis. La această limită, exploatarea în continuare a mașinii sau utilajului cu jocuri maxime duce la apariția uzurilor de avarie însoțită de creșterea consumurilor de lubrifianți.

Limita de exploatare a pieselor de mașini și utilaje se poate stabili după următoarele criterii de bază: *criteriul tehnic*, *criteriul tehnologic (de funcționare)* și *criteriul economic*.

La stabilirea limitei de uzură a pieselor se va avea în vedere unul din aceste criterii, celelalte două servind drept criterii ajutătoare sau de verificare. De exemplu, la mijloacele de transport auto, criteriul tehnic se aplică la organele transmisiei automobilului, criteriul tehnologic la cutia de viteze (atunci când regimul de funcționare normal se schimbă), iar criteriul economic la motor, pe baza consumurilor de combustibil și lubrifianți.

3.3.2 Metode de măsurare a uzurii

3.3.2.1 Metode discontinui de măsurare a uzurii

Metoda măsurării dimensiunilor. Măsurătorile se pot face cu micrometre de exterior, cu micrometre de interior sau cu comparatoare cu cadran, precizia măsurătorilor variind între $\pm 10\mu$ și $\pm 2\mu$. La utilizarea acestei metode trebuie avut în vedere ca măsurătorile să se efectueze în raport cu o bază fixă.

Aprecierea uzurilor prin această metodă nu se face decât aproximativ, deoarece cu aparatură ca micrometrele și comparatoarele cu cadran, două măsurători nu se suprapun, în general, pe aceleași puncte. De asemenea, apar o serie de erori determinate de caracterul microsuprafețelor, de diferența de temperatură dintre piesă și instrumentul de măsură, de neuniformitatea apăsării instrumentului de măsură etc.

Metoda cântăririi. Această metodă constă în stabilirea diferenței dintre greutatea inițială și cea finală (după un anumit timp de funcționare) a piesei considerate, determinându-se astfel uzura globală în greutate sau uzura relativă în procente. Determinarea uzurii liniare este posibilă numai în ipoteza unei repartizări uniforme a uzurii pe suprafața de lucru a pieselor, ceea ce în cele mai multe cazuri nu corespunde realității.

Aplicarea acestei metode este indicată la piesele la care determinarea uzurii prin micrometre nu este satisfăcătoare și care au uzuri sensibile din punct de vedere gravimetric.

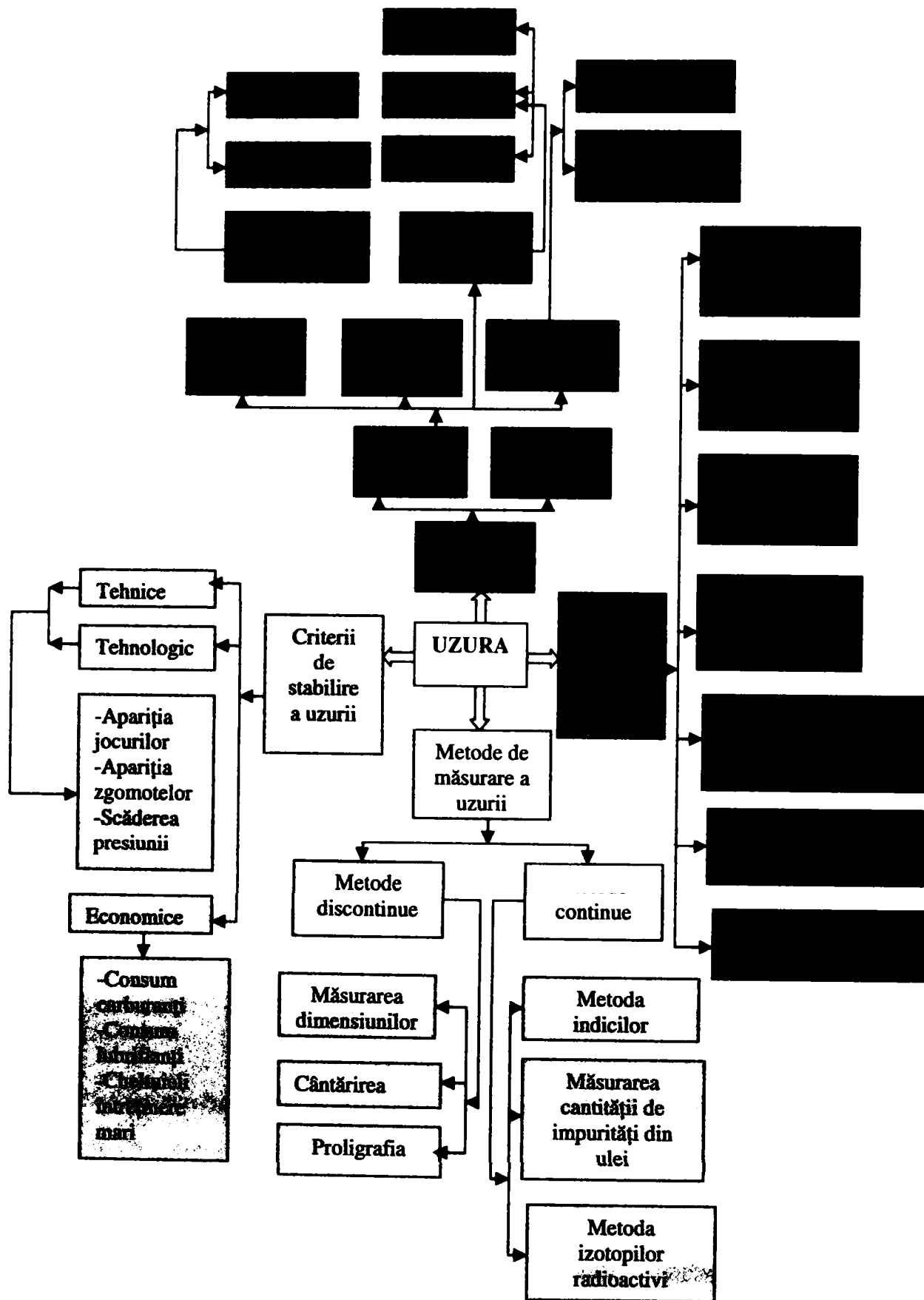


Fig 3.3 Schema-bloc a uzurii utilajelor și instalațiilor [C.08]

Metoda profilografierii. Această metodă constă în ridicarea profilogramei suprafeței de lucru a uneia sau mai multor secțiuni dintr-o piesă cu ajutorul unui profilograf mecanic sau electric.

Metoda poate fi aplicată în două variante:

— prin ridicarea unei singure profilograme (pentru aceeași secțiune), în cazul când baza de măsurare este reprezentată de o față neuzată a piesei;

— prin ridicarea a două profilograme (pentru aceeași secțiune), în cazul în care se trasează un riz transversal față de secțiunea profilografiată și a cărei adâncime maximă formează baza de măsurare.

Uzura este determinată de distanța dintre cele două profilograme ridicate, înainte și după funcționarea piesei considerate.

3.3.2.2 Metode continue de măsurare a uzurii

Metoda indicilor funcționali. Metoda constă în aprecierea uzurii diverselor organe în timpul funcționării mașinii pe baza indicilor de lucru (de exemplu, puterea la motoarele termice). Aplicarea acestei metode dă rezultate satisfăcătoare numai în cazul unor mașini simple. În cazul unor mașini complexe, utilizarea indicilor funcționali pentru determinarea uzurii întregii mașini dă numai aprecieri calitative.

Metoda măsurării cantității de impurități din ulei. Metoda se bazează pe ipoteza că, în timpul funcționării, din totalul metalului preluat de către ulei datorită uzurii pieselor prin frecare 90-95% provin din uzura părților în contact. Metoda nu poate avea decât un caracter comparativ și aceasta numai atunci când se respectă condițiile de similitudine.

Metoda izotopilor radioactivi. Cu ajutorul metodei izotopilor radioactivi se poate studia uzura, dându-se astfel posibilitatea de a alege materialele corespunzătoare pentru anumite condiții de lucru. De asemenea, se poate preveni uzura accidentală. Această metodă prezintă o serie de avantaje în comparație cu celelalte metode de cercetare a uzurii. Utilizată împreună cu una dintre acestea, prin metoda izotopilor radioactivi pot fi obținute informații utile la proiectare și exploatare.

Avantajele principale ale metodei izotopilor radioactivi constau în:

- sensibilitatea deosebită a aprecierii uzurii, care ajunge până la 10^{-12} g;
- posibilitatea măsurării simultane a uzurii la mai multe piese, fără demontarea utilajului, ceea ce permite punerea în evidență a influenței diferiților factori asupra uzurii.

Determinarea uzurii cu ajutorul izotopilor radioactivi constă în introducerea de substanță radioactivă în piesele cercetate și în înregistrarea, cu ajutorul unui contor, a numărului de impulsuri produse de particulele de substanță radioactivă antrenate odată cu

produsele uzurii de către lubrifianți. Creșterea uzurii este proporțională cu mărimea radioactivității uleiului, convertirea făcându-se prin folosirea unei unități etalon.

Cu ajutorul metodei izotopilor radioactivi se pot crea diferite sisteme pentru semnalizarea automată a uzurii maxime admisibile a agregatelor. În acest caz, la o anumită adâncime de la suprafața piesei în frecare se introduce o substanță radioactivă. Când piesa se uzează până la adâncimea marcată cu substanța radioactivă, începe să antreneze și din substanța radioactivă. În lubrifianți vor apărea, în acest caz, particule radioactive, a căror prezență va fi imediat înregistrată de sistemul de semnalizare.

3.4. Lubrifianți

După starea lor de agregare, lubrifianții pot fi: lichizi, solizi și gazoși.

3.4.1. Lubrifianți lichizi

Ponderea maximă în producția și consumul de lubrifianți o dețin în etapa actuală uleiurile, care pot fi neaditivat și aditivat compoundate.

Uleiurile se împart în:

1. *Uleiuri minerale* care sunt amestecuri de hidrocarburi parafinice, naftenice, aromatice și cu structură mixtă cu un anumit conținut de combinații oxigenate, sau cu sulf. Comportarea lubrifianțului ca element de antifrecare și antiuzare este dictată de natura chimică și structura moleculară a hidrocarburilor constituente. De exemplu, hidrocarburile ciclice (naftenice, aromatice și mixte) au un rol important în ridicarea vâscozității.

2. *Uleiurile sintetice* au apărut ca urmare a unor condiții tot mai grele ce se cer în funcționarea mașinilor moderne (presiuni și temperaturi ridicate, ungerea aparatului nuclear etc.) .Astfel, s-au obținut uleiuri de sinteză cu o dependență vâscozitate-temperatură mai bună, cu rezistență mai mare la oxidare, la descompunerea termică etc. Lubrifianții sintetici cei mai cunoscuți sunt: esterii acizi, diabazici, uranofosfați, esterii siliconi, poliglicoli, esterii și compuși hidrocarburanți fluorati sau clorurați. Siliconii pot fi utilizați între -50° , $+ 450^{\circ}$ C și prezintă un caracter eficient antispumant, iar la sarcină ridicată vâscozitatea lor crește repede cu presiunea.

3.4.2. Unsoare consistente

Unsoarele consistente sunt dispersii de săpunuri metalice în uleiuri minerale (uleiuri naftenice) sau lichide uleioase. Din punctul de vedere al frecării interne, unsoarele consistente fac parte din categoria mediilor newtoniene .(medii plastice sau cvasiplastice). Funcționarea

cuplei de frecare lubrificate cu unsoare este limitată de temperatură , care trebuie să fie mai mică decât punctul de picurare (temperatura la care unsoarea începe să picure sub acțiunea propriei sale greutate).

Unsurile folosite mai des sunt: unsori consistente de uz general, unsori pentru rulmenți, unsori în brichete pentru lagăre deschise, unsori grafitate pentru LDE, unsori de litiu-calciu-plumb , unsori de bariu, unsori de litiu-calciu, unsori pentru temperaturi joase, unsori de bariu-aluminiu etc.

În afara unsoarelor amintite mai sus se utilizează, în anumite condiții, unsoarele sintetice, unsori care au diferite compoziții chimice (esteri, fluoresteri, poliglicoli, polimeri și siliconi). Aceste unsori corespund ca și uleiurile sintetice unui domeniu mai mare de temperaturi față de lubrifianții minerali, având totodată o mare stabilitate chimică și o redusă sensibilitate vâscozitate-temperatură.

3.4.3. Lubrifianți solizi

În anumite condiții de frecare (presiune, temperatură, mediu de lucru), lubrifianții lichizi nu mai pot fi utilizați cu eficiență. Aceștia sunt înlocuiți cu lubrifianți solizi.

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească lubrifianții solizi sunt următoarele:

- rezistență la forfecare redusă și duritate redusă pentru a avea un coeficient de frecare mic;
- o bună aderență la materialul de bază, continuitatea filmului și durabilitatea prin posibilitatea regenerării;
- elasticitate, bună conductibilitate și stabilitate termică, densitate redusă;
- conductibilitate electrică;
- granulație redusă și uniformă, precum și lipsă de particule abrazive;
- lipsă de corozivitate.

Ponderea uneia sau altele dintre aceste cerințe este în funcție de regimul de frecare și de natura lubrifiantului utilizat. Eficacitatea aceluiași lubrifiant este dată de microgeometria suprafeței suport și de tehnologia de preparare a acesteia.

3.4.4. Aditivi

Aditivii au rolul de a influența modificarea anumitor proprietăți ale lubrifianților. După natura acestor proprietăți, aditivii se pot clasifica în:

- a.) aditivi pentru mărirea vâscozității și îmbunătățirea indicelui de vâscozitate (polisobutilenă, acid polimetacrilic, parafină și naftalină clorată);

b.) aditivi cu acțiune detergent-dispergentă (compuși organo-metalici de Zn, Sn, Ni, Ca, și derivați fenolici, fosfați, sulfuri);

c.) aditivi cu acțiune antioxidantă și antispumantă;

d.) aditivi pentru îmbunătățirea condițiilor de frecare și uzare;

➤ aditivi pentru micșorarea și stabilizarea coeficientului de frecare;

➤ aditivi pentru limitarea uzării progresive la sarcini medii și ridicate;

➤ aditivi cu acțiune antigripantă sau de extremă presiune.

Alegerea unuia sau altuia dintre acești aditivi trebuie făcută în strânsă corelație cu particularitățile regimului de frecare, deoarece același aditiv poate avea efecte pozitive într-o situație și negativă în alta.

Aditivii trebuie să respecte următoarele cerințe:

- să nu conducă la intensificarea uzării (aditivii antigripanți) în comparație cu uleiul pur. Dacă aditivul antigripant nu poate să respecte această condiție, atunci se introduce și un aditiv special care preîntâmpină uzarea intensivă;

- să nu corodeze oțelul sau aliajele moi la temperatura de funcționare și să nu conducă la ruginirea suprafețelor de oțel în condițiile unei temperaturi ridicate. Pentru evitarea acestui lucru, se introduc componentele speciale anticorozive;

- să aibe proprietăți stabile în funcționare; să aibe stabilitate termică în gama temperaturilor de funcționare, să nu se descompună și să nu formeze depuneri;

- să fie dizolvabili în uleiul de bază și stabili în soluția de păstrare. Dacă aditivul dă o soluție coloidală în ulei, este necesar să fie nedizolvabil în apă mai ales atunci când în condiții de exploatare poate ajunge în sistemul de ungere;

- să nu distrugă materialele de etanșare (cauciuc, piele etc);

- aditivii pentru îmbunătățirea condițiilor de frecare și uzare trebuie să aibă și acțiune antispumantă și antioxidantă;

- aditivii necesari condițiilor severe de frecare trebuie să aibă proprietăți bune atât la viteze și sarcini mici, cât și la viteze și sarcini mari, de exemplu pentru regimul de ungere a angrenajelor hipoide ale automobilelor.

În calitate de aditivi care micșorează frecarea și uzura și care preîntâmpină griparea, se folosesc următoarele categorii în formă pură sau în combinație: grăsimi animale, vegetale și acizi grași; legături organice de sulf; de halogeni (în special de clor); de fosfor; de azot; diferite legături metalice (de exemplu săpun de plumb, acid și bisulfură de Mo, W, legături organice de Zn, Fe coloidal etc.); legături ce conțin câteva elemente active în aceeași

moleculă (S, Cl, N și altele); aditivi pentru combaterea biodegradării lubrifianților (sub acțiunea unor bacterii).

3.4.5 Importanța lubrifierii în funcționarea utilajelor, mașinilor și instalațiilor

Orice program de întreținere trebuie să cuprindă activitatea de lubrifiere, modul de realizare și de organizare a ei, pentru a se efectua cu cheltuieli minime dar să aibă o eficacitate maximă.

Lubrifierea, ca operație, este importantă pentru utilaje și agregate, pentru buna lor funcționare, iar ca activitate prezintă importanță prin logistica ce se desfășoară pentru aprovizionarea, depozitarea lubrifianților și prin realizarea în sine a ungerii fiecărui utilaj, mașină, instalație sau agregat. Ungerea ține mai ales de prelungirea duratei de funcționare și conservarea mașinilor. Un utilaj, o instalație, are nevoie de ungere, fără de care nu poate funcționa. De aceea este necesar ca încă de la achiziționare, să se elaboreze un program de organizare a activităților de lubrifiere, care să cuprindă toate lucrările specifice de aprovizionare cu toate tipurile de lubrifianți, forma de aprovizionare, modul de depozitare, elaborarea instrucțiunilor de ungere, a tehnologiei de realizare a ungerii, de cine, când, cum, cu ce, cât.

Operația de lubrifiere poate fi executată de operatorul de producție sau de persoane specializate, în funcție de complexitatea și specificul utilajului, al agregatului sau instalației. Practica a demonstrat că efectuarea lucrărilor de ungere de către personal specializat este preferabilă, întrucât se crează posibilitatea combinării activității de curățire cu cea de ungere, iar durata ungerii se reduce

Problema lubrifierii capătă valențe diferite, în funcție de mărimea unității, de structura și gradul de complexitate al mașinilor și utilajelor. Problema este mai ușoară pentru întreprinderile care au în dotare un număr relativ restrâns de grupe de utilaje de același fel, ea devine una complexă pentru acele unități care prin specificul lor de producție dețin o gamă variată de tipuri de instalații, utilaje și agregate.

Datorită complexității operațiilor de lubrifiere și implicațiilor acestora asupra funcționării normale a utilajelor, pe plan mondial, se manifestă tendința de a tipiza materialele de ungere și a simboliza periodicitatea ungerilor: zilnic, săptămânal, lunar etc., după un anumit număr de ore de funcționare sau conform programării. Pe baza tipizării materialelor de ungere și a celor auxiliare, a determinării periodicității ungerii se întocmește „**fișa de ungere**” a fiecărui utilaj și agregat, fișă ce reprezintă un document de bază în sistemul de întreținere și reparație al utilajelor. În practică fișa de ungere se întocmește lunar, cu 10 zile înainte pentru

luna următoare, de către compartimentul de întreținere și reparații. Fișa cuprinde date referitoare la:

- punctele de ungere,
- lubrifianții utilizați,
- sistemul de ungere,
- periodicitatea ungerii.

Fișa servește la programarea lucrărilor de întreținere a utilajelor și la determinarea necesarului de lubrifianți.

În privința lubrifierii este necesară respectarea cu strictețe a tipurilor de lubrifianți indicați de constructorul mașinii sau utilajului, iar în cazul când nu există sortimentul recomandat, acesta va fi înlocuit cu altul care are proprietăți similare, constatate prin analize de laborator.

Stocarea lubrifianților, distribuția, utilizarea acestora precum și determinarea frecvenței și a metodelor celor mai eficiente de ungere, constituie sarcini importante pentru buna întreținere a utilajelor.

În cazul unui număr mare de sortimente de lubrifianți, a unui număr mare de locuri de ungere, mai ales când frecvența de ungere este diferită, în practică se introduce un cod de culori și forme geometrice aplicate atât pe vasul în care se stochează sau în care se manipulează lubrifiantul, cât și la locul de ungere. Se simplifică astfel munca de alegere a lubrifiantului pentru punctul de ungere respectiv, reducându-se totodată numărul de erori (ungerea cu alt lubrifiant decât cel prevăzut).

Programul de ungere, oricât de bine ar fi organizat, este eficient numai în măsura în care este respectat, iar aceasta depinde de nivelul de responsabilitate a celui care realizează ungerea, și calitatea lubrifianților folosiți.

În lucrarea *„Organizarea și conducerea activităților de întreținere și reparații”* I. Ceaușu prezintă consecințele desprinse din studiile efectuate în țările puternic industrializate, în cazul nerespectării programului de lubrifiere; astfel „în Anglia din sumele destinate pentru această activitate 44,66% sunt cheltuite pentru remedierea și înlocuirea pieselor defecte din lipsa ungerii; în Germania studiile au fost orientate spre evaluarea pierderilor de energie datorită uzurii, iar în Statele Unite studii similare au dezvăluit că 50% din cazurile de avarii ale utilajelor sunt cauzate de greșelile de lubrifiere”[C.07].

Capitolul 4

MANAGEMENTUL ACTIVITĂȚII DE MENTENANȚĂ

4.1. Obiectivele mentenanței

Pentru a putea funcționa în mod continuu, ritmic, o cerință de bază a organizării producției și a muncii, o constituie asigurarea în condiții optime a întreținerii și reparării utilajului de producție, datorită ponderii pe care acesta o deține într-o unitate industrială. Obiectivele compartimentului de mentenanță sunt:

1. Menținerea în stare de funcțiune a structurilor de fabricație

Pentru atingerea acestui obiectiv este necesară realizarea următoarelor grupe de activități:

- monitorizarea continuă a stării de funcționare a structurilor de fabricație;
- aplicarea metodelor specifice mentenanței corective, cu respectarea prevederilor cuprinse în cartea tehnică a utilajului;
- modernizarea echipamentelor cu scopul creșterii capacității de producție și a calității produselor.

2. Exploatarea infrastructurii tehnice în condiții de eficiență maximă

În vederea realizării acestui deziderat este necesară realizarea următoarelor activități:

- întocmirea evidenței consumurilor de energie;
- raționalizarea consumurilor prin respectarea tehnologiilor de fabricare; reducerea consumurilor specifice;
- înlocuirea acolo unde este posibil a furnizorilor de energie neperformanți cu furnizori de energie performanți (înlocuirea compresoarelor generatoare de vibrații și mari consumatori energetici cu echipamente moderne performante), sau dacă este posibil conectarea structurilor de fabricare la un furnizor extern.

3. Asigurarea protecției mediului ambiant

Pentru respectarea normelor prevăzute de standardele europene (preluate la noi prin STAS 14.001) cu referire la mediul ambiant, se vor înlocui treptat sursele poluatoare cu surse mai puțin poluante, chiar dacă prin aceasta, în final va avea loc o creștere a costurilor de

fabricare; deoarece odată cu integrarea în economia europeană nerespectarea acestor norme va fi sancționată prompt de către organele abilitate.

4. Asigurarea securității.

Protejarea muncitorilor de accidente intră sub incidența Legii nr. 90/1996 (Legea protecției muncii) completată și modificată prin Decretul 526/21 iunie 2005. În această formă legea este în mod necesar completată de instrucțiuni interne și de acțiuni întreprinse în conformitate cu particularitățile echipamentelor. În țara noastră această activitate intră în sarcina unui compartiment de protecția muncii, dar în țările cu o economie dezvoltată, ea aparține compartimentului de mentenanță care cunoaște cel mai bine particularitățile fiecărui echipament.

Având în vedere această diversitate de activități desfășurate de personalul de mentenanță, care afectează bugetul de cheltuieli al funcțiunii de mentenanță se impune, înaintea proiectării unei metode sau alta de organizare, „curățirea” bugetului de mentenanță a echipamentului. Acest buget cuprinde adesea cheltuieli privind activități care nu au nimic în comun cu mentenanța. Compartimentul de mentenanță acționează ca un furnizor și nu poate în nici un caz să fie considerat gestionarul acestor alte activități, care trebuie să facă obiectul unor bugete diferite. În acest sens V. Deac [D.04] arată că „este necesară aplicarea unei codificări în funcție de natura muncii sau activității, de o manieră care să permită clasificarea cheltuielilor corespunzătoare diferitelor activități și evidențierea distinctă a celor care se referă realmente la mentenanță. Nu trebuie niciodată uitat principiul „bien gérer, c’est d’abord connaître”¹, principiu de care trebuie să țină seama un bun organizator și o gestiune eficientă”.

↳ Cum se înțelege misiunea compartimentului de mentenanță?

Căutând răspunsul la această întrebare, există trei opțiuni posibile:

- 1. Furnizorii de servicii și sugestii (recomandări);**
- 2. Gestionar al echipamentului și a mentenanței sale;**
- 3. Asigurator responsabil și gestionar în contul producției.**

1. În această situație producția este cea care conduce activitatea de mentenanță a echipamentului. Ea trebuie să definească obiectivele, programul și bugetul de mentenanță. Compartimentul de mentenanță este un furnizor de sarcini care intervine la cererea producției, responsabilitatea lui este limitată la furnizarea unei prestații, care corespunde unei cereri,

¹ A gestiona bine înseamnă, în primul, rând a cunoaște.

la momentul solicitat, cu cele mai bune costuri posibile ținând cont de mijloacele de care dispune.

Având în vedere că producția își concentrează toate eforturile sale pe misiunea sa esențială de a produce o cantitate dată dintr-o calitate dată, și la cele mai mici costuri posibile, mentenanța este efectuată în funcție de nevoi și evenimente. Această politică conduce inevitabil la o politică de mentenanță pe termen scurt, care poate să se dovedească valabilă în unitățile industriale în care costurile de mentenanță sunt neglijabile și nu se justifică acțiuni și investiții în domeniul mentenanței.

2. În situația de gestionar al echipamentului și a mentenanței sale, compartimentul de mentenanță, care are în responsabilitatea sa obiective definite de conducerea unității sau stabilite de comun acord cu aceasta, definește metodele, programul și bugetele de mentenanță ale echipamentului. Această situație, care implică responsabilități și bugete prin funcție, prezintă două inconveniențe majore:

- ◆ responsabilitatea costului de producție al produsului fabricat, mentenanța trebuind să recurgă ea însăși la optimizarea diferitelor cheltuieli care intră în componența costului de producție;

- ◆ producția nu este motivată vizavi de problemele și costurile de mentenanță.

3. Această soluție este valabilă în cadrul unităților industriale cu tip de producție de masă, având costuri de mentenanță ridicate.

În opțiunea a treia, producția este responsabilă de costurile de producție ale produselor fabricate și optimizează diferitele cheltuieli pe care le cuprind, inclusiv cele cu mentenanța. În funcție de această optimizare, definește obiectivele compartimentului de mentenanță, care, la rândul lui, trebuie să determine metodele, programul și bugetul de mentenanță. Acest buget este discutat cu producția și constituie un „contract de mentenanță” încheiat între cele două părți. Compartimentul de mentenanță este responsabil de buna funcționare a acestui contract. Producția îl plătește și are tot interesul să faciliteze activitatea partenerului său și să urmărească costurile de mentenanță.

Această soluție se preconizează, în particular, pentru toate unitățile industriale cu procese de producție discontinue și cu producție de serie.

Metodele de mentenanță vor fi adoptate pe fiecare tip de utilaj, echipament industrial, de comun acord între compartimentul de mentenanță și subunitățile de producție.

Indiferent de contactele ocazionate de evenimente, trei tipuri de contacte vor trebui să fie formalizate între mentenanță și producție, și anume:

- ◆ anuale pentru: definirea obiectivelor, determinarea metodelor de mentenanță, a programului și bugetului de mentenanță; discutarea și adoptarea acestui buget. Toate litigiile eventuale vor fi supuse arbitrajului conducerii unității;

- ◆ trimestriale sau lunare pentru: o eventuală rectificare a obiectivelor, deci a programului și bugetului de mentenanță; analiza costurilor anormale („puncte negre”) și a costurilor ridicate („puncte fierbinți”);

- ◆ decadale pentru a defini activitățile prioritare de la o zi la alta, proceduri de securitate.

Responsabilitatea compartimentului de mentenanță se manifestă în următoarele trei direcții:

- a) Asigurarea gestiunii mentenanței echipamentului (buget de mentenanță);
- b) Efectuarea diferitelor activități în calitate de furnizor (modernizări, activități privind securitatea muncii, modificări);
- c) Asigurarea gestiunii mijloacelor de mentenanță (personal ateliere și birouri, mașini și utilaje de mentenanță, materiale și piese de schimb).

4.2. Organizarea activității de mentenanță

Considerații generale

Având în vedere aspectele arătate anterior problema care se ridică este: cum organizăm activitatea de mentenanță? Abordarea acestei probleme pornește de la două probleme fundamentale, de fapt alte două întrebări:

I. Cum să se repartizeze sarcinile și activitățile în mentenanță?

II. Trebuie centralizată sau descentralizată mentenanța?

I. Legat de prima întrebare, în domeniul mentenanței, taylorismul a împărțit sarcinile și responsabilitățile personalului în funcție de:

- ◆ specialitățile profesionale: electrician, mecanic, sudor etc.;
- ◆ funcțiunile mentenanței ; metode de mentenanță, programarea muncii, gestiunea stocurilor de materiale și piese de schimb, executarea muncii, controlul calității execuției:

- ◆ natura activității: depanare, reparație și punere în funcțiune, mentenanță preventivă, modernizări etc.

Obiectivul urmărit era creșterea productivității muncii printr-o specializare intensă.

În etapa actuală contextul și personalul au evoluat. Pe plan, economic, este vorba de stabilirea unui optim între randamentul echipamentului de producție, care este în mod frecvent prioritar, și randamentul mijloacelor de mentenanță.

Pe plan cumportamental, îmbunătățirea instruirii și informării personalului duce la valorificarea superioară a capacităților umane disponibile. Pentru motivarea oamenilor, trebuie să li se atribuie noi responsabilități, să fie atrași să participe, să fie stimulați pentru autoformarea continuă și să fie antrenați la o muncă în echipă.

Pentru a răspunde la aceste noi necesități economice și umane, sarcinile și activitățile de mentenanță se pot grupa în trei categorii:

- a). metode de mentenanță,**
- b). planificarea și programarea lucrărilor de mentenanță,**
- c). realizarea lucrărilor de mentenanță.**

Organizarea structurală a activităților de mentenanță se poate constitui, în funcție de metoda de organizare adoptată, în compartimente funcționale distincte pentru realizarea activităților cuprinse în aceste categorii. În stabilirea activităților se va ține seama de propunerile făcute în cadrul lucrării de perfecționare a activității de mentenanță.

a). Activitățile cuprinse în grupa „metode de mentenanță” ar putea fi:

- ◆ gestiunea tehnică a echipamentelor, respectiv documentația tehnică și istoricul echipamentelor;
- ◆ elaborarea tehnologiilor de mentenanță;
- ◆ elaborarea normativelor de mentenanță: mentenanță corectivă, sistematică, condiționată;
- ◆ elaborarea tehnologiilor pentru producția și / sau recondiționarea pieselor de schimb;
- ◆ efectuarea cercetărilor în domeniul recondiționării pieselor de schimb;
- ◆ efectuarea cercetărilor cu referire la exploatarea echipamentelor;
- ◆ pregătirea muncii: prevenirea intervențiilor, elaborarea caietelor de sarcini și a contractelor de cooperare;
- ◆ asistență tehnică: diagnosticare, expertize, recepții tehnice, instruirea tehnică a personalului;
- ◆ analize ale costului de mentenanță

Rezultă că, în cadrul acestei categorii sunt cuprinse cu preponderență activități care au un profund caracter de cercetare-proiectare.

b). Categoria „**Planificarea și programarea lucrărilor de mentenanță**” va cuprinde, în principal, următoarele activități:

- ◆ întocmirea și conducerea evidenței echipamentelor din cadrul unității;
- ◆ actualizarea și introducerea modificărilor în evidență, care rezultă în urma acțiunilor de mentenanță sau a modernizării echipamentelor;

- ◆ calcularea ansamblului de necesități privind mentenanța;
- ◆ elaborarea planurilor obligatorii de mentenanță;
- ◆ elaborarea programelor operative de mentenanță;
- ◆ planificarea aprovizionării cu materiale și piese de schimb pentru mentenanță;
- ◆ elaborarea bugetului de mentenanță la nivelul unității și a bugetului de mentenanță pe fiecare echipament:

- ◆ urmărirea termenelor contractuale pentru materiale și piese de schimb necesare pentru mentenanță în parte;

- ◆ controlul necesarului de materiale și piese de schimb;
- ◆ urmărirea încheierii contractelor de cooperare în domeniul mentenanței;
- ◆ analize economice ale lucrărilor de mentenanță.

c). A treia categorie de activități se referă la personalul operativ de mentenanță. Activitatea fundamentală a managerilor este conducerea eficientă personalului. În momentul actual, având în vedere complexitatea problemelor (umane, economice, tehnice), **se impune o nouă concepție asupra rolului acestor manageri de mentenanță.**

Calitățile care sunt din ce în ce mai mult cerute managerilor de mentenanță sunt cele de manager și nu cele de specialist. Personalul de mentenanță trebuie să devină „gestionari” din ce în ce mai riguroși. Aceasta necesită modificări în atitudinea managerilor, a personalului compartimentului de mentenanță.

Activitățile cuprinse în această categorie ar putea fi:

- ◆ gestionarea și conducerea oamenilor;
- ◆ programul zilnic de mentenanță și constituirea echipelor de mentenanță;
- ◆ pregătirea material-organizatorică și demararea lucrărilor de mentenanță;
- ◆ urmărirea muncii și supravegherea personalului;
- ◆ urmărirea securității personalului și echipamentelor;
- ◆ legăturile curente cu producția;
- ◆ urmărirea și controlul acțiunilor de cooperare în mentenanță;
- ◆ urmărirea respectării bugetului de mentenanță.

Legat de aceste trei grupe mari de activități, este indispensabilă existența în permanență a unei munci de echipă între managerii care vor conduce aceste activități și între agenții „de metode” (și cei „de realizare”. Asigurarea acestei cooperări trebuie să constituie o grijă și o sarcină a managerului de mentenanță din cadrul unității industriale.

Anumite „rețete” permit favorizarea acestei munci în echipă, între care:

- ◆ încorporarea temporală a agenților de „realizări” (AR) cu agenții de „metode” (AM) pentru pregătirea opririi utilajelor în vederea efectuării lucrărilor de mentenanță;

- ◆ întărirea provizorie a cadrului „realizare” cu agenții de „metode” în momentul realizării opririlor;

- ◆ încorporarea agenților de „metode” în turele de gardă și în schimburile de noapte și sărbători legale;

- ◆ efectuarea de permutări între „metode” și „realizare”, în evoluția de carieră;

- ◆ constituirea unei echipe mixte AM +AR pentru analiza costurilor de mentenanță, pentru studii și cercetări privind mentenanța echipamentelor.

II. În legătură cu a doua întrebare „trebuie centralizată sau descentralizată activitatea de mentenanță?”, analizând metodele de organizare tratate în literatura de specialitate [D.04] și întâlnite și în activitatea curentă, s-a găsit următorul răspuns:

În cadrul organizării activității de mentenanță se va ține seama de amplasarea unității industriale, profilul de producție, utilajele și mijloacele de transport existente, volumul de lucrări și realizarea cu eficiență economică ridicată a sarcinilor ce revin mentenanței.

Datorită acestor considerente în conceptul de organizare a activității de mentenanță se au în vedere următoarele aspecte:

- ◆ coordonarea și realizarea unică a activității de mentenanță a echipamentelor industriale;

- ◆ centralizarea și specializarea executării lucrărilor de mentenanță;

- ◆ folosirea cât mai eficientă a resurselor materiale și umane;

- ◆ crearea unui sistem informatic adecvat.

Ținând cont de cele de mai sus, activitatea tradițională de întreținere și reparații era și este în general organizată în cadrul funcțiunii de producție, permițând o colaborare mai bună între această activitate și activitățile de producție de bază, pe linia reducerii staționărilor și a costurilor de întreținere și reparații. Mutațiile intervenite în conținutul acestei activități și trecerea la mentenanță a determinat o reconsiderare organizării activității de mentenanță, ea

tinzând să se separe de funcțiunea de producție, devenind o funcțiune distinctă în cadrul activităților industriale.

În organizarea activității de mentenanță metodele actuale folosite prezintă o mare varietate de forme și tipuri determinate de o serie de factori cum ar fi: ramura industrială, amplasarea teritorială a unității industriale, felul și tipul echipamentului din dotare, regimul de lucru, calificarea forței de muncă. În [D.04] V. Deac arată că „nu există o metodă „standard” de organizare aplicabilă oriunde și oricum, și nici o metodă care este mai eficientă decât alta. **Activitatea de mentenanță va trebui organizată în așa fel încât aceasta să se adapteze optim condițiilor specifice ale unității industriale, din punct de vedere tehnic, uman și informațional**”.

Propun pentru compartimentul de mentenanță, ca dealtfel pentru orice alt compartiment din cadrul întreprinderii, o reprezentare triunghi conform fig. 4.1:

- ◆ „mijloace tehnice”, respectiv echipamentul și metodele de intervenție;
- ◆ „sistemul informațional”, manual, parțial sau complet informatizat;
- ◆ „oamenii”, personalul de mentenanță.

Organizarea este cea care creează unitatea sistemului și permite personalului să utilizeze metodele și informațiile pentru a acționa asupra echipamentelor.



Fig. 4.1 Abordarea organizării mentenanței (triunghiul mentenanței)

Această abordare sugerează ideea că nu e posibil să progresezi pe una din laturi fără a ține cont de celelalte două. Un personal foarte bine pregătit și competent nu poate face mare lucru fără mijloace financiare, cu echipament de mentenanță învechit. Invers, nu se poate

spera în îmbunătățirea nivelului mentenanței în cadrul unei întreprinderi perfecționând sistemul informațional (introducând, de exemplu, gestiunea mentenanței asistată de calculator) sau acționând asupra metodelor (introducerea mentenanței condiționate), fără o schimbare a atitudinii și a mentalității personalului de mentenanță.

Este necesară găsirea unui echilibru între diferitele componente ale compartimentului de mentenanță, sau mai corect spus, de echilibre succesive.

Acest echilibru la un moment dat nu este imuabil, el corespunde unui anumit nivel de mentenanță. Pentru a trece la un alt nivel, el va trebui modificat, iar pentru a găsi un nou echilibru, la un nivel superior, vor trebui făcute eforturi pe toate cele trei laturi.

În general, în cadrul unităților industriale activitatea de mentenanță se poate realiza prin trei variante:

- 1). cu forțe proprii;**
- 2). prin unități specializate;**
- 3). în mod combinat.**

4.3 Metode de organizare a executării activității de mentenanță cu forțe proprii

Această variantă de organizare se folosește în majoritatea unităților industriale. Dacă unitatea dispune de mijloacele necesare efectuării tuturor lucrărilor de mentenanță, decizia executării lucrărilor de mentenanță prin forțe proprii aparent pare rațională și eficientă având în vedere avantajele pe care le prezintă:

- ◆ posibilitatea imediată de intervenție în cazul unor defecțiuni accidentale ale echipamentelor;

- ◆ echipamentul este scos din procesul de producție pe o durată mai redusă;
- ◆ stabilirea unor relații mai bune între producție și mentenanță;
- ◆ un control mai bun asupra costurilor de mentenanță.

Însă, această variantă de organizare prezintă o serie de dezavantaje printre care:

- ◆ costuri mai mari de mentenanță datorate organizării compartimentelor proprii de mentenanță precum și gestiunii materialelor și pieselor de schimb pentru mentenanță;

- ◆ neutilizarea rațională a personalului de mentenanță datorită neuniformizării în timp a lucrărilor de mentenanță;

- ◆ imposibilitatea organizării unor metode moderne de executare a activității de mentenanță (ex. metoda în flux).

Atât în literatura de specialitate, cât și în practica curentă pentru organizarea activității de mentenanță în cadrul unității industriale pot fi adoptate trei metode:

- ◆ metoda centralizată;
- ◆ metoda descentralizată;
- ◆ metoda mixtă.

4.3.1 Metoda centralizată

Organizarea activității de mentenanță după metoda centralizată presupune executarea tuturor lucrărilor de evidență, planificare, programare, pregătire și executare a activității de mentenanță în mod centralizat de către compartimentul de mentenanță.

Centralizarea tuturor mijloacelor de mentenanță permite:

- ◆ o cunoaștere și o stăpânire mai bună a costurilor de mentenanță (unitatea bugetului de mentenanță, respectarea și controlul omogenității regulilor de imputare);
- ◆ o optimizare a utilizării mijloacelor de mentenanță: mașinile și utilajele din dotare pot fi încărcate deplin prin centralizarea lor în componente specializate;
- ◆ asigură promptitudinea intervențiilor și calitatea lucrărilor efectuate prin crearea echipelor specializate, dar mai ales oferă posibilitatea concentrării unei importante forțe de muncă în cazul unor lucrări dificile și urgente, reducând perioadele de oprire ale echipamentelor de producție;
- ◆ o mai bună gestionare a personalului de mentenanță, datorită unor coerențe în: evoluții de carieră, promovări, permutări, salarizări, planuri de industrie;
- ◆ o mai bună uniformizare a procedurilor, codificărilor și organizării sistemelor de gestiune și informare datorită posibilității de sinteză și unicității deciziilor;
- ◆ o mai bună standardizare a echipamentului;
- ◆ o mai bună circulație a informației pentru problemele și aspectele relative la mentenanță, oferind posibilitatea prelucrării automate a informației.

Centralizarea activității de mentenanță prezintă și unele dezavantaje:

- ◆ prin centralizarea mentenanței, compartimentele de mentenanță sunt deseori solicitate să execute lucrări minore, fiind obligate să întrerupă pentru scurt timp lucrările în curs, în cazul în care apar deranjamente care trebuie înlăturate;
- ◆ fiecare unitate industrială în parte nu-și va permite să formeze complet, la toate nivelele tehnologice, un personal cu o specializare înaltă care să dovedească polivalență tehnică;

- ◆ creșterea numărului personalului de management;
- ◆ reprezintă surse de informare limitate, care împiedică specialiștii să trateze și să rezolve o problemă cu promptitudine.

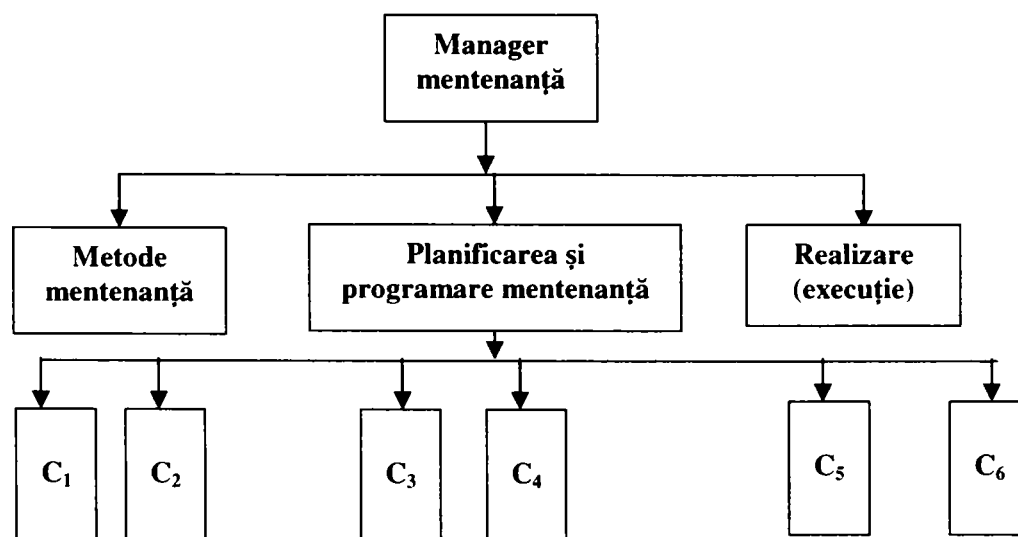
În general această metodă de organizare este utilizată în unitățile industriale, grupate din punct de vedere teritorial precum și în cele în care există un număr mare de utilaje de același tip. Înainte de a se trece la executarea centralizată a lucrărilor de mentenanță se recomandă să se studieze următoarele aspecte.

- ◆ evaluarea volumului lucrărilor de mentenanță propuse pentru centralizare;
- ◆ asigurarea executării pieselor de schimb centralizat;
- ◆ specializarea echipelor de mentenanță urmărind creșterea productivității muncii la lucrările de mentenanță.

Centralizarea lucrărilor de mentenanță este legată de crearea unor subunități de mentenanță specializate în cadrul compartimentului central de mentenanță.

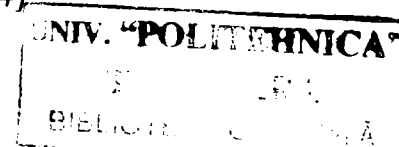
Pentru a evita dublarea funcțiilor de management pe verticală, diminuarea controlului și a responsabilității, este necesar să se realizeze o specializare maximă a funcțiilor pe orizontală.

Având în vedere gruparea activităților și sarcinilor de mentenanță propusă în paragraful anterior, pentru unitățile industriale care vor adopta această metodă de organizare a executării lucrărilor de mentenanță, structură organizatorică a compartimentului de mentenanță adoptată ar putea fi următoarea (fig. 4.2):



Legendă: C1, ..., C6 – compartimente de execuție mentenanță

Fig. 4.2 Organigrama compartimentului de mentenanță – metoda centralizată [D.04]



În funcție de specificul și mărimea unității industriale, de volumul de muncă necesar desfășurării activității de mentenanță pentru fiecare din cele 3 categorii de activități, se pot constitui compartimente distincte (birouri, colective), iar pentru realizarea efectivă a lucrărilor de mentenanță, se pot organiza compartimente distincte specializate pe tipuri de mentenanță sau tipuri de utilaje (secții de mentenanță, ateliere, formații de muncă sau echipe).

4.3.2. Metoda descentralizată

În cazul acestei metode de organizare a executării lucrărilor de mentenanță, aceasta se execută de către compartimentul din subordinea verigilor de producție de bază. Compartimentul de mentenanță central de la nivelul unității industriale se va organiza după sistemul unităților de mentenanță specializate și va avea ca sarcină numai executarea unor activități de mentenanță de mare complexitate, precum și activități de organizare a echipamentelor.

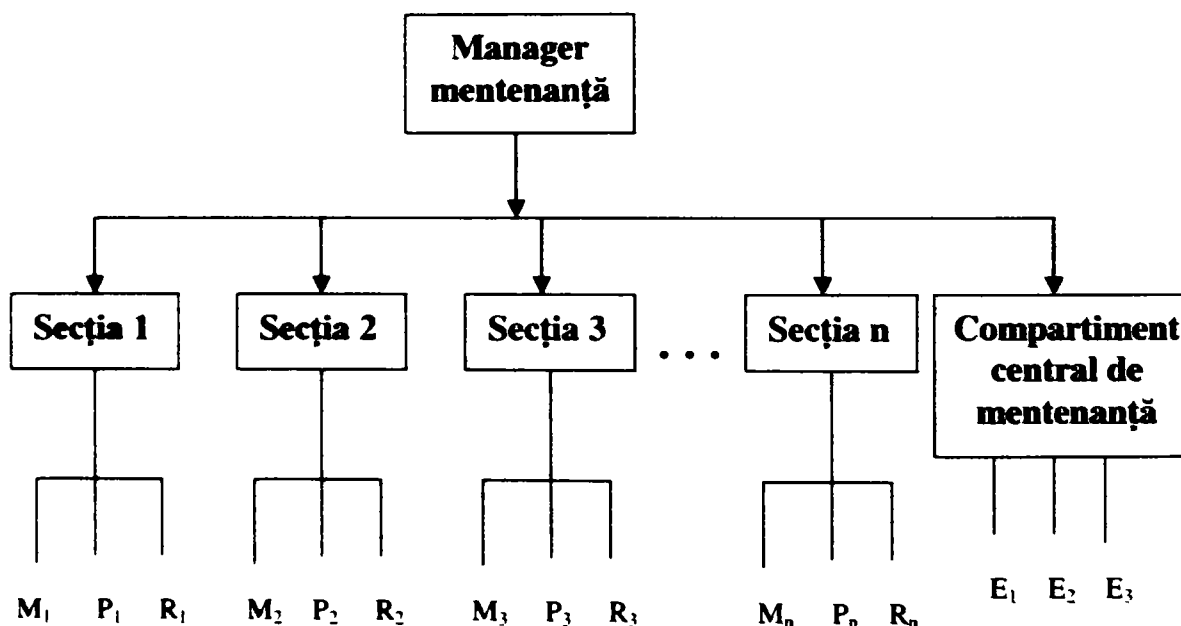


Fig. 4.3. Organizarea compartimentului de mentenanță – metoda descentralizată

Această metodă de organizare (fig.4.3) este utilizată în unități industriale mari, cu verigi structurale dispersate teritorial, iar diversitatea tipurilor de echipamente este foarte mare. Principalele avantaje ale acestei metode sunt:

- ◆ operatorii de mentenanță dintr-o verigă de producție de bază se specializează în mentenanța utilajelor din secția respectivă;
- ◆ crește gradul de răspundere a personalului de mentenanță din secții, oferind posibilitatea motivării acestuia în funcție de producție;

- ◆ oferă posibilitatea constituirii unei echipe polivalentă de mentenanță curentă a verigii de producție de bază;

- ◆ permite îmbunătățirea relațiilor cu producția.

Ca dezavantaje putem menționa:

- ◆ fără o bună coordonare este greoaie o colaborare între unități de producție de bază și compartimentul central de mentenanță;

- ◆ folosirea nerațională a spațiilor de lucru, datorită dispersării compartimentelor de mentenanță în cadrul verigilor de producție de bază;

- ◆ utilizarea nerațională a personalului de mentenanță prin dispersarea acestuia în unitățile de producție de bază;

- ◆ utilizarea nerațională a echipamentelor (mașini-unelte, SDV-uri) din compartimentele de mentenanță (încărcarea lor scăzută);

- ◆ eficacitatea redusă a investițiilor în caz de avarii sau intervenții care necesită un volum important de muncă datorită dispersării muncitorilor de mentenanță în unitățile de producție de bază;

- ◆ mecanizarea scăzută a intervențiilor;

- ◆ imposibilitatea gestionării raționale a materialelor de mentenanță și a pieselor de schimb.

4.3.3. Metoda mixtă

Această metodă de organizare se situează între cele două metode prezentate, având un grad anume de centralizare sau descentralizare.

Ea caută să îmbine avantajele celorlalte două și să elimine dezavantajele acestora. Astfel, îmbină posibilitatea specializării muncitorilor pe secții și meserii, ceea ce determină creșterea productivității muncii în mentenanță, cu asigurarea unei mai mari operativități în intervențiile solicitate de unitățile de producție de bază, permițând formarea unor echipe de specialiști atât în cadrul compartimentului specializat la nivelul unității industriale, cât și în cazul unităților de producție. În acest fel se îmbină specializarea cu urmărirea îndeaproape a echipamentelor în exploatare (fig.4.4).

Această metodă prezintă însă și dezavantaje: subordonarea diferită din punct de vedere ierarhic și funcțional determină o soluționare mai dificilă a unor probleme, se pierde din vedere obiectivele mentenanței, verigile de producție de bază urmăresc cu prioritate realizarea sarcinilor de producție și eliminarea defecțiunilor accidentale.

Printre rezultatele pozitive ale unei metode mixte de organizare, se pot menționa:

- ◆ mutarea personalului de execuție a mentenanței între verigile de producție și compartimentele centrale de mentenanță în funcție de complexitatea problemelor apărute;
- ◆ pot exista schimburi de experiență calificată între muncitorii de mentenanță din secțiile de producție și cei din compartimentul central;
- ◆ problemele de aglomerare sau de lipsă de personal calificat la anumite lucrări sunt operativ-rezolvate;

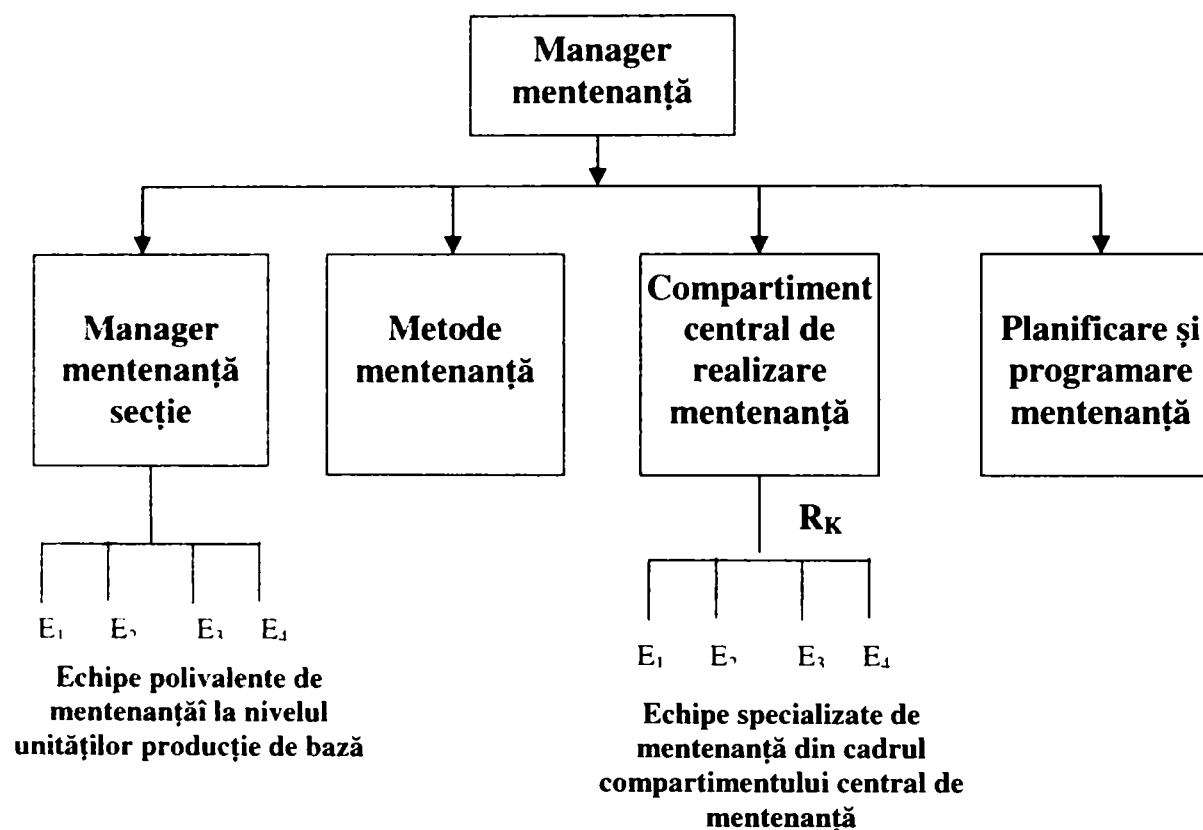


Fig.4.4. Organizarea compartimentului de mentenanță – metoda mixtă

În privința structurii organizatorice a activității de mentenanță există în literatura de specialitate opinia că nu există un sistem standard aplicabil în orice situație. Este necesar ca aceasta să fie adaptată condițiilor specifice din punct de vedere tehnic, economic și organizatoric încât să permită desfășurarea în bune condiții a lucrărilor de mentenanță, răspunzând unor cerințe cum ar fi:

- ◆ o mare flexibilitate, fiind capabilă să se adapteze ușor modificării condițiilor care au generat-o;
- ◆ să permită efectuarea în bune condiții a tuturor lucrărilor de mentenanță;
- ◆ să asigure utilizarea rațională a tuturor lucrărilor de mentenanță (echipament, personal, buget de mentenanță).

Structura organizatorică a activității de mentenanță trebuie concepută în corelație directă cu metodele de organizare a acestei activități.

4.4. Organizarea executării mentenanței prin unități specializate

În vederea creșterii eficienței economice a lucrărilor de mentenanță, în toate țările occidentale au fost create întreprinderi specializate de mentenanță. La noi în țară acest sistem de organizare este specific deocamdată numai anumitor categorii de mașini și utilaje, în special mijloacele de transport auto, precum și unor utilaje folosite în unitățile industriale, mai ales pentru partea de automatizări, mecanică fină și calculatoare.

Centralizarea execuției mentenanței, a pieselor și subansamblelor de rezervă, în cadrul unei unități industriale specializate este impusă de o serie de cerințe obiective ale dezvoltării actuale și de perspectivă a unităților industriale din țara noastră, și anume:

- ◆ degrevarea unităților industriale de execuția lucrărilor de mentenanță diferite prin conținutul lucrărilor specificului lor de producție;
- ◆ ridicarea activității de concepție tehnică a execuției lucrărilor de mentenanță și a confecționării pieselor de schimb la nivelul exigențelor organizării producției lor în serie;
- ◆ elaborarea documentației tehnice și modernizarea utilajului pe bază de procese tip de mentenanță și asigurarea întocmai, la un nivel superior, a normelor de consum de piese de schimb;
- ◆ specializarea personalului de mentenanță;
- ◆ reducerea costurilor de mentenanță.

Potrivit unor înțelegeri prealabile (contracte de mentenanță) se poate prevedea pentru unitățile industriale specializate în mentenanță obligativitatea executării tuturor lucrărilor de mentenanță pentru parcul de echipamente din unitățile de producție.

În literatura de specialitate [D04] se fac referiri la eficiența organizării executării mentenanței prin unitățile specializate.

Unii specialiști consideră că centralizarea execuției mentenanței în unitățile specializate este economică atunci când este verificată relația:

$$C_{RE} - (C_{RS} + C_T + C_M) > 0$$

în care:

C_{RE} = costul mentenanței în unitatea de exploatare;

C_{RS} = costul mentenanței în unitatea specializată;

C_T = costul transportului echipamentului;

C_M = costul demontării și montării echipamentului la locul de exploatare.

Această relație exprimă faptul că execuția mentenanței în unitățile specializate este eficientă atunci când costurile necesitate sunt mai mici decât cele necesare în cazul execuției lor în unitățile care le exploatează.

Având în vedere posibilitatea ca aceleași lucrări de mentenanță să fie efectuate de mai multe întreprinderi specializate, se recomandă o selecție a diferitelor variante posibile, varianta optimă fiind cea care minimizează relația:

$$E^{(K)} = [C_{RS}^{(K)} + P^{(K)}] - (C_{RE} + P_E)$$

unde:

$E^{(K)}$ = efectul economic al execuției mentenanței în cadrul unității specializate „k” (varianta „k”);

$C_{RS}^{(K)}$ = costul mentenanței în unitatea specializată „k”;

$P^{(E)}$ = profitul aferent producției care s-ar putea obține în perioada de imobilizare, în cazul mentenanței în unitatea de exploatare.

$P^{(K)}$ = profitul aferent producției care s-ar putea obține în perioada de imobilizare, în cazul mentenanței în cazul unității specializate „k”.

Se vor analiza numai variantele pentru care $E^{(K)} > 0$, în celelalte cazuri executarea mentenanței în unități specializate nejustificându-se din punct de vedere economic.

Se consideră că pentru stabilirea modalității optime de execuție a mentenanței vor trebui luate în considerație și alte elemente în afară de costul execuției acesteia (indiferent de elementele incluse în cadrul acestuia).

Conferirea unor lucrări de mentenanță unităților specializate este mutația cea mai delicată care se înregistrează în etapa actuală în țările cu economie dezvoltată, constituind de fapt una din cele două axe de evoluție a mentenanței, alături de auto-mentenanță.

Elementele de care trebuie să se țină cont în efectuarea acestui demers, alături de costuri, sunt:

- ◆ contextul productiv în care se efectuează activitatea de mentenanță;
- ◆ tehnicitatea echipamentului de producție;
- ◆ performanțele actuale de intervenție;
- ◆ componența și mobilitatea personalului de mentenanță;
- ◆ mediul industrial extern al întreprinderii.

Luând în considerare aceste elemente se poate efectua o analiză a predispoziției managementului întreprinderii în legătură cu acest aspect, în vederea determinării tendinței favorabile sau nefavorabile privind cooperarea în mentenanță cu unități specializate, întrucât, așa cum s-a mai subliniat, toate aspectele legate de evoluție în mentenanță sunt, în primul rând, probleme de voință.

4.5 Organizarea executării mentenanței în mod combinat

Această variantă de organizare îmbină cele două variante anterioare și se caracterizează prin faptul că anumite lucrări de mentenanță sunt executate cu forțe proprii, iar altele prin colaborări (cooperare) cu unități specializate în mentenanță. Experiența în domeniu a țărilor occidentale dezvoltate din punct de vedere economic pune în evidență faptul că în momentul actual se impune și este necesară dezvoltarea cooperării în mentenanță, pentru motive, în special, economice și strategice.

Nu sunt necesare experimente pentru a dovedi faptul că „nu poți să le faci bine pe toate” și „nu poți să dai altora să le facă pe toate”.

În momentul actual, cu atât mai mult în condițiile din țara noastră, având în vedere faptul că cooperarea în mentenanță la noi este puțin abordată în literatura de specialitate, ne vom opri mai mult asupra acestei probleme, încercând să punem în evidență problemele care vor trebui rezolvate.

Problemele care va trebui să și le pună managerul de mentenanță sunt:

- 1). Ce trebuie executat prin cooperare?
- 2). Cât trebuie executat prin cooperare?
- 3). Cum trebuie executată cooperarea?
- 4). Cu cine se cooperează?

La aceste patru întrebări nu există un răspuns valabil pentru toate cazurile, fiecare din ele trebuie analizate separat, prezentându-se în continuare orientările generale.

Înainte de a răspunde la prima întrebare este important să se precizeze care sunt motivele cooperării în mentenanță. Pentru managerul unei unități industriale, apelarea la cooperare în mentenanță poate răspunde unei motivații sociale, economice, strategice, tehnice sau reglementare.

a). Motivația socială

Își are izvorul în faptul că anumite specialități profesionale pe care managerul nu dorește a le avea în propria întreprindere și aceasta din diferite motive:

- ◆ evitarea de a avea sau a crea un focar de tensiuni sociale;
- ◆ dificultăți în evoluția de carieră a anumitor categorii de personal în cadrul grilei definite pentru întreprindere;

- ◆ dificultăți de orarii;
- ◆ dificultăți de recrutare etc.

b). Motivația economică

Unitatea industrială poate face apel la cooperare:

- ◆ pentru activități de revizii, punerea în funcțiune a echipamentelor etc. pentru care alte unități industriale sunt mai specializate și mai bine utilizate;

- ◆ pentru anumite activități foarte specializate care nu ar permite utilizarea mijloacelor proprii ale întreprinderii (exemple: sudura foarte tehnică, rebobinare de motoare, munci de rectificare etc.).

c). Motivația strategică

Unitatea industrială nu dorește să asigure ea însăși ansamblul activităților de mentenanță pentru diminuarea consecințelor unei schimbări de conjunctură.

d). Motivația tehnică

Unitatea industrială dorește ca intervenția personalului (staf sau execuție) să fie înalt calificată, din motive de competență și pentru a obține o garanție de funcționare.

e). Motivația legală sau reglementată

Anumite intervenții necesită intervenția unui personal abilitat, fie pentru execuția lor, fie pentru controlul lor, îndeosebi pentru controalele de securitate (de exemplu, sudura asupra țevilor de înaltă presiune).

f). Intervenții politice

În anumite cazuri dezvoltarea cooperării poate fi impusă de puterea politică locală sau regională.

1). Ce trebuie executat prin cooperare?

Pe plan economic, este în general interesant de cooperat în:

- ◆ revizii generale ale echipamentelor industriale;
- ◆ repunerea în funcțiune a unor organe făcând obiectul înlocuirilor standard;
- ◆ executarea pieselor de schimb;
- ◆ mentenanța fondurilor fixe, altele decât echipamentul de producție (clădiri, rețele speciale de asigurare a unor unități: energie electrică, termică, gaze);

- ◆ operații efectuate de specialități profesionale numite de „mentenanță generală” (exemplu: tâmplărie, vopsitorie, zugrăvit etc.);

- ◆ operațiile excepționale de expertiză tehnică de specialitate; activități de modernizare a echipamentelor existente.

Există, din contră, interesul pentru asigurarea cu forțe proprii a: depanajelor, gresărilor, vizitelor preventive, adică a mentenanței curente.

Dar punctul de vedere economic, singur, nu este suficient, deoarece cooperarea antrenează o dependență de unitatea cu care se cooperează. De aceea este indicat:

- ◆ să se asigure prin mijloace proprii, într-o mai largă măsură: funcția „Metode-Mentenanță”; operațiile de mentenanță și de îmbunătățiri ale echipamentului care necesită o foarte mare specializare tehnică, precum și conservarea aceluși “savoir-faire” al întreprinderii și stăpânirea evoluției tehnologice;

- ◆ să se realizeze o cooperare la maximum a operațiilor de mentenanță și îmbunătățiri care nu condiționează direct mersul producției sau nu necesită o cunoaștere tehnică legată de procesul de producție și de echipamentele corespunzătoare. De asemenea toate operațiile care nu necesită o tehnică particulară se vor efectua prin cooperare.

Tendința generală este de a avea un compartiment de mentenanță având un personal mai puțin numeros, dar calificat.

2). Cât trebuie executat prin cooperare

Nu este posibil să se răspundă cu precizie la această întrebare, motivele și condițiile fiind specifice în fiecare caz particular. Pentru motivele evocate anterior, nu se poate aprecia că o cooperare totală în mentenanță este o soluție mai bună. Mai multe studii realizate în cadrul diferitelor grupuri, în rafinărie și petrochimie, au ajuns sensibil la aceleași concluzii: soluția cea mai economică pare să corespundă în acest tip de industrie la o cooperare de 50-70% a bugetului de mentenanță, exceptând cheltuielile cu structura mentenanței.

În uzinele de producție mecanică și metalurgică, unde cooperarea este încă puțin dezvoltată, studiile arată că nivelul de cooperare este cuprins între 25-50% din bugetul de mentenanță.

3). Cum trebuie să cooperezi?

Sunt posibile mai multe forme de cooperare, și anume:

a). Contractul global de cooperare

Constă în luarea în sarcină, pentru un preț forfetar și prin intermediul garanțiilor, ansamblul gestiunii tehnice a operațiilor de mentenanță a unui tip de echipament (ex. contract de mentenanță a accesoriilor, a echipamentului informatic, de încălzit etc.). Ansamblul activităților de mentenanță (metode, planificare-programare, realizare) fac obiectul acestui tip de contract.

b). Contractul de mentenanță

El constituie luarea în sarcină, pentru un preț forfetar și prin intermediul garanțiilor, a ansamblului operațiilor de mentenanță pentru toate, sau pentru o parte dintre echipamentele unității, pentru o grupă de specialități profesionale sau pentru toate specialitățile.

c). Contract de lucrare

Este vorba de o muncă contractuală, precizată cantitativ și calitativ, pentru un preț și un termen convenit. Se poate aplica în cazul unor activități privind opriri ale utilajelor (demontaj și montaj), reamplasări de utilaje, activități de mentenanță repetitive, care pot fi definite precis cantitativ și calitativ.

Se asistă în prezent la dezvoltarea cooperării în mentenanța pe baza „contractului de mentenanță”, însă această formă de cooperare totală a „realizării mentenanței” necesită o analiză foarte detaliată efectuată de grupa „metode-mentenanță” și un bun istoric al utilajelor pentru a putea defini în detaliu prestațiile care trebuie asigurate prin cooperare.

4). Cu cine se cooperează?

Pentru dezvoltarea cooperării în cele mai bune condiții economice, se impune:

a) o grupă de „metode-mentenanță” antrenată în stabilirea specificațiilor tehnice permițând dezvoltarea mentenanței pe bază de „contract de mentenanță”;

b) un veritabil compartiment de „aprovizionare tehnică”, capabil, pe de o parte, să aducă concursul său compartimentului de mentenanță la redactarea caietelor de sarcini specifice sau generale, de garanții post-mentenanță etc., iar pe de altă parte, să negocieze cu furnizorii de mentenanță;

c) o centralizare a cererilor de cooperare în mentenanță și un control al acestora pentru:

- ◆ evitarea executării prin cooperare a unor lucrări de mentenanță care pot fi executate mai eficient cu mijloace proprii;
- ◆ evitarea formulării unor cereri succesive sau simultane pentru aceiași lucrare;
- ◆ generarea, programarea și controlul cooperării în mentenanță.

După îndeplinirea acestor condiții, pentru a putea răspunde la întrebarea: „Cu cine se cooperează?”, se recomandă evaluarea furnizorilor potențiali de mentenanță, ținând cont de un ansamblu de criterii și subcriterii cum ar fi:

1). Prețul: nivelul acestuia în raport cu concurența, condiții de plată, soliditate financiară etc.:

2). Calitatea: competența tehnică a personalului, calitatea mijloacelor și materialelor utilizate; conformitatea lucrărilor raportate la normele existente, aport tehnic, calitatea obișnuită a prestațiilor, remedii la lucrările executate etc.

3). Termenul: respectarea termenelor contractuale, nivelul termenelor oferite în raport cu concurenții, rapiditatea intervențiilor, aptitudinile de evaluare a duratelor și cele de planificare.

4). Securitatea: respectarea reglementărilor în vigoare, instruire în ceea ce privește securitatea lucrărilor și asigurarea riscurilor.

5). Atuuri suplimentare: servicii furnizate în afara contractului, climatul social și starea de spirit în timpul intervențiilor, disponibilitatea / flexibilitatea vizavi de cererile formulate, documentație tehnică la zi, profesionalism tehnico-comercial.

Se poate stabili o ierarhizare a acestor criterii, în funcție de tipul lucrării executate prin cooperare, iar subcriteriile pot fi notate cu puncte, în acest fel putându-se efectua o ierarhizare a furnizorilor în mentenanță.

4.6. Metode de executare a lucrărilor de mentenanță

Pentru efectuarea lucrărilor de mentenanță a echipamentelor din cadrul unei unități industriale, aceasta poate opta pentru aplicarea uneia sau a mai multor metode recomandate în literatura de specialitate [D04] și anume:

- metoda de mentenanță individuală;
- metoda de mentenanță pe subansambluri;
- metoda de mentenanță prin folosirea echipamentelor de rezervă;
- metoda de mentenanță în flux;
- folosirea metodei grafurilor pentru organizarea și programarea executării lucrărilor de mentenanță.

4.6.1 Metoda individuală de mentenanță

Această metodă se aplică, de regulă, pentru acele echipamente care se găsesc în număr redus (sau chiar unicate) în dotarea unității industriale.

Caracteristica principală a acestei metode constă în aceea că, după operațiile de demontare, curățire, control și recondiționare, piesele se remontează pe același echipament, tot complexul de lucrări legate de mentenanța echipamentului, inclusiv confecționarea pieselor de schimb noi, care nu au putut fi procurate ca piese de rezervă, făcându-se în timpul reparației.

Folosirea metodei individuale prezintă unele dezavantaje sub raport economic, între care amintim:

- durata de imobilizare a echipamentului este mare datorită faptului că trebuie să se aștepte pentru recondiționarea pieselor de schimb, respectiv pentru confecționarea pieselor noi. Totodată, marcarea și rodarea pieselor și ansamblurilor se face pe utilajul căruia îi aparțin, ceea ce mărește durata de imobilizare a echipamentului.

- nivelul calității lucrărilor de mentenanță este scăzut comparativ cu celelalte metode, deoarece marea parte a lucrărilor se execută de echipe universale care se confruntă cu o mare diversitate de lucrări;

- productivitatea muncii la activitatea de recondiționare și confecționare a pieselor de schimb este redusă, ca urmare a faptului că aceste piese sunt de o mare varietate, locurile de muncă trebuind să fie dotate cu utilaje universale;

- încărcarea locurilor de muncă și a utilajelor este instabilă, datorită rarei repetări a acelorași piese și operații, ceea ce creează necesitatea deselor reglări ale utilajului.

Cu toate dezavantajele arătate, folosirea acestei metode are o mare extindere în cadrul unităților industriale. Pentru diminuarea dezavantajelor pe care le prezintă, pot fi adoptate unele măsuri, cum ar fi:

- confecționarea în prealabil a pieselor de schimb necesare activității de mentenanță și constituirea în acest fel a unui stoc de rezervă;

- pregătirea documentației tehnice de mentenanță a echipamentelor înainte ca acestea să fie oprite pentru începerea lucrărilor de mentenanță;

- asigurarea din timp a SDV-urilor necesare etc.

4.6.2. Metoda de mentenanță pe subansambluri

Această metodă se aplică în cazul unităților industriale care au în dotare mai multe echipamente de același tip. Ea se caracterizează prin aceea că, pentru o grupă de echipamente de același tip, se creează un stoc de rezervă de subansambluri pentru înlocuirea celor demontate de pe echipamentul care se repară, reparația celor demontate făcându-se în paralel,

în compartimente specializate de mentenanță, urmând ca după reparare ele să se includă în stocul de rezervă.

Asigurarea unei eficiențe maxime aplicării metodei de mentenanță pe subansambluri depinde în mare măsură de existența unui număr destul de mare de același tip de echipamente care oferă posibilitatea interschimbabilității lor și a posibilității concrete de creare a unui stoc de rezervă de subansambluri.

La introducerea acestei metode trebuie făcut, în prealabil, un studiu bine documentat, care constă în:

➤ gruparea echipamentelor după criteriul interschimbabilității subansamblelor și după posibilitatea unificării subansamblelor diferitelor echipamente;

➤ determinarea volumului de muncă necesar de repararea fiecărui fel de subansambluri;

➤ stabilirea componenței echipelor specializate pe tipuri de lucrări;

➤ întocmirea documentației tehnice pentru subansamblurile ce trebuie reparate sau executate din nou (desene de execuție a pieselor, procese tehnologice de mentenanță, reglementarea ordinii de recepție și încercările subansamblurilor, care trebuie să garanteze calitatea reparațiilor și siguranța în funcționarea lor);

➤ stabilirea stocurilor de rezervă pe subansambluri, pe denumiri, ordine de depozitare și controlul acestor stocuri;

➤ stabilirea suprafeței necesare pentru repararea și depozitarea subansamblurilor.

Aplicarea acestei metode prezintă unele avantaje comparativ cu metoda de mentenanță individuală, cum ar fi:

- durata totală a imobilizării echipamentelor în mentenanță este mult mai redusă și se compune din timpul de diagnostic, timpul necesar demontării, timpul aferent montării subansamblurilor luate din stocul de rezervă și eventual din timpul de reparare a unor piese independente;

- productivitatea muncii este ridicată, echipele de mentenanță fiind alcătuite din muncitori specializați în efectuarea unor tipuri de lucrări (inclusiv la repararea subansamblurilor);

- creșterea gradului de utilizare extensivă a echipamentelor și obținerea unei producții fizice suplimentare, reducerea ponderii costurilor fixe și a costului unitar etc.

Pentru aplicarea metodei de mentenanță pe subansambluri trebuie să se facă, în prealabil, un calcul de eficiență economică, prin care să se estimeze producția fizică suplimentară ce se poate obține, reducerea ponderii costurilor fixe în costul producției etc.

4.6.3 Metoda de mentenanță prin folosirea echipamentelor de rezervă

Această metodă se recomandă în cazul unor lucrări de mentenanță de o mare complexitate, care presupun un timp de staționare pentru executarea lor foarte mare.

Metoda constă în demontarea echipamentului și transportarea lui într-un loc special unde se vor efectua lucrările de mentenanță, în schimbul acestuia se va monta un echipament de rezervă.

Avantajul principal al acestei metode este durata redusă de imobilizare a echipamentelor în mentenanță, care cuprinde numai timpul necesar pentru demontarea acestora și cel pentru montarea echipamentelor de rezervă. În acest fel, timpul efectiv pentru efectuarea lucrărilor de mentenanță nu are nici o influență asupra scoaterii acestora din procesul de producție.

Aplicarea acestei metode de mentenanță necesită asigurarea unor condiții, cum ar fi:

- existența unor echipamente de rezervă de același tip cu cele care intră în mentenanță, ele fiind folosite numai cu ocazia lucrărilor de mentenanță;

- subunitățile de producție trebuie să fie prevăzute cu căi de acces care să facă posibilă transportarea echipamentelor spre locurile în care se execută lucrările de mentenanță;

- compartimentul de mentenanță trebuie să fie dotat cu mijloace de transport adecvate transportului echipamentelor la care se aplică aceasta metodă de executare a lucrărilor de mentenanță .

Având în vedere că aceste condiții pot fi interpretate ca fiind limitări în folosirea metodei, aplicarea ei se recomandă în unități industriale cu un caracter relativ omogen al producției, ceea ce face necesară existența unui număr mare de echipamente de același tip.

Existența unor echipamente de rezervă are implicații economice deosebit de complexe. Sunt necesare cheltuieli pentru achiziționarea acestor echipamente și, totodată, este necesară amortizarea acestora. Având în vedere că aceste echipamente sunt de rezervă, se impune includerea acestor cheltuieli cu amortizarea în costul lucrărilor de mentenanță la care ele se folosesc. De asemenea, se ridică problema conservării acestor echipamente de rezervă pe perioadele când ele nu sunt utilizate. Însă eforturile creării și menținerii echipamentelor de rezervă trebuie judecate comparativ cu avantajele folosirii acestora în activitatea de mentenanță (reducerea la minim a întreruperilor procesului de producție pentru lucrări de mentenanță, crearea premiselor pentru organizarea corespunzătoare a mentenanței etc.).

4.6.4 Metoda de mentenanță pentru producția în flux

Această metodă se bazează pe un înalt grad de specializare a locurilor de muncă pentru executarea operațiilor necesitate de lucrările de mentenanță.

Organizarea unor linii de mentenanță în flux se poate face pentru repararea pieselor de schimb și a subansamblurilor componente ale echipamentelor.

Pentru aplicarea metodei se impune asigurarea următoarelor condiții:

- diferențierea procesului tehnologic pe diferite stadii și operații;
- fixarea pentru fiecare loc de muncă, în mod precis, a anumitor operații legate de repararea, montarea sau asamblarea pieselor sau subansamblurilor;
- amplasarea locurilor de muncă în ordinea impusă de succesiunea procesului tehnologic;
- asigurarea ritmicității producției, bazată pe sincronizarea timpului de execuție a operațiilor și stabilirea numărului optim de locuri de muncă;
- asigurarea mijloacelor speciale de transport continuu al obiectelor muncii, în concordanță cu procesul tehnologic.

Eficiența economică a organizării mentenanței echipamentelor pe baza metodei în flux este influențată de măsura în care se reușește să se asigure atât un flux continuu de piese pentru reparat, cât și o reducere a timpilor de oprire a liniei necesară mentenanței echipamentelor componente. În scopul reducerii pierderilor de timp generate de schimbarea programelor de producție, o mare importanță prezintă tipizarea și restrângerea tipurilor de piese de schimb și de subansambluri folosite în mentenanța echipamentelor, ceea ce determină mărirea seriei de piese identice sau similare supuse reparării.

În cazul existenței unui sortiment redus de piese de schimb care trebuie reparat (recondiționat) pe linie și pentru care s-a stabilit un ritm general al schimbărilor de program ale liniei, optimizarea funcționării acesteia se reduce la următoarele operații:

- determinarea variațiilor în sistemul de transport al pieselor de schimb de la un loc de muncă la altul;
- stabilirea variațiilor în mărimea ritmului de lucru;
- determinarea variațiilor numărului locurilor de muncă.

Liniile de flux pentru repararea pieselor de schimb și a subansamblurilor componente ale echipamentelor de producție trebuie să aibă un caracter flexibil, acesta fiind asigurat prin elemente cum ar fi: ritmul de lucru, viteza de deplasare a pieselor de la un loc de muncă la altul, numărul locurilor de muncă din linie etc.

În general liniile în flux organizate pentru repararea pieselor de schimb sunt specializate pe câteva sortimente de piese care prezintă similitudini constructive, funcționale și tehnologice, ceea ce asigură și eficiența ridicată a executării unor lucrări de mentenanță după modelele producției în flux.

În organizarea activității de reparare a pieselor sau subansamblelor pe aceste linii în flux, o preocupare a specialiștilor trebuie să o constituie reducerea pierderii de timp la schimbarea programului de lucru. În privința conținutului unui program de mentenanță pe o asemenea linie, tendința este spre o integrare pe cât posibil totală, în sensul că o piesă care intră pe linie în flux să părăsească linia în stare imediat utilizabilă.

4.6.5 Folosirea metodei grafurilor pentru organizarea și programarea executării lucrărilor de mentenanță.

Complexitatea problemelor de organizare și programare a activităților legate de realizarea unor lucrări de mare anvergură sau durată, din rândul cărora fac parte și lucrările de mentenanță de nivel IV și V, la echipamentele de mare complexitate, a făcut necesară folosirea unor noi modele care să permită găsirea acelei succesiuni în executarea lucrărilor sau a acelei modalități de folosire în timp a resurselor care să asigure în final optimizarea sub raport economic a acestora.

Pornind de la cerința găsirii unui instrument eficient, care să asigure programarea optimă a activităților ce se desfășoară pe termen mai lung, organizarea realizării lor în condițiile cele mai economice și controlul operativ asupra modului de execuție, au fost elaborate o serie de metode bazate pe teoria grafelor, din rândul cărora cea mai mare extindere au avut-o următoarele două:

➤ **PERT** – (Program Evaluation and Review Tehnique = Program de evaluare și control tehnic),

➤ **CPM** – (Critical Path Method = Metoda drumului critic).

Ambele metode au la bază aceleași concepte, diferind între ele numai prin câteva detalii. Astfel, de pildă, în timp ce metoda PERT s-a bazat pe estimări cu caracter probabilistic ale duratelor activităților, metoda CPM s-a bazat pe folosirea unui timp determinat de realizare a activităților.

Pentru folosirea acestor metode bazate pe teoria grafelor, trebuie realizate următoarele etape principale:

1) analiza activităților, pentru realizarea acestei etape, se face o detaliere a tuturor elementelor, lucrărilor, treptelor, problemelor sau fluxurilor activității necesare realizării lucrării;

2) aprecierea timpului și a costului fiecărei activități, folosind metode de estimări probabilistice sau deterministe;

3) construirea grafului pentru lucrarea analizată, care se face pe baza respectării anumitor reguli și necesită precizarea în prealabil a următoarelor elemente:

- activitatea care trebuie terminată înainte ca orice activitate dată să fi început;
- activitățile care pot fi executate în paralel;
- activitățile care succed imediat altei activități date.

Organizarea și programarea executării lucrărilor de mentenanță (inclusiv cea de modernizare a echipamentelor) prin folosirea metodei grafelor, necesită adoptarea soluției finale pe baza unor criterii de optimizare. Luarea în considerație cu prioritate a factorului timp în construirea grafului de activități definește metoda **PERT/TIMP**, după cum luarea în considerație cu prioritate a costurilor de mentenanță definește metoda **PERT/COST**.

Optimizarea folosirii resurselor de mentenanță necesită, în ultimă analiză, soluționarea problemelor referitoare la asigurarea nivelării încărcării, privind minimizarea costurilor și adoptarea deciziilor necesare în condițiile existenței unor resurse limitate.

Aceste metode folosite în organizarea și programarea executării unor lucrări de mentenanță au o serie de caracteristici care se constituie în tot atâtea avantaje ale aplicării acestora, și anume:

- asigură optimizarea duratei de imobilizare a echipamentelor în mentenanță, precum și a folosirii în timp a resurselor care concură la buna desfășurare a lucrărilor de mentenanță (forță de muncă, materiale, piese de schimb, utilaje pentru efectuarea operațiilor de prelucrări mecanice);

- pune în evidență sub forma unor arce activitățile (operațiile) care compun procesul tehnologic al unei lucrări de mentenanță și legăturile de succesiune între acestea (activitățile imediat precedente);

- favorizează identificarea activităților „critice” adică a operațiilor tehnologice asupra cărora este necesară concentrarea activității factorilor de decizie, întrucât acestea au un rol determinant asupra duratei totale de imobilizare a echipamentului în mentenanță;

- evidențiază activitățile „necritice”, adică acele operații a căror execuție poate fi amânată în limita unor „rezerve” de timp, fără a afecta durata totală de efectuare a lucrărilor de mentenanță, ceea ce permite redistribuirea anumitor surse spre activitățile „critice”.

Aplicarea acestor metode în organizarea și programarea executării lucrărilor de mentenanță necesită crearea unor premise, între care evidențiem:

- elaborarea și detalierea procesului tehnologic de mentenanță de operații, corespunzător felurilor de lucrări de mentenanță, cu precizarea succesiunii operațiilor și a posibilităților de realizare simultană a unora dintre ele;

- normarea tuturor operațiilor componente ale procesului tehnologic și evidențierea situațiilor în care se poate mări numărul de muncitori pentru efectuarea operațiilor (cu efecte favorabile asupra duratei de realizare a operațiilor);

- asigurarea unui număr suficient de locuri de muncă încât să permită desfășurarea concomitentă a lucrului la mai multe operații.

Prin cunoașterea termenelor de realizare a activităților, în vederea încadrării în durata totală optimizată, există posibilitatea urmării modului de respectare a acestora, a semnalării unor eventuale întârzieri și a luării de măsuri pentru recuperarea acestora. Aceasta corespunde tehnicii de actualizare a grafurilor atașate lucrărilor de mentenanță și cuprinde următoarele faze:

- la data actualizării se examinează stadiul de desfășurare a activităților (terminate, în curs de execuție, neîncepute), la activitățile în curs de executare, precum și la cele neîncepute se reevaluează duratele de realizare a acestora;

- se recalculează termenele de realizare ale evenimentelor, considerând că activitățile deja executate au durate nule, iar pentru restul activităților duratele fiind cele reestimate;

- se calculează noul drum critic și durata de imobilizare în mentenanță corespunzătoare; dacă aceasta este egală sau mai mică decât durata stabilită inițial, nu este necesară aplicarea unor măsuri speciale, lucrarea încadrându-se în termenul stabilit; în cazul în care noua durată este mai mare decât cea inițială, în vederea încadrării în termenul stabilit trebuie aplicate măsuri de reducere a ei, prin suplimentări sau redistribuiri de resurse.

Folosirea acestor metode pentru organizarea și programarea executării lucrărilor de mentenanță, datorită volumului de muncă pe care-l presupune, se recomandă în cazul unor lucrări de mentenanță de mare complexitate și pentru acele grupe de echipamente care conțin

un număr mare de echipamente, fapt ce face posibil ca graful elaborat să fie standardizat și ca atare folosit în activitatea curentă de mentenanță.

4.7. Metode de dimensionare a necesarului de forță de muncă în activitatea de mentenanță

În cadrul compartimentului de mentenanță, determinarea necesarului de personal se face în mod diferențiat, pe diferitele categorii, și anume: muncitori, ingineri, tehnicieni, economiști, personal administrativ și de birou. Ținând cont de sistemul de organizare a activității de mentenanță și de metodele de mentenanță propuse în capitolele anterioare, personalul de mentenanță poate fi grupat în două mari categorii:

1) personalul de executare a activităților de mentenanță, care cuprinde diferite categorii de muncitori (lăcătuși, electricieni, sudori etc.) cuprinși direct în echipele de mentenanță;

2) personalul de servire a activităților de mentenanță, în care intră diferitele categorii de personal în cadrul compartimentelor „**Metode – mentenanță**” și „**Planificare și programare mentenanță**”

În ceea ce privește cea de-a doua categorie, determinarea necesarului de personal pe diferite categorii (ingineri, tehnicieni, economiști, personal administrativ și de birou) nu se poate face pe baza unor calcule analitice, fiind foarte dificilă stabilirea volumului de muncă necesar executării lucrărilor prevăzute a se efectua în cadrul acestor două compartimente.

În consecință, pentru această categorie de personal se va ține cont de necesitatea adoptării unei organigrame raționale a compartimentului de mentenanță, având în vedere mărimea întreprinderii, particularitățile activității desfășurate, caracteristicile echipamentului din dotare, situația concretă privind starea tehnică a echipamentelor, sistemul informațional existent al activităților de mentenanță, etc. și nu în ultimul rând de ceea ce se dorește a fi mentenanța în cadrul întreprinderii.

Având în vedere situația existentă în majoritatea unităților industriale în ceea ce privește sistemul informațional al activității de mentenanță (nu există un istoric al echipamentului, nu sunt elaborate tehnologii de mentenanță, bugete de mentenanță etc.), se poate aprecia că într-o primă fază, personalul cuprins în această categorie ar trebui să fie mai numeros. Pe măsura rezolvării problemelor specifice grupei „**Metode mentenanță**”, și „**Planificarea și programarea lucrărilor de mentenanță**”, care nu au caracter repetitiv, personalul cuprins în categoria „personal de servire a activității de mentenanță” se va reduce.

Din experiența existentă în cadrul unităților industriale din țările dezvoltate economic, rezultă că ponderea acestei categorii de personal este de 5 – 8% față de numărul personalului de executare a lucrărilor de mentenanță.

4.7.1 Stabilirea necesarului de forță de muncă în cazurile metodei mentenanței preventive sistematice și a metodei mentenanței condiționate.

Calcularea necesarului de personal de executare a lucrărilor de mentenanță trebuie să aibă în vedere meseriile corespunzătoare operațiilor care compun procesul tehnologic al lucrărilor de mentenanță cuprinse în planurile de mentenanță preventivă, sistematică și condiționată ale echipamentelor din dotarea unității industriale respective.

Determinarea se va face în mod diferențiat pentru muncitorii care execută lucrări pe bază de norme de timp și cei care lucrează pe bază de norme de servire. Astfel, pentru muncitorii care execută lucrări de mentenanță pentru care au fost stabilite norme de timp, în vederea necesarului lor, se poate utiliza următoarea relație de calcul:

$$N_{mi} = \frac{V_{mti}}{F_{pm} + K_n}, \quad i = \overline{1, t}$$

în care:

N_{mi} = necesarul de muncitori de meseria i ;

V_{mti} = volumul total de muncă, în ore-om, necesar efectuării lucrărilor de mentenanță corespunzătoare meseriei i , potrivit planului de mentenanță;

F_{pm} = fondul de timp de lucru planificat al unui muncitor;

K_n = coeficientul planificat de îndeplinire a normelor;

$i = \overline{1, t}$ = tipurile de meserii necesare.

Această metodă de determinare a necesarului de muncitori implică elaborarea, în prealabil, a tehnologiilor de mentenanță pe fiecare tip de intervenție (fișa tehnologică de mentenanță cu precizarea operațiilor ce trebuie efectuate, a meseriei și a volumului de muncă necesar).

Pentru muncitorii cuprinși în efectuarea operațiilor de prelucrări mecanice (confecționări de piese de schimb, recondiționări de piese de schimb), necesarul se stabilește pe baza relației:

$$N_{mp} = \frac{T_{np}}{F_{pm} \times K_n}$$

în care:

N_{mp} = necesarul de muncitori pentru efectuarea operațiilor de prelucrări mecanice,

T_{ntp} = timpul necesar total pentru efectuarea operațiilor de prelucrări mecanice, în ore – om,

Pentru muncitorii care lucrează pe bază de norme de servire, în cazul „mentenanței de rond”, din cadrul mentenanței preventive sistematice, sau în cazul operațiilor de supraveghere, din cadrul mentenanței condiționate, determinarea necesarului de muncitori se poate face cu ajutorul relației:

$$N_{ms} = \frac{N_e \times K_s}{N_s}$$

în care:

N_{ms} = numărul de muncitori care lucrează pe bază de norme de servire,

N_e = numărul de echipamente care trebuie servite de acești muncitori,

K_s = coeficientul numărului de schimburi,

N_s = norma de servire a echipamentelor, definită prin numărul de echipamente servite de un muncitor. În țările occidentale, sarcinile acestei din urmă categorii de muncitori sunt preluate de muncitorii direct productivi, plecând de la principiile metodei japoneze de mentenanță – TPM, auto – mentenanța fiind elementul central al metodei.

4.7.2 Stabilirea necesarului de forță de muncă în cazurile metodei mentenanței corective și a metodei mentenanței paliative

Alegerea metodei de mentenanță se face după criteriul economic, nu întotdeauna se justifică, din acest punct de vedere, implementarea unei metode de mentenanță preventivă.

În același timp, și în condițiile unor metode de mentenanță preventivă, nu se pot evita în totalitate căderile accidentale ale echipamentelor, cauzele acestora fiind foarte diverse; supraîncărcarea acestora în anumite perioade pentru a recupera unele restanțe în fabricarea produselor, nerespectarea tehnologiei de fabricație, calitatea inferioară a lucrărilor de mentenanță, nerespectarea termenelor de efectuare a lucrărilor de mentenanță etc.

Căderile accidentale se produc la momente aleatoare, iar volumul de muncă necesar pentru eliminarea lor este diferit de la un echipament la altul, chiar dacă lucrările care se vor executa au același caracter. Ca urmare, în cadrul compartimentului de mentenanță al oricărei unități industriale va trebui să se ridice problema adoptării unor decizii cu privire la mărirea echipelor de mentenanță care vor lucra la remedierea căderilor. Aceeași problemă se ridică și

în cazul mentenanței paliative, lucrările efectuându-se practic după căderea echipamentului; din punctul de vedere al determinării necesarului de forță de muncă, cele două metode prezintă aceleași caracteristici.

Organizarea științifică a activității de mentenanță impune o bună dimensionare a echipelor de mentenanță, având în vedere faptul că o dimensionare numai plecând de la lucrările de mentenanță planificate are repercusiuni asupra operativității înlăturării defecțiunilor accidentale, care se ivesc în timpul exploatării echipamentelor.

De asemenea, o subdimensionare a echipelor de mentenanță poate determina o reducere a costurilor de mentenanță pe seama costurilor cu salariile, însă în mod cert va determina o prelungire a duratei de staționare a echipamentului în mentenanță și, implicit, o serie de pierderi cauzate de această imobilizare mai mare a echipamentului în lucrări de mentenanță. Invers, o supradimensionare a echipelor de mentenanță poate avea ca efect o reducere a imobilizării echipamentului în lucrări de mentenanță, însă în mod cert se va înregistra o neutilizare rațională a personalului de mentenanță (gradul redus de încărcare a acestuia), având drept urmare o productivitate a muncii scăzută.

În consecință, obiectivele care trebuie să se urmărească sunt creșterea gradului de ocupare a muncitorilor din cadrul echipelor de mentenanță și reducerea duratei de remediere a defecțiunilor accidentale.

Funcția economică a cărei minimizare se urmărește exprimă costul mediu pe unitate de timp a așteptării, pe de o parte, a echipamentului pentru a fi repus în funcționare, iar pe de altă parte a cheltuielilor aferente echipelor de mentenanță (salariile acestora).

Notăm cu:

c – costul indisponibilității echipamentului pe unitate de timp, pe perioada în care acesta se repară,

M – numărul de muncitori din echipa de mentenanță,

S – salariul mediu pe unitate de timp pentru un muncitor,

C(M) – costul mediu pe unitate de timp reprezentând nefolosirea mașinii datorită avariei și salariul muncitorilor din echipa de mentenanță.

Rezultă:

$$C(M) = c \cdot g(M) + S \cdot M \quad (4.1)$$

unde $g(M)$ reprezintă probabilitatea ca echipamentele să nu fie folosite, ea fiind în funcție de numărul de muncitori din echipa de mentenanță. Numărul optim de muncitori este dat de

valoarea lui „M” pentru care $C(M)$ este minim, respectiv valoarea lui „M” pentru care prima derivată se anulează.

$$C'(M) = 0 \Rightarrow c \cdot g'(M) + S = 0 \quad (4.2)$$

Este interesant de studiat cum variază timpul de avarii al echipamentelor în funcție de numărul de muncitori din echipa de mentenanță.

Folosind teoria așteptării se definește ca stare a sistemului, numărul de echipamente nefolosite, vom avea $I = 0, 1, 2, \dots, N$ stări.

Probabilitățile ca sistemul să se afle în una din aceste stări vor fi:

$$p_0, p_1, p_2, \dots, p_n$$

În acest caz $g(M)$ se poate determina cu ajutorul relației:

$$g(M) = \sum_{i=0}^N i \times p_i \quad (4.3)$$

Aceste probabilități de stare vor trebui exprimate în funcție de probabilitatea de avarii, respectiv cea de reparații.

Să presupunem că un echipament se va defecta în intervalul $(t, t + \Delta t)$ cu o probabilitate constantă $\lambda \Delta t$, (Poisson). În același timp, vom presupune că un echipament va fi reparat în intervalul $(t, t + \Delta t)$ cu o probabilitate constantă $\mu \Delta t$. Rezultă că avariile, respectiv reparațiile, vor conduce la schimbările din starea sistemului după cum urmează: o avarie crește numărul de echipamente nefolosite cu o unitate, iar o reparație scade numărul de echipamente cu o unitate.

Notăm cu $p(t)$ probabilitatea la momentul t ca „i” echipamente să fie nefolosite.

Considerăm starea $i = 0$, toate echipamentele sunt în funcțiune la momentul $t + \Delta t$.

Sunt două posibilități:

1). Toate echipamentele sunt în funcțiune la momentul t , atunci în intervalul $(t, t + \Delta t)$ nu intervine nici o avarie;

2). Un echipament este defect la momentul t , iar repararea acestuia se face în intervalul $(t, t + \Delta t)$.

Rezultă că probabilitatea $p_0(t + \Delta t)$ poate fi exprimată în funcție de $p_0(t)$ și $p_1(t)$ după cum urmează:

$$p_0(t + \Delta t) = (1 - N \lambda \Delta t) p_0(t) + \mu \Delta t p_1(t) \quad (4.4)$$

Produsul $N\Delta t$ reprezintă probabilitatea ca unul din echipamentele în funcțiune la momentul t să se defecteze în intervalul $(t, t + \Delta t)$.

Vom considera cazul în care numărul de echipamente defecte este mai mic decât numărul de muncitori din echipă (dacă repararea se face de către un muncitor) sau numărul de echipe (în cazul în care repararea se face de către o echipă).

Starea „ i ” poate fi determinată în următoarele moduri:

1). la momentul t sunt „ i ” echipamente defecte. În intervalul $(t, t + \Delta t)$ nu au loc alte avarii și nici reparații;

2). la momentul t , un număr de „ $i + 1$ ” echipamente sunt defecte și unul din ele este reparat;

3). la momentul t , sunt „ $i - 1$ ” echipamente defecte și unul din cele $N + 1 - i$ în funcțiune se avariază.

Probabilitatea $p_i(t + \Delta t)$ se poate exprima în funcție $p_i(t)$, $p_{i+1}(t)$ și $p_{i-1}(t)$ după cum urmează:

$$p_i(t + \Delta t) = [1 - (N - i) \lambda \Delta t - i \mu \Delta t] p_i(t) + (i + 1) \mu \Delta t p_{i+1}(t) + (N + 1 - i) \lambda \Delta t p_{i-1}(t), \quad (4.5)$$

În situația în care numărul de echipamente defecte este mai mare sau egal cu numărul de muncitori din echipă (dacă repararea fiecărui echipament se face de către un muncitor), sau cu numărul de echipe (în cazul în care repararea fiecărui echipament se face de către o echipă), respectiv $M \leq i < N$, modurile de determinare ale stării „ i ” sunt aceleași ca în cazul precedent, însă cel mult M echipamente dintre cele „ i ” echipamente defecte vor putea fi reparate în același timp, probabilitatea maximă a reparației va fi $M \mu \Delta t$.

Relația de calcul a probabilității ca la momentul $t + \Delta t$, i echipamente să fie defecte, $[p_i(t + \Delta t)]$ va fi următoarea:

$$p_i(t + \Delta t) = [1 - (N - i) \lambda \Delta t - M \mu \Delta t] p_i(t) + M \mu \Delta t p_{i+1}(t) + (N + 1 - i) \lambda \Delta t p_{i-1}(t), \quad (4.6)$$

Întrucât cazul al doilea nu poate să apară pentru $i = N$ (toate echipamentele sunt defecte, iar numărul de muncitori sau echipe este mai mic decât numărul acestora),

probabilitatea ca toate echipamentele să fie defecte la momentul $t + \Delta t$, $p_N(t + \Delta t)$ se determină cu relația :

$$p_N(t + \Delta t) = [1 - M \mu \Delta t] p_N(t) + \lambda \Delta t p_{N-1}(t) \quad (4.7)$$

Ecuțiile de la (4.4) la (4.7) formează un sistem de $N + 1$ ecuații cu probabilități de stare. Pe măsură ce Δt tinde spre zero, putem obține un sistem corespunzător de ecuații diferențiale. Vom căuta soluția pentru probabilități și anume soluția pentru care:

$$p_i(t + \Delta t) = p_i(t) = p_i$$

Substituind expresiile de mai sus în ecuațiile de la (4.4) la (4.7) și efectuând calculele, se obține un sistem de $N + 1$ ecuații:

$$\begin{cases} -N \lambda p_0 + \mu p_1 = 0 & (i = 0) \\ (N + 1 - i) \lambda p_{i-1} - [(N-i) \lambda + i \mu] p_i + (i + 1) \mu p_{i+1} = 0 & (i = 1, 2, \dots, M-1) \\ (N+1-i) \lambda p_{i-1} - [(N-i) \lambda + M \mu] p_i + M \mu p_{i+1} = 0 & (i = M, M+1, \dots, N-1) \\ \lambda p_{N-1} - M \mu p_N = 0 & (i = N) \end{cases} \quad (4.8)$$

Se rezolvă sistemul, determinându-se p_0, p_1, \dots, p_N

4.8. Metoda de dimensionare a stocurilor de piese de schimb

Ținând cont de faptul că metodele de mentenanță preventivă propuse urmăresc creșterea nivelului de siguranță și funcționare a echipamentelor (creșterea fiabilității), precum și îmbunătățirea rentabilității acestora, activitatea de asigurare a pieselor de schimb are ca obiectiv principal aprovizionarea și fabricarea unor piese de schimb cu fiabilitate sporită, în vederea reducerii sau eliminării opririi echipamentelor datorită defecțiunilor accidentale.

Teoretic, dacă numărul defecțiunilor accidentale poate fi menținut la zero și toate activitățile de mentenanță pot fi făcute conform planurilor de mentenanță, atunci piesele de schimb sau materialele necesare activității de mentenanță pot fi comandate conform nevoilor ce decurg din planul de mentenanță. Aceasta înseamnă că numărul pieselor de schimb sau a materialelor stocate poate fi zero.

Însă, activitatea de asigurare cu piese de schimb folosite în activitatea de mentenanță diferă de cea de asigurare a resurselor materiale pentru producție. Adesea este dificil de a

determina ce fel de piese de schimb ar trebui aprovizionate și a elabora planuri cantitative și de eșalonare a necesităților, având în vedere uzura inegală, neuniformă a pieselor, care determină durata lor diferită de exploatare. După cum s-a stabilit practic, aceeași piesă de la două echipamente de același model poate avea o durată de folosire diferită, în funcție de lucrările care se execută. În consecință, ca urmare a uzurii neuniforme a pieselor componente ale echipamentului, acestea au o durată diferită de exploatare, necesitând măsuri diferite de mentenanță. În raport cu particularitățile uzurii lor, unele piese se cer mai des și în cantități mai mari, iar altele rar și în cantități mai mici. În aceste condiții, necesarul unor piese prezintă un caracter regulat, în timp ce necesarul altor piese are un caracter întâmplător.

Pentru a se micșora durata de scoatere a echipamentului din producție, unitățile industriale trebuie să aibă în permanență, pentru mentenanță, un stoc de piese de schimb, care formează *stocul de piese de rezervă*. Cu cât se intenționează menținerea unei mai mari disponibilități a echipamentelor, cu atât mai mare devine stocul de piese de rezervă. Se vor forma astfel, atât stocuri de piese de rezervă pentru piesele care se cer în mod sistematic și în mari cantități, cât și pentru piesele al căror consum este o variabilă aleatoare, rareori fiind utilizate în cantități mari.

Formarea stocurilor de piese de rezervă și completarea lor în mod planificat se face în mod diferențiat.

Astfel, pentru echipamente ce se găsesc în curs de fabricație piesele pentru stocul de rezervă se procură de la întreprinderi specializate în fabricarea acestora. În numeroase cazuri, deficitul de piese de rezervă pentru acoperirea necesarului cerut de mentenanța echipamentului se execută de întreprindere, cu forțe proprii, pentru parcul de echipamente existente.

O problemă complicată și de răspundere pentru asigurarea stocurilor de piese de rezervă o constituie **stabilirea nomenclatorului de piese de rezervă**.

Includerea pieselor în nomenclatorul pieselor de rezervă se face pe baza datelor conținute în „dosarul echipamentului”, respectiv a „listei pieselor de schimb” necesare pentru diferitele categorii de lucrări de mentenanță. De asemenea, pentru întocmirea nomenclatorului trebuie avute în vedere informațiile desprinse în urma analizelor defecțiunilor accidentale ale echipamentelor cu privire la piesele care au determinat defectarea echipamentului.

Piesele incluse în nomenclatorul de piese de rezervă trebuie să se găsească în permanență în depozit, în cantitățile necesare. Sarcina asigurării existenței în depozit în permanență, a stocurilor pieselor de rezervă revine grupei „Planificare și programare mentenanță” din cadrul compartimentului de mentenanță. Una din problemele importante care

trebuie soluționate în vederea eficientizării activității de mentenanță a echipamentelor industriale este dimensionarea optimă a stocurilor de piese de rezervă. Aceasta se soluționează distinct, în funcție de particularitățile acestor piese de schimb. Astfel, pentru piesele de schimb care se solicită în mod sistematic și în cantități mari, pentru determinarea mărimii stocurilor (stoc curent, stoc de siguranță) se pot folosi metode diferite (utilizate și pentru celelalte categorii de resurse materiale), în funcție de scopul urmărit și de elementele care se iau în calcul. Între acestea amintim metoda statistică, metode de calcul pe bază de factori concreți de influență, metode care iau în calcul cheltuielile antrenate de procesele de aprovizionare - stocare, metode ce sunt prezentate pe larg în literatura de specialitate.

Considerăm că o importanță mai mare trebuie acordată dimensionării stocurilor de piese de rezervă, în cazul acelor piese de schimb al căror consum este o variabilă aleatoare, rareori fiind utilizate în cantități mari, cel mai adesea fiind eficientă reprovizionarea lor piesă cu piesă, dar a căror indisponibilitate în stoc antrenează immobilizări mari ale echipamentelor și, implicit, cheltuieli indirecte ridicate de mentenanță, problemă puțin abordată în literatura de specialitate.

În cazul acestor categorii de piese nu se poate vorbi de stocuri curente, fiind suficientă asigurarea unui nivel optim al stocului de siguranță.

Specialiștii propun un model de determinare a mărimii optime a stocului de siguranță, având în vedere fenomenul uzurii aleatoare a pieselor, pentru „ajustarea” fenomenelor de apariție a căderilor, utilizând legea lui Poisson. S-a plecat de la premiza că în zona defectărilor aleatoare (zona b), în care rata defectărilor este o mărime constantă, cea mai largă aplicabilitate în calculele de fiabilitate o are legea Poisson, însă oricare altă lege de fiabilitate poate fi utilizată, raționamentul economic rămânând același.

Nivelul optim al stocului de piese de rezervă este cel care minimizează costul total determinat de mărimea stocului de piese de rezervă.

În cazul în care stocul este mai mare decât cel necesar, speranța matematică a excedentului (E_e) este dată de relația:

$$E_e = \sum_{x=0}^{S_s} (S_s - x) \frac{e^{-m} m^x}{x!} \quad (4.9)$$

în care:

S_s – stocul de siguranță;

X – variabilă aleatoare reprezentând numărul de căderi ale piesei;

M – numărul mediu de căderi.

În cazul în care stocul este mai mic decât cel necesar (numărul de piese care ar cădea este mai mare decât numărul pieselor din stocul de siguranță) speranța matematică a deficitului (E_d) este dată de relația:

$$E_d = \sum_{x=S_s+1}^{\infty} (x - S_s) \frac{e^{-m} m^x}{x!} \quad (4.10)$$

Mărimea optimă a stocului se obține minimizând costul total (C_t), dat de expresia:

$$C_t = C_s \sum_{x=0}^{S_s} (S_s - x) \frac{e^{-m} m^x}{x!} + C_c \sum_{x=S_s+1}^{\infty} (x - S_s) \frac{e^{-m} m^x}{x!} \quad (4.11)$$

în care:

C_s – costul de stocare, care cuprinde suma cheltuielilor ce trebuie efectuate în timpul staționării pieselor de schimb în stoc și anume: cheltuieli cu primirea, recepția, transportul în interiorul depozitului, manipularea, depozitarea propriu-zisă, conservarea, evidență; efortul mobilizării fondurilor financiare aferente, dobânzi, taxe, impozite etc.; cheltuieli cu amortizarea spațiilor de depozitare, a dotărilor aferente, cheltuieli cu plata salariilor lucrătorilor care își desfășoară activitatea în cadrul depozitelor de piese de schimb.

C_c – costul căderii sau a indisponibilității echipamentului (pierderile posibile datorită stagnerii echipamentului din cauza lipsei în stoc a pieselor necesare).

4.9. Procese de decizie markoviene în activitatea de mentenanță industrială

Pornind de la faptul că problemele stabilirii duratelor de viață eficiente a echipamentelor, al menținerii acestora, ale intervalelor de intervenții sunt probleme ale planificării în perspectivă, soluționarea lor nu se poate face fără a avea în vedere factorul timp, neputând fi abordate static.

Dacă considerăm echipamentul pe durata sa normală de funcționare ca un sistem, atunci putem descompune acest sistem într-un număr de faze sau secvențe care să reprezinte comportamentul echipamentului la o anumită dată (vechime).

Apreciind schimbările de stare ale sistemului ca o funcție de valori pe care vrem să o optimizăm, este adevărată următoarea teoremă: *o politică optimă nu poate fi formată decât din subpolitici optime.*

Ținând seama de caracterul aleator al defecțiunilor la un echipament, se pot trata aceste probleme ca procese stochastice și anume, ca procese cu lanțuri Markov.

Procesele stochastice reprezintă o secvență de evenimente supuse analizei probabilistice, ele diferă în funcție de modelul de probabilitate la fiecare fază.

Există următoarele tipuri de procese stochastice:

1. Procese independente

Acestea, la rândul lor, se prezintă sub două forme:

a) În cadrul fiecărei faze, toate arcele care au același nod de origine, sunt egale.

Graful unui proces de acest tip se prezintă în fig. 4.5.

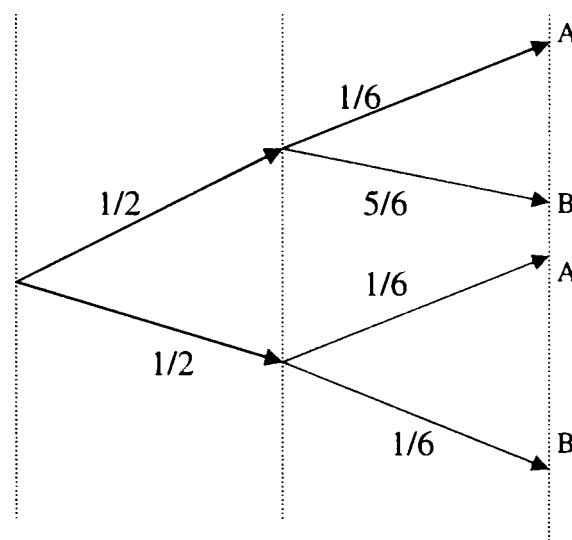


Fig. 4.5 Proces independent [D.04]

b) Toate arcele sunt egale atât în cadrul fiecărei faze, cât și între faze. Graficul unui proces independent de acest tip se prezintă în fig. 4.6.

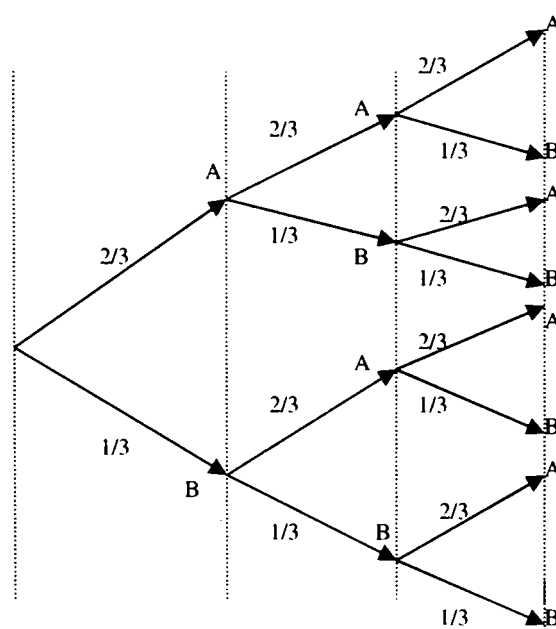


Fig. 4.6 Proces independent [D.04]

2 .Procese cu lanțuri Markov

Arcul unui experiment depinde numai de cel imediat anterior, dependența rămânând aceeași la toate fazele.

Graful unui proces cu lanțuri Markov se prezintă în fig. 4.7.

Starea sistemului la orice fază depinde numai de starea sistemului la faza precedentă și probabilitățile cunoscute.

Presupunem un număr finit de stări la fiecare fază și un număr finit de faze.

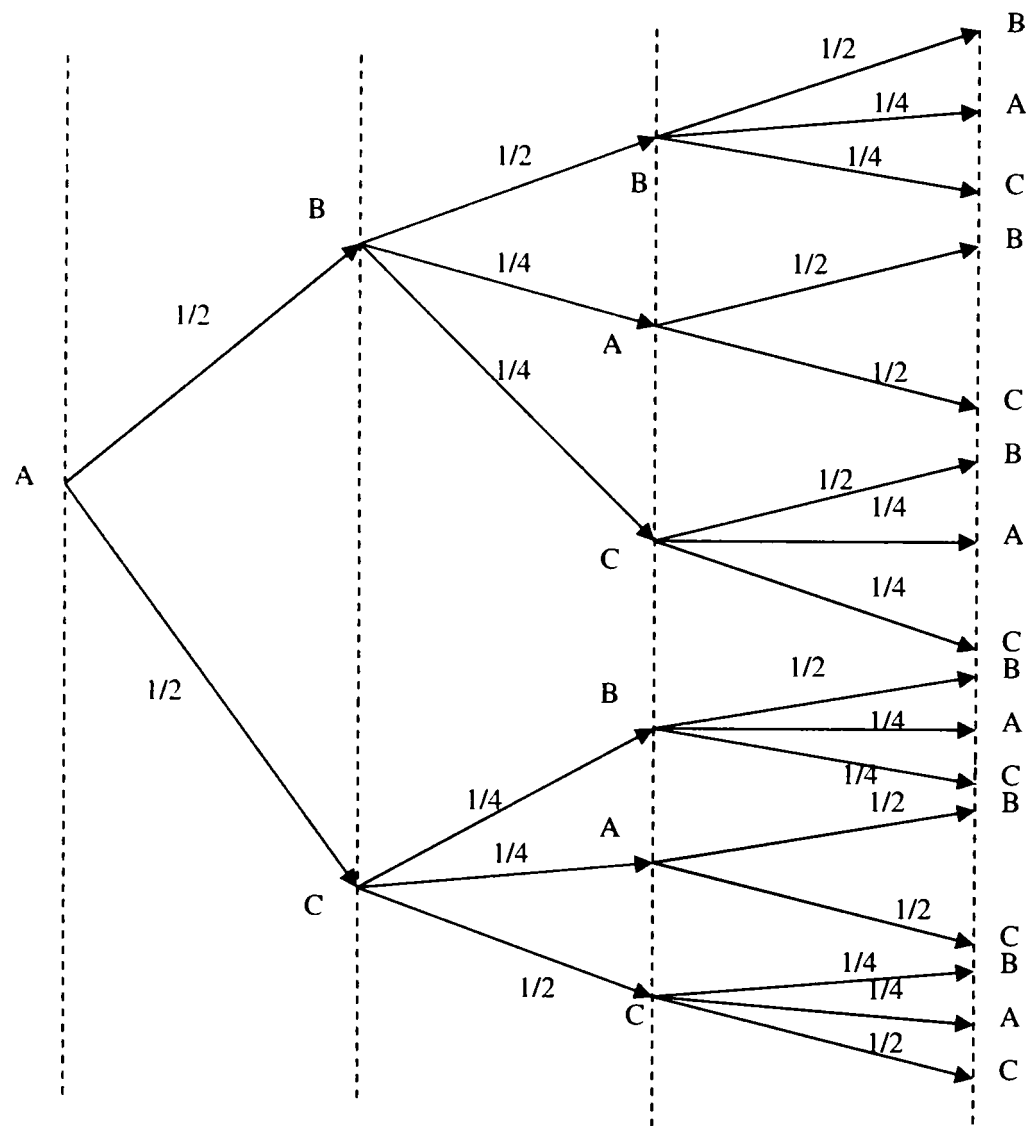


Fig. 4.7 Procese cu lanțuri Markov [D.04]

Stările la faza n se notează cu i , $i = 1, 2, \dots, M$, iar fazele se notează cu n , $n = 1, 2, \dots, N$. Probabilitatea de tranziție de la starea „ i ” în faza „ n ”, la starea „ j ” în faza „ $n - 1$ ” se notează cu p_{ij} , independent de faza n .

Fie P matricea de tranziție. Rezultă:

$$P = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & \dots & S_i & \dots & S_M \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_i \\ \dots \\ S_M \end{matrix} & \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1i} & \dots & P_{1M} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2i} & \dots & P_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{ii} & \dots & P_{iM} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{M1} & P_{M2} & \dots & P_{Mj} & \dots & P_{MM} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Cele M coloane corespund celor M stări ale sistemului.

Avem:

$$0 \leq p_{ij} \leq 1 \quad \text{și} \quad \sum p_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, M$$

Notăm cu:

$\Pi_{n-1}(j)$ – probabilitatea de a fi în starea j la faza n-1;

p_{ij} – probabilitatea de tranziție;

$\Pi_n(j)$ – probabilitatea de a fi în starea i la faza n;

Rezultă că:

$$\Pi_{n-1}(j) = \sum_{i=1}^M p_{ij} \cdot \Pi_n(i) \quad j = 1, \dots, M; \quad n = 1, \dots, N$$

Corespunzător matricii de tranziție P, se poate descrie și o matrice a profitului (sau costurilor), după cum urmează:

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1j} & \dots & b_{1M} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2j} & \dots & b_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{i1} & b_{i2} & \dots & b_{ij} & \dots & b_{iM} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{M1} & b_{M2} & \dots & b_{Mj} & \dots & b_{MM} \end{bmatrix}$$

în care b_{ij} reprezintă profitul obținut (sau costul) prin trecerea de la starea i la j.

Se definește $B_n(i)$ profitul total estimat ce se obține într-un proces Markov cu „n” faze pornind de la starea „i”.

Relațiile de calcul ale acestuia sunt următoarele:

◆ Pentru un proces cu o singură fază:

$$B_1(i) = \sum_{j=1}^M p_{ij} b_{ij} \quad (4.12)$$

◆ Pentru un proces cu „n” faze:

$$B_n(i) = \sum_{j=1}^M p_{ij} \cdot [b_{ij} + B_{n-1}(j)] \quad n = 2, 3, \dots, N \quad (4.13)$$

Având în vedere cele arătate anterior, analizând comportamentul echipamentelor în cursul duratei lor de viață, se poate trage concluzia că trecerea prin diferite grade de uzură până la avarierea completă a acestora poate fi asociată stărilor unui lanț Markov.

Dacă un echipament se găsește în M stări crescânde de uzură ($i = 1, 2, \dots, M$), ultima corespunzând stării de avarie, toate tranzacțiile, de la starea j la o stare i , unde $j > i$, sunt imposibile, pentru că echipamentul nu poate fi întinerit. Rezultă că matricea P , a probabilităților de tranziție, este triunghiulară superioară. Definind o etapă, ca o perioadă de timp de o mărime dată (zi, săptămână, lună, an, etc.) se poate estima pentru o stare „ j ” particulară, probabilitățile de tranziție p_{ij} (unde $j \geq i$).

În problemele de gestiunea echipamentelor, calculul probabilității de avarie este esențial în luarea deciziilor. Ea semnifică probabilitatea ca echipamentul să suporte o avarie la o dată „ n ” (după „ n ” etape), fiind notată cu $p^{(n)}$. Se constată că:

$$p^{(n)} = \prod_M^{(n)} - \prod_M^{(n-1)} \quad (4.14)$$

Deci, $p^{(n)} = P(\text{avarie în etapa } n \text{ sau înainte}) - P(\text{avarie în etapa } n-1 \text{ sau înainte})$

Dacă echipamentul este în starea i la etapa 0, atunci $\Pi^{(0)} = [0, 0, \dots, 1, 0, \dots, 0]$, este o matrice linie (un vector) a cărui singur element nenul este de rang „ i ” și ia valoarea 1.

Rezultă că:

$$\Pi^{(n)} = \Pi^{(0)} \cdot p^n \quad \text{și} \quad \Pi^{(n-1)} = \Pi^{(0)} \cdot p^{(n-1)}$$

Definind un vector de coloană $e_M = [0, 0, 0, \dots, 1, 0, \dots, 0]$, se obține:

$$\Pi^{(n)} = \Pi^{(0)} \cdot p^n \cdot e_M \quad \text{și} \quad \Pi^{(n-1)} = \Pi^{(0)} \cdot p^{(n-1)} \cdot e_M$$

În consecință, înlocuind în relația (4.14), avem:

$$p^{(n)} = \Pi^{(0)} \cdot p^n - \Pi^{(0)} \cdot p^{(n-1)} \cdot e_M \quad (4.15)$$

$$p^{(n)} = \Pi^{(0)} \cdot p^{n-1} \cdot (P - I_M) \cdot e_M$$

unde I_M este matricea unitate de ordinul M

Cunoscând probabilitățile p^n se poate determina durata medie de viață a echipamentului (pieselor), după relația:

$$T_m = \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot p^{(n)}$$

Având în vedere curba de viață a echipamentelor industriale, după perioada de rodaj, căderile accidentale în funcționarea echipamentului au tendința de a se diminua și sfârșesc prin atingerea unui regim staționar (rata căderilor $\lambda(t)$ este aproximativ constantă).

Grafic această situație se reprezintă în figura 4.8.

În consecință, comportamentul echipamentelor industriale, poate fi asimilat unui proces cu lanț Markov regulat, care atinge o stare de echilibru când numărul de etape (M) devine mare. Când momentul de echilibru este atins, probabilitatea ca echipamentul să fie într-o stare dată devine constantă de la o etapă la alta.

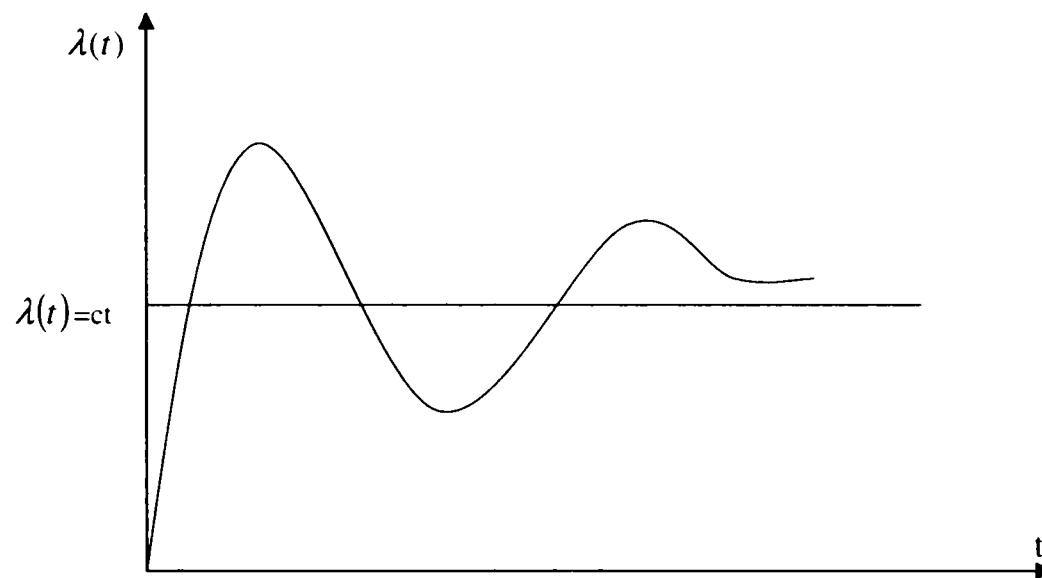


Fig.4.8 Représentarea grafică a ratei căderilor [D.04]

Distribuția de echilibru Π este unică și ea depinde numai de matricea de probabilități de tranziție (P) și nu de distribuția stării inițiale $\Pi^{(0)}$.

Vectorul Π este un vector de unică probabilitate, $\Pi = [\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_M]$, satisfăcând condiția:

$$\Pi \cdot P = \Pi$$

în care P reprezintă matricea probabilității de tranziție.

Un exemplu de tratare a problemelor de mentenanță cu ajutorul lanțurilor Markov se prezintă în studiul de caz F din capitolul 9.

4.10. Elemente de logică fuzzy

Mulțimile fuzzy (vagi, neclare, incerte) au fost introduse în matematică de L.A.Zadeh în 1965, ca o necesitate de a măsura imprecisul, vagul, nuanța, fiind apoi utilizate

în diverse domenii ale științei și tehnicii. Pentru o mulțime fuzzy nu există o tranziție netă de la apartenența la neapartenența unui element la o mulțime, existând grade de apartenență intermediare între apartenență și neapartenență. Mulțimile fuzzy se bazează pe logica continuă, iar teoria clasică a mulțimilor pe logica bivalentă, deci discontinuă, care lucrează cu două valori logice: adevărul și falsul, cu valori de adevăr 1, respectiv 0.

O altă extensie a mulțimilor clasice care poate manevra concepte vagi este dată de mulțimile flue introduse de Y.Gentilhomme în 1968, care au la bază o logică trivalentă, cu valorile de adevăr: 0,1/2,1, corespunzătoare pentru fals, posibil și adevărat, sau la modul general se bazează pe logica n – valentă, care sunt logici discontinue.

Pentru definirea și utilizarea mulțimilor fuzzy se vor introduce câteva noțiuni necesare.

Se consideră o mulțime nevidă L, înzestrată cu două operații, notate: \vee (disjuncție) și \wedge (conjunție) cu axiomele:

1. Comutativitatea

$$a \vee b = b \vee a$$

$$a \wedge b = b \wedge a$$

2. Asociativitatea

$$(a \vee b) \vee c = a \vee (b \vee c)$$

$$(a \wedge b) \wedge c = a \wedge (b \wedge c)$$

3. Idempotența

$$a \vee a = a$$

$$a \wedge a = a$$

4. Absorbția

$$a \vee (a \wedge b) = a$$

$$a \wedge (a \vee b) = a$$

5. Distributivitatea

$$a \vee (b \wedge c) = (a \vee b) \wedge (a \vee c)$$

$$a \wedge (b \vee c) = (a \wedge b) \vee (a \wedge c)$$

6. Existența unui prim și a unui ultim element

Există elementele $0, 1 \in L$, astfel încât:

$$0 \vee a = a$$

$$0 \wedge a = 0$$

$$1 \vee a = 1$$

$$1 \wedge a = a$$

7. Negația

Există operația negație „ $\bar{}$ ”, astfel încât:

$$\bar{\bar{a}} \vee a = 1$$

$$\bar{\bar{a}} \wedge a = 0$$

$$\bar{\bar{a}} = a, \quad \bar{0} = 1, \quad \bar{1} = 0$$

Se vor defini câteva concepte utilizând cele șapte axiome.

Tripletul (L, \vee, \wedge) care verifică axiomele 1 – 4 se numește **lattice**.

O lattice (L, \vee, \wedge) care verifică axiomele 5 – 7 se numește **algebră Boole**.

Fie L o lattice și X o mulțime oarecare. Se numește L – **mulțime fuzzy** în X o aplicație $F: X \rightarrow L$.

Fie B o algebră Boole și X o mulțime oarecare. Se numește B – **mulțime fuzzy** în X o aplicație $F: X \rightarrow B$.

Se poate considera intervalul $[0,1] \subset \mathbb{R}$, $B = [0,1]$, care este o algebră Boole cu operațiile:

$$a \vee b = \max(a,b)$$

$$a \wedge b = \min(a,b), \quad \forall a,b \in [0,1]$$

$$\bar{a} = 1-a, \quad \forall a \in [0,1]$$

și în acest caz se numește mulțime fuzzy sau vagă (în X) o aplicație $F: X \rightarrow [0,1]$

Unii autori numesc mulțimea fuzzy mulțime nuanțată, fiind definită astfel:

Dacă X este o mulțime nevidă, o **mulțime fuzzy (nuanțată)** este o pereche (X,A) , unde $A: X \rightarrow [0,1]$, în care X este universul mulțimii fuzzy (nuanțate) și A este funcția de apartenență a mulțimii fuzzy. $A(x)$ se interpretează ca fiind gradul de apartenență al lui x la mulțimea fuzzy (X,A) .

Dacă $A(x) = 1$, atunci, cu certitudine x este un element din A . Între apartenența totală și neapartenența totală există o infinitate de situații intermediare (fuzzy). Din motive de simplitate se va identifica mulțimea fuzzy cu funcția ei de apartenență, deci vom spune că A este o mulțime fuzzy peste universul X . Se va nota cu $L(X)$ familia mulțimilor fuzzy peste X .

Alți autori definesc mulțimea fuzzy asemănător cu cele două definiții precedente.

Dacă X este o mulțime de obiecte notate generic prin x , atunci mulțimea fuzzy A în X este o mulțime de perechi ordonate

$$A = \{ (x, \mu_A(x)) \mid x \in X \},$$

iar $\mu_A(x)$ este numită funcție de apartenență a elementului x la A ,

$$\mu: X \rightarrow M$$

unde M este spațiul de apartenență.

Dacă M conține numai două elemente 0 și 1, mulțimea A este non – fuzzy, deci o mulțime clasică, cu $\mu_A(x)$ identică cu funcția caracteristică a mulțimii non – fuzzy.

Se vor enunța câteva relații și operații cu mulțimi fuzzy.

1) Dacă A și B sunt mulțimi fuzzy peste X , **egalitatea mulțimilor fuzzy**:

$$A = B \Leftrightarrow A(x) = B(x), \quad \forall x \in X$$

2) Mulțimea fuzzy A este **inclusă** în mulțimea fuzzy B ,

$$A \subseteq B \Leftrightarrow A(x) \leq B(x), \quad \forall x \in X$$

3) Dacă A este o mulțime fuzzy peste X , complementara A' a mulțimii A peste X , este definită de relația

$$A'(x) = 1 - A(x), \quad (\forall) x \in X$$

4) Mulțimea vidă se notează cu Φ și se definește:

$$\Phi(x) = 0, \quad (\forall) x \in X$$

5) Complementara mulțimii vide Φ se notează cu X și:

$$X(x) = 1, \quad (\forall) x \in X$$

6) Reuniunea și intersecția mulțimilor fuzzy peste X au fost definite de Zadeh, astfel:

$$(A \cup B)(x) = \max(A(x), B(x)), \quad (\forall) x \in X; \quad (4.16)$$

$$(A \cap B)(x) = \min(A(x), B(x)), \quad (\forall) x \in X$$

Această definiție a reuniunii și intersecției mulțimilor fuzzy nu este singura posibilă, iar la modul general aceste operații se definesc prin utilizarea t – normelor a căror definiție se dă în continuare.

O t – normă este o funcție

$$T: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$$

care satisface următoarele patru axiome:

1. condiția la limită: $T(a,1) = a, \quad \forall a \in [0,1]$;

2.monotonia: dacă $a \leq u, b \leq v \Rightarrow T(a,b) \leq T(u,v)$;

3.comutativitatea: $T(a,b) = T(b,a), \quad \forall a,b \in [0,1]$

4.asociativitatea: $T(T(a,b),c) = T(a,T(b,c)), \quad \forall a,b,c \in [0,1]$;

Dacă T este o t – normă

$$T: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$$

atunci funcția S

$$S: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$$

definită prin:

$$S(a,b) = 1 - T(1-a,1-b), \quad \forall a,b \in [0,1]$$

se numește **t – conormă duală** a lui R.

La modul general se definesc reuniunea și intersecția mulțimilor fuzzy A și B definite peste X astfel:

$$(A \cap B)(x) = T(A(x), B(x)), \quad \forall x \in X \quad (4.17)$$

$$(A \cup B)(x) = S(A(x), B(x)), \quad \forall x \in X$$

unde T este o t – normă și S este t – conorma duală a lui T.

Câteva exemple concrete de t – norme T și t – conorme S sunt:

$$1). \quad T_0(a,b) = \min(a,b)$$

$$S_0(a,b) = \max(a,b);$$

$$2). \quad T_1(a,b) = a \cdot b$$

$$S_1(a,b) = a + b - a \cdot b;$$

$$3). \quad T_\infty(a,b) = \max(a+b-1, 0)$$

$$S_\infty(a,b) = \min(a+b, 1);$$

$$4). \quad T_s(x,y) = \log_x \left(1 + \frac{(s^x - 1) \cdot (s^y - 1)}{s - 1} \right), \quad s > 0, s \neq 1, \quad (4.18)$$

$$S_s(x,y) = 1 - T(1-x, 1-y)$$

Cele patru t – norme au proprietatea:

$$T_i = \lim_{s \rightarrow i} T_s, \quad \text{unde } i = 0, 1, \dots, \infty$$

Din t – norma 4). dată de (4.17), se obțin o infinitate de t – norme, după valorile lui s.

Optimizarea fuzzy în alocarea resurselor

Programarea liniară clasică, deterministă, non – fuzzy, utilizată în alocarea resurselor este în principiu definită prin relațiile (4.19):

$$\begin{aligned} & \max f(x) \\ & f(x) = c \cdot x \\ & A \cdot x \leq b \\ & x \geq 0 \end{aligned} \quad (4.19)$$

unde: $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$, $A = (a_{ij})$, $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$;

$$b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{pmatrix}, \quad x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}$$

Toți coeficienții relației (4.19) sunt mulțimi clasice, non – fuzzy.

Dacă decizia bazată pe soluția optimă a problemei de programare liniară (4.19) trebuie luată în condiții vagi, în împrejurări fuzzy, trebuie modificate relațiile (4.19) și trebuie utilizat modelul programării liniare fuzzy dat de relațiile (4.20).

Se presupune că funcția obiectiv f va avea un nivel aspirat (cel puțin egal) z .

$$\begin{aligned} c \cdot x &\underset{=}{\geq} z \\ A \cdot x &\underset{=}{\leq} b \\ X &\geq 0 \end{aligned} \tag{4.20}$$

Relația $\underset{=}{\leq}$ este versiunea fuzzy a relației clasice, non - fuzzy \leq și are interpretarea lingvistică „esențial mai mic decât sau egal”. La fel, relația $\underset{=}{\geq}$ este versiunea fuzzy a relației clasice, non – fuzzy \geq și are interpretarea lingvistică „esențial mai mare decât sau egal”. Fiecare restricție a modelului (4.19) este privită ca o mulțime fuzzy.

În programarea liniară clasică non – fuzzy, violarea oricărei restricții în relațiile (4.18) duce la soluții nefezabile, neadmisibile, dar în programarea liniară fuzzy anumite violări ale restricțiilor în relațiile (4.20) sunt permise. Spre deosebire de programarea liniară clasică non – fuzzy, în programarea liniară fuzzy nu este definit unic tipul modelului, fiind posibile multe variații, funcție de trăsăturile caracteristice ale situației reale care va fi modelată. În relațiile (4.20) se face substituția.

$$B = \begin{pmatrix} -c \\ A \end{pmatrix}, \quad d = \begin{pmatrix} -z \\ b \end{pmatrix}$$

și relațiile (4.20) devin:

$$\begin{aligned} B \cdot x &\underset{=}{\leq} d \\ x &\geq 0 \end{aligned} \tag{4.21}$$

În relațiile (4.21) fiecare linie din cele $m+1$ reprezintă mulțimi fuzzy cu funcția de apartenență a relației i , $\mu_i(x)$, care pot fi interpretate ca și gradul de satisfacere al inegalității fuzzy:

$$B_i \cdot x \underset{=}{\leq} d_i, \quad i = 1, 2, \dots, m+1$$

iar B_i este linia i în matricea B .

Funcția de apartenență pentru modelul (4.21) este dată prin definirea intersecției mulțimilor fuzzy prin relația (4.16), obținându-se relațiile (4.21):

$$\mu_D(x) = \min_{1 \leq i \leq m+1} \{\mu_i(x)\} \quad (4.22)$$

iar pentru rezolvarea problemei fuzzy dată de (4.21) trebuie aflat:

$$\max_{x \geq 0} \mu_D(x) = \max_{x \geq 0} \min_{1 \leq i \leq m+1} \{\mu_i(x)\} \quad (4.23)$$

Sunt posibile diverse funcții de apartenență $\mu_i(x)$, $i = 1, 2, \dots, m+1$

Se poate utiliza funcția de apartenență:

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 1, & \text{dacă } B_i \cdot x \leq d_i \\ 1 - \frac{B_i \cdot x - d_i}{p_i}, & \text{dacă } d_i < B_i \cdot x \leq d_i + p_i \\ 0, & \text{dacă } B_i \cdot x > d_i + p_i \end{cases} \quad (4.24)$$

unde p_i sunt constante alese subiectiv și reprezintă violările admisibile ale funcției obiectiv și restricțiilor, pentru $i = 1, 2, \dots, m+1$.

Pentru rezolvarea problemei de programare liniară fuzzy (4.21) trebuie determinat:

$$\max_{x \geq 0} \min_{1 \leq i \leq m+1} \left(1 - \frac{B_i \cdot x - d_i}{p_i} \right) \quad (4.25)$$

Problema de programare liniară fuzzy (4.20) se reduce la rezolvarea problemei de programare liniară clasică (deterministă) non-fuzzy, dată de relațiile (4.26) care are o restricție și o variabilă în plus față de (4.20) și (4.21) și se rezolvă cu algoritmul simplex primal sau dual sau prin utilizarea programelor QSB, DSSPOM, LINDO sau altele.

$$\begin{aligned} & \max \lambda \\ & \lambda \cdot p_i + B_i \cdot x \leq d_i + p_i \\ & x \geq 0 \end{aligned} \quad (4.26)$$

Unii autori [N.01] consideră că programarea matematică fuzzy cuprinde 3 cazuri principale:

- restricții și funcții obiectiv formulate fuzzy;
- restricții și funcții obiectiv deterministe, dar tratate în context fuzzy;
- coeficienți care formează mulțimi fuzzy.

Programarea matematică fuzzy în sensul strict cuprinde primul caz de mai sus, deci fiind date m restricții fuzzy R_1, R_2, \dots, R_m și p obiective fuzzy O_1, O_2, \dots, O_p , cu funcțiile de apartenență $\mu_{R_i}(x)$, $i = 1, 2, \dots, m$ și $\mu_{O_k}(x)$, $k = 1, 2, \dots, p$, trebuie determinat:

$$\max_{x \geq 0} \min_{i,k} \{ \mu_{R_i}(x), \mu_{r_k}(x) \} \quad (4.27)$$

obținându-se soluția optimă. Această formulare a problemei de programare matematică fuzzy eludează aspectele liniar-nelinier și monocriterial-multicriterial, acestea fiind abordate unitar mai sus.

Programarea liniară fuzzy cu restricții fuzzy și restricții non – fuzzy

Este posibil ca o parte din restricțiile unei probleme de programare liniară fuzzy să fie restricții fuzzy, alte restricții să fie restricții clasice (deterministe), non – fuzzy, de forma:

$$D \cdot x \leq h$$

(D este o matrice, x și h sunt vectori), iar funcția obiectiv este de tip fuzzy. În acest caz restricțiile non – fuzzy se adaugă la formularea dată în modelul (4.26) și se obține (4.28):

$$\begin{aligned} & \max \lambda \\ & \lambda \cdot p_i + B_i \cdot x \leq d_i + p_i, \quad i = 1, 2, \dots, m+1 \\ & D \cdot x \leq h \\ & x, \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (4.28)$$

Relațiile (4.26) reprezintă o problemă de programare liniară clasică (deterministă), non – fuzzy.

Decizii multicriteriale fuzzy

În deciziile fuzzy aprecierea unei variante V_i în raport cu un criteriu C_j nu se face printr-un număr real, ci printr-un număr fuzzy, care este un interval al axei reale, care este gândit ca și o mulțime fuzzy, având o funcție de apartenență μ_{aj} .

Se consideră decizii multicriteriale fuzzy, în care se dau (se cunosc):

- o mulțime de m variante: $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$;
- o mulțime de n criterii: $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$;
- matricea consecințelor, deci matricea aprecierii variantelor mulțimii V prin criteriile mulțimii C , este o matrice de funcții de apartenență:

$$A = (\mu_{aj}), \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Funcțiile de apartenență μ_{aj} pot avea diverse exprimări matematice, dintre care se vor prezenta câteva, pentru un interval $[a, b]$.

1. Funcția de apartenență triunghiulară

Se consideră punctele: $A(a, 0)$, $B(b, 0)$, $C(c, 1)$,

unde s-a notat:

$$c = (a + b)/2$$

Expresia analitică a acestei funcții de apartenență triunghiulară este dată de ecuația dreptei AC, pentru $x \in [a, c]$ și ecuația dreptei CB, pentru $x \in [c, b]$, date de relația (4.29), unde $a, b \in \mathbb{R}$, $a < b$.

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{c-a}, & \text{dacă } a \leq x \leq c \\ 1 - \frac{x-c}{b-c}, & \text{dacă } c < x \leq b \end{cases} \quad (4.29)$$

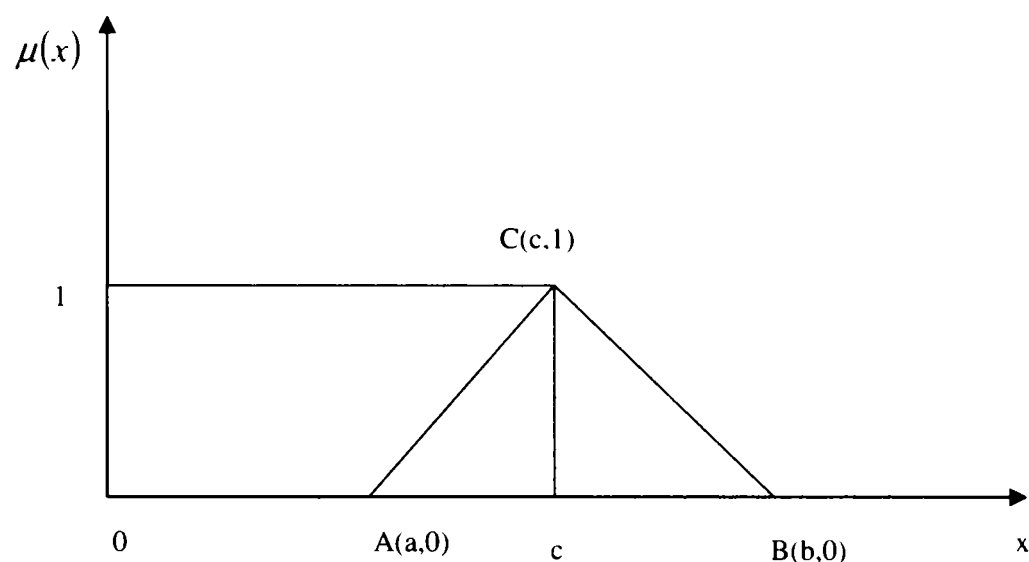


Fig.4.9 Funcția de apartenență triunghiulară [C.15]

2. Funcția de apartenență parabolică

Expresia analitică (4.29) a acestei funcții de apartenență parabolice este reprezentată de o parabolă concavă cu vârful $C(c,1)$ care intersectează axa absciselor Ox în punctele $A(a,0)$, $B(b,0)$, iar $c = (a+b)/2$.

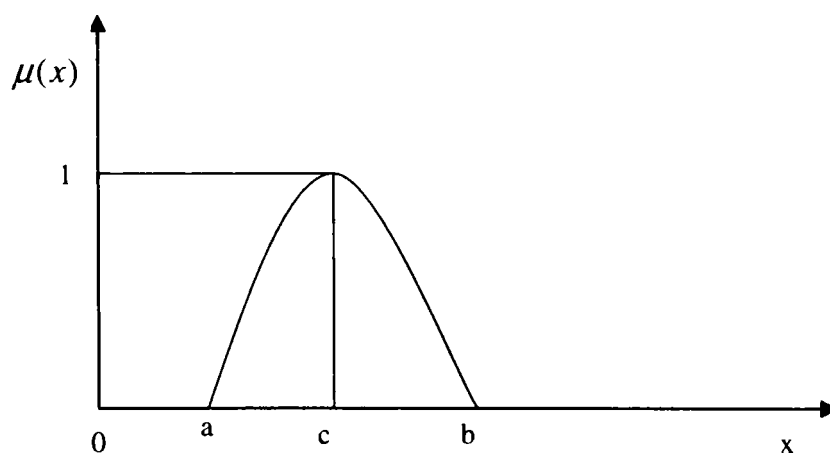


Fig.4.10 Funcția de apartenență parabolică [C.15]

$$\mu(x) = 1 - 4 \left(\frac{x-c}{b-a} \right)^2, \quad x \in [a,b] \quad (4.30)$$

3. Funcția de apartenență sinusoidală

Expresia sa analitică este dată de relația (4.31) și graficul în fig.4.11

$$\mu(x) = \sin \left(\pi \cdot \frac{a-x}{a-b} \right), \quad x \in [a,b] \quad (4.31)$$

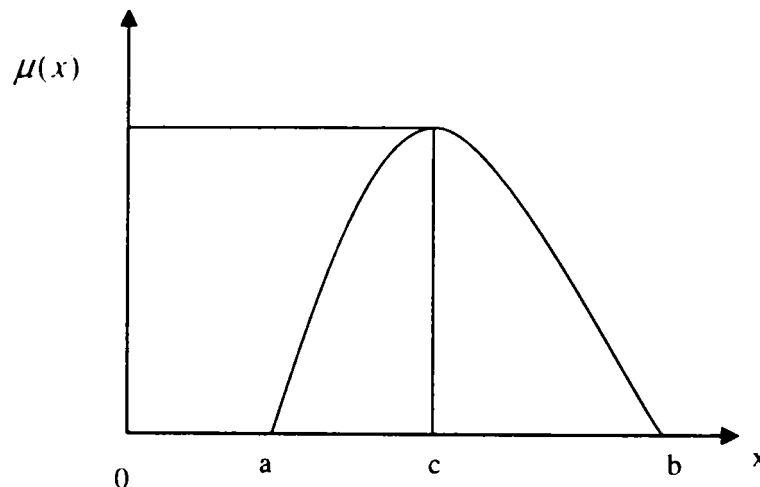


Fig.4.11 Funcția de apartenență sinusoidală [C.15]

4. Funcția de apartenență de tip rampă (saturată)

Această funcție are două variante: de tip rampă (saturată) la dreapta cu expresia analitică dată de relația (4.32) și graficul în fig.4.12, iar a doua variantă de tip rampă (saturată) la stânga, cu expresia analitică dată de relația (4.33) și gaficul în fig.4.13

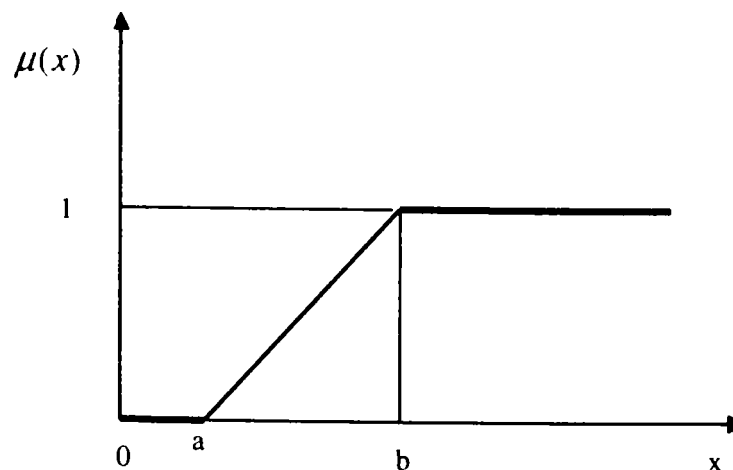


Fig.4.12 Funcția de apartenență saturată (de tip rampă) la dreapta [C.15]

$$\mu = \begin{cases} 0, & \text{dacă } x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{dacă } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{dacă } x > b \end{cases} \quad (4.32)$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & \text{dacă } x < a \\ \frac{b-x}{b-a}, & \text{dacă } a \leq x \leq b \\ 0, & \text{dacă } x > b \end{cases} \quad (4.33)$$

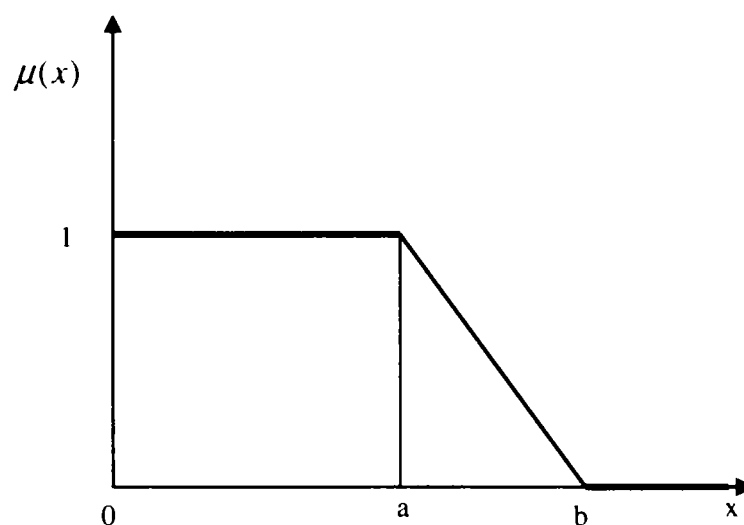


Fig.4.13 Funcția de apartenență saturată (de tip rampă) la stânga [C.15]

Evident, există și alte funcții de apartenență pentru mulțimile fuzzy.

Cele mai importante metode de decizie multicriteriale fuzzy sunt: metoda maximin fuzzy, metoda ponderării simple aditive fuzzy, metoda Electre fuzzy și metoda diametrelor fuzzy.

Se demonstrează că metoda Electre tridimensională ce se utilizează la decizii de grup, este echivalentă cu metoda Electre fuzzy.

De exemplu, metoda maximin fuzzy determină varianta optimă V_{i_0} astfel:

$$\mu_{ai_0j} = \max_i \min_j \mu_{aij} \quad (4.34)$$

unde: max și min sunt operații cu mulțimi fuzzy ce se definesc mai jos, iar funcția de apartenență μ este una din cele prezentate sau alte funcții.

Se va defini maximumul a două funcții de apartenență a două intervale reale $\mu_{[a,b]}$ și $\mu_{[c,d]}$.

Dacă

$$I_1 \cup I_2 \cup \dots \cup I_k = \{x, \mu_{[a,b]}(x) > \mu_{[c,d]}(x)\}$$

reprezintă mulțimea intervalelor pe care funcția $\mu_{[a,b]}$ este mai mare decât $\mu_{[c,d]}$, se notează cu $L_{[a,b,c,d]}$ lungimea acestei reuniuni, iar dacă reuniunea este o mulțime discretă, atunci $L_{[a,b,c,d]} = 0$.

Se notează de asemenea cu

$$J_1 \cup J_2 \cup \dots \cup J_r = \{x, \mu_{[c,d]}(x) > \mu_{[a,b]}(x)\}$$

reuniunea intervalelor pe care funcția $\mu_{[c,d]}$ este mai mare decât funcția $\mu_{[a,b]}$ și cu $l_{[a,b,c,d]}$ lungimea acestei reuniuni, iar dacă această reuniune este o mulțime discretă, atunci $l_{[a,b,c,d]} = 0$.

$$\max \{\mu_{[a,b]}, \mu_{[c,d]}\} = \begin{cases} \mu_{[a,b]}, & \text{dacă } L_{[a,b,c,d]} > l_{[a,b,c,d]} \\ \mu_{[c,d]}, & \text{dacă } L_{[a,b,c,d]} < l_{[a,b,c,d]} \end{cases} \quad (4.35)$$

$$\mu_{[a,b]} = \mu_{[c,d]}, \text{ dacă } L_{[a,b,c,d]} = l_{[a,b,c,d]}$$

Se definește analog minimumul a două funcții de apartenență.

Metoda ponderii simple aditive fuzzy determină varianta cea mai bună prin relația:

$$\max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^n p_j \cdot \mu_{ij} \cdot l \sum_{j=1}^n p_j \quad (4.36)$$

iar μ_{ij} reprezintă funcțiile de apartenență din matricea consecințelor A și p_j sunt coeficienții de importanță ai criteriilor C_j . Suma a două funcții de apartenență și produsul cu un număr al unei funcții de apartenență sunt definite astfel:

$$(\mu_{ij} + \mu_{kl})(x) = \mu_{ij}(x) + \mu_{kl}(x) - \mu_{ij}(x) \cdot \mu_{kl}(x) \quad (4.37)$$

$$(p \cdot \mu_{ij})(x) = p \cdot \mu_{ij}(x), \quad p \in [0,1], \quad x \in R$$

Deciziile fuzzy se pot utiliza în rezolvarea problemelor decizionale în condiții vagi, imprecise fuzzy și în rezolvarea problemei deciziilor de grup, iar prin abordarea fuzzy a deciziilor de grup se ocolesc situațiile de indecidabilitate, se ocoleşte paradoxul lui Arrow.

Capitolul 5

SISTEME DE MENTENANȚĂ

5.1. Sisteme de mentenanță practicate pe plan mondial

În literatura de specialitate străină, având în vedere mutațiile survenite în activitatea tradițională de întreținere și reparații și evoluția ei spre mentenanța industrială, sunt prezentate mai multe opinii privind metodele de mentenanță posibile a fi aplicate în cadrul unităților industriale.

Astfel în Franța, normele AFNOR 60-010 [D.04] definesc două sisteme de mentenanță:

1) Mentenanța preventivă, care la rândul ei poate îmbrăca două forme:

- a) Mentenanța sistematică;
- b) Mentenanța condiționată;

2) Mentenanța corectivă.

1.a) Mentenanța sistematică reprezintă mentenanța efectuată având în vedere o eșalonare stabilită de operații în funcție de timp sau număr de unități de uzaj.

Obiectivele mentenanței sistematice sunt:

- diminuarea căderilor și a situațiilor neprevăzute, în vederea reducerii costurilor de mentenanță (mărirea fiabilității);
- îmbunătățirea calității producției;
- prelungirea duratei de viață eficientă a echipamentelor;
- îmbunătățirea activității de planificare și programare;
- îmbunătățirea securității muncii.

1.b) Mentenanța condiționată reprezintă mentenanța preventivă legată de evoluția unui simptom caracteristic cum ar fi: măsurarea uzurii, informațiile provenite de la un captator, sau o sursă de informare specializată etc.

Această metodă nu se aplică decât în condițiile în care există o degradare progresivă și detectabilă și se poate găsi o corelare între un parametru măsurabil și starea echipamentului.

Obiectivele mentenanței condiționate sunt:

- evitarea demontărilor inutile ale mentenanței sistematice, mai mult, demontările ar putea să constituie o sursă de avarie suplimentară;
- creșterea securității persoanelor și bunurilor, reducând riscul de accident corporal sau avarie;
- evitarea unor intervenții de urgență, urmărind evoluția anomaliei în momentul debutului, intervenindu-se în momentul cel mai favorabil. Acesta este raportul dimensiunii timp, care îmbogățește mentenanța condiționată *preventiv*.

2) **Mentenanța corectivă**

Normele AFNOR 60-010 definesc mentenanța corectivă drept mentenanța efectuată după defectare (cădere) și cuprinde două tipuri de intervenții:

- a) Depanarea
- b) Reparația

2.a) Depanarea — reprezintă tipul de mentenanță care are următoarele caracteristici:

- intervenția pentru remedierea unui defect are loc după apariția propriuzisă a defectului;
- are un caracter local, punctual, este orientată spre un element (care se defectează, se distruge, sau iese din funcțiune), un subansamblu (care iese din funcțiune parțial sau total), sau un ansamblu din cadrul unui produs complex;
- are un caracter aleator în timp, defectul fiind rezultatul unor combinații aleatoare de abateri de la valoarea normală;
- necesită un volum de muncă redus, în raport cu o reparație;
- frecvența de apariție a defectelor care necesită depanare este mai ridicată;
- gradul de complexitate a aparaturii de depanare este mai redus decât al celor folosite pentru reparație;

2.b) Reparația este procesul de punere în stare de funcționare a unui echipament, care are următoarele caracteristici:

- are un caracter planificat, predictibil, în funcție de fiabilitatea și structura echipamentului;
- necesită un volum de piese de schimb pentru componentele cu fiabilitate mai redusă;
- necesită o tehnologie de reparație specifică, care include: demontarea, curățarea (spălarea), unor componente, diagnoza componentelor, înlocuirea componentelor uzate, recondiționarea componentelor uzate, asamblare, încercări la rece, și punerea în funcțiune.

În literatura de specialitate franceză [B.11] întâlnim tratate și alte sisteme de mentenanță:

3). Mentenanța predictivă, care are la bază evoluția unui simptom, a unei degradări:

4). Mentenanța de îmbunătățire, se aplică în vederea îmbunătățirii fiabilității și mentenabilității pentru produsele menite să tindă spre *zero defecte*.

În literatura de specialitate americană [R.02] se apreciază ca posibile de aplicat în cadrul unităților industriale alte două sisteme de mentenanță:

1) mentenanța productivă;

2) mentenanța corectivă.

1. Conceptul de *mentenanță productivă* aparține specialistului american John Smith, concept ce stă la baza dezvoltării în Japonia a *mentenanței productive totale* (TPM).

Mentenanța productivă poate fi definită având în vedere următoarele sale caracteristici principale:

- urmărește obținerea unei productivități globale maxime a echipamentelor integrate în linii de fabricație și de montaje complexe;
- presupune stabilirea unui sistem global de mentenanță pe toată durata de viață a echipamentului;
- presupune implicarea în activitatea de mentenanță și a compartimentelor de cercetare – proiectare și a celor de exploatare-întreținere a echipamentelor.

Mentenanța productivă utilizează conceptele privitoare la costul ciclului de viață a echipamentului și cele privitoare la indicatorii de fiabilitate și mentenabilitate în concepția unui echipament.

O formă a acestei metode de mentenanță, este mentenanța condiționată, dezvoltată în cadrul companiilor de transport din SUA, unde s-a constatat că demontarea și remontarea anumitor echipamente în cadrul vizitelor sistematice provoacă un risc de avarie suplimentar. A apărut atunci mai avantajos să se determine în prealabil nivelul de uzură a *echipamentelor-cheie* fără a le demonta.

2. Mentenanța corectivă constă în restabilirea stării tehnice a echipamentului după producerea defecțiunii. Se recomandă, pentru a nu afecta desfășurarea procesului de producție și a reduce costul indisponibilității, menținerea unor utilaje de rezervă, cele defecte putând fi reparate într-un mod organizat și programat.

În literatura de specialitate japoneză întâlnim următoarele metode de mentenanță:

- mentenanța corectivă;
- mentenanța productivă;
- mentenanța productivă totală (T.P.M)

5.1.1.Mentenanța productivă totală (T.P.M)

5.1.1.1. Scurt istoric.Definire.

Metoda japoneză TPM a produs noi mutații în activitatea de mentenanță, o nouă concepție asupra acestei activități .Ea constituie de fapt o metodă de gestiune globală și integrată a echipamentelor în vederea obținerii celor mai bune rezultate. Ea are în vedere și reformulează toate tehnicile cunoscute de creștere a disponibilității și randamentului echipamentelor: mentenanța preventivă sistematică și condiționată, mentenanța asistată de calculator, studiile de fiabilitate, costurile în cadrul ciclului de viață al unui echipament. Mai mult decât atât, particularitatea sa esențială caracterizată prin termenul *total* rezidă în lărgirea funcției de mentenanță la totalitatea personalului, nu numai la compartimentul de mentenanță.

Caracteristici precum auto – mentenanța, ordinea, curățenia, etc sunt esențiale metodei TPM.

Cum s-a născut această nouă doctrină de mentenanță industrială?

Ea aparține Institutului Japonez de Mentenanță Industrială (Japan Institut of Plant Maintenance), institut creat în anul 1969 în cadrul celebrului *Japan Management Association* (J.M.A).

Industriașii japonezi și J.M.A. au creat în anul 1964 un premiu *P.M.* (Productive Maintenance) pentru recompensarea celor care vor aplica, cu cele mai bune rezultate *doctrina* lor de mentenanță, doctrină inspirată din concepția specialistului american John Smith, concepție cunoscută și sub denumirea de *mentenanță productivă*. J.I.P.M. a continuat să decerneze acest premiu în fiecare an, uneia sau mai multor întreprinderi japoneze, după un examen la fața locului, din partea unui juriu. În anii deceniului șapte s-au răspândit ideile legate de calitate, îndeosebi sub influența deosebită a școlii Toyota .Un fabricant de piese pentru automobilele Nippon Denso utilizează tehnici de participare a muncitorilor direct productivi la activitatea de mentenanță și obține astfel în 1971 premiul P.M.. Institutul Japonez de Mentenanță Industrială (J.I.P.M.) decide să transforme metodele sale „ americane” de *mentenanță productivă* într-o metodă „japoneză” de *mentenanță productivă totală* (T.P.M). Din acest moment, nici o întreprindere nu va putea primi premiul P.M. dacă nu aplică T.P.M.-ul!

Principalul promotor al T.P.U.-lui este Seichi Nakajima, vicepreședinte al J.I.P.M. și vicepreședintele executiv al J.M.A., care a elaborat două lucrări cu această metodă [D.04].

Ce este mentenanța productivă totală (T.P.M.)?

Conform concepției autorului metodei, T.P.M.:

- 1) are ca obiectiv obținerea unui randament global maxim al echipamentului;
- 2) caută stabilirea unui sistem global de mentenanță productivă pe toată durata de viață a echipamentului;
- 3) presupune implicarea tuturor compartimentelor, îndeosebi a celor de concepție (cercetare – proiectare), de producție și de mentenanță;
- 4) presupune o implicare largă la toate nivelele ierarhice, de la manageri până la muncitori;
- 5) utilizarea ca mijloc de motivare a activităților autonome ale personalului, regrupat în cercuri, asemănătoare cercurilor calității.

Conceptul de *mentenanță productivă totală* implică deja, sub influență americană, ideile privitoare la studii de fiabilitate și mentenabilitate în concepția unui echipament, ideea de cost al ciclului de viață al echipamentului, însă două elemente esențiale diferențiază net *T.P.M.* de *mentenanța productivă*, și anume:

- **auto-mentenanța**, respectiv participarea personalului de producție la mentenanța echipamentului. Aceștia sunt cei mai bine plasați pentru detectarea uzurii fizice și a micilor avarii și pot să aducă remediile necesare în cel mai scurt timp. Compartimentul de mentenanță este sensibil degajat de mici intervenții luate în sarcină de personalul de producție (curățirea echipamentului, inspecții, mentenanță de nivel I, mici remedieri);

- abordarea problemei prin **cercuri de mentenanță**, de maniera *cercurilor de calitate*.

Pe măsura aplicării acestei metode în cadrul întreprinderilor japoneze, conceptul se lărgiște, autorul metodei considerând că au existat două faze în cadrul T.P.M.:

- 1) prima fază corespunde definiției precedente, puțin depășită;
- 2) a doua fază, mai recentă, în care toate compartimentele unei unități industriale au responsabilitatea obținerii celei mai ridicate eficiențe a echipamentelor din dotarea unității. Este vorba de obținerea în concepția și proiectarea echipamentului a celui mai ridicat nivel de disponibilitate, de găsirea în activitatea de proiectare a produsului și a celei mai bune adaptări a acestuia la mijloacele de producție ale unității. De asemenea, compartimentul de aprovizionare va organiza procedurile de aprovizionare cu materii prime și piese de schimb în funcție de nevoile producției și mentenanței. Compartimentul resurselor umane va avea.

evident, un rol cheie în asigurarea acestei eficiențe maxime; operatorii vor fi instruiți să opereze comenzi conform particularităților de funcționare ale echipamentelor.

O asemenea concepție implică abordarea tuturor aspectelor de gestiune a producției, din punctul de vedere al echipamentelor industriale, a maximizării disponibilității acestora. Așa cum precizează S. Nakajima, vicepreședinte al Japan Institute of Plant Maintenance, în expunerea la Congresul european de mentenanță de la Barcelona, „**lansarea unui program de punere în practică a T.P.M. în Japonia, este o operație foarte importantă. T.P.M.-ul cuprinde mai mult decât simpla funcțiune de mentenanță, este vorba de o metodă globală de management, la care totalitatea oamenilor din întreprindere trebuie să contribuie**”

5.1.1.2 Aspecte principale ale metodei T.P.M.

5.1.1.2.1. Abordarea cantitativă a T.P.M.

Primul demers al T.P.M. este analizarea pierderilor de producție.

Un echipament de producție este fabricat pentru a funcționa la ritmul său nominal în cadrul acestui fond de timp disponibil. Producția, care ar trebui să fie obținută în cadrul acestui fond de timp, este diminuată având în vedere cele **șase mari pierderi** de timp, cum le numesc autorii metodei.

Cele șase mari pierderi (de timp și implicit de producție), sunt de natură diferită, își au cauze diferite, și se referă la:

1). Timpul necesar pentru reglarea utilajelor și adaptarea acestora fabricării unui nou produs (schimbarea seriei de fabricație) sau/și pentru înlocuirea sculelor. Pe parcursul acestui timp echipamentele nu produc; el poate avea o mărime importantă (în special în cazul producției de serie mică și unicate), de unde necesitatea concentrării eforturilor în activitatea de programare a producției (loturi optime de fabricație).

2). Defecțiuni accidentale în funcționarea echipamentului. Este vorba de căderile accidentale ale echipamentului, fondul de timp disponibil fiind diminuat cu timpul de mentenanță corectivă necesar înlăturării acestor defecțiuni accidentale.

3). Micile opriri sau mersul în gol, determinate de o serie de cauze cum ar fi: curățirea mașinii, refixarea produsului pe mașină, înlăturarea unui produs necorespunzător, alimentarea echipamentului, lipsa muncitorului de la echipament din diferite cauze etc. Această categorie de pierderi de timp este dificil de măsurat, deoarece ea nu face apel la mentenanță, deci nu poate fi înregistrată. Ea este evaluată, cel mai adesea, făcând o

comparație între cât ar fi trebuit să producă echipamentul și cât a produs în timpul în care a funcționat.

4) **Micșorarea vitezei de lucru a echipamentului.** Sunt situații în care muncitorii nu opresc echipamentul sau nu-l lasă să meargă în gol, dar sunt mulțumiți să micșoreze viteza de lucru, pentru un anumit timp. Sunt însă și situații în care acest lucru se impune, datorită faptului că un element al echipamentului este deteriorat și trebuie încetinită viteza pentru a putea continua prelucrarea. Dacă se poate determina viteza medie de funcționare, se poate calcula și pierderea ca urmare a reducerii vitezei.

5). **Produsele finite inutilizabile (rebuturile) rezultate din procesul de producție,** ele își au originea în calitatea echipamentelor și calitatea personalului productiv.

6). **Rebuturile de demaraj** constituie a șasea mare pierdere . În momentul punerii în funcțiune a unui echipament, o anumită cantitate de produse nu corespunde din punct de vedere calitativ. Plecând de la volumul producției rebutate, se poate determina timpul aferent producției acestor rebuturi.

Având în vedere aceste categorii de pierderi, conform metodei T.P.M. , eforturile vor trebui concentrate pentru reducerea acestora, cu un arsenal de mijloace, proprii fiecărei categorii, printre care menționăm:

- timpul aferent defecțiunilor accidentale se poate reduce: printr-o mai bună activitate a compartimentului de mentenanță, o mai bună colaborare a personalului de mentenanță cu cel de producție, prin implementarea automenenței; pentru a se asigura procesul de automenență producătorii de echipamente complexe (mașini-unelte cu comandă după program, centre de prelucrare, celule flexibile de fabricație) solicită utilizatorilor acestor echipamente să alăture echipelor de montaj operatorii care vor lucra cu aceste echipamente: prin aceasta se vor crea condiții pentru ca utilizatorii să folosească mai bine utilajele și să poată remedia micile defecțiuni care apar.

- timpul de schimbare a sculelor și de reglaj poate fi diminuat printr-o mai bună organizare a acestor schimburi de scule și prin cunoașterea în prealabil a procedurilor pentru efectuarea reglajelor. Pentru realizarea acestei cerințe s-a creat tehnica **S.M.E.D. (Single Minute Exchange Die)**, tehnică de schimbare a fabricației , având drept obiectiv realizarea acesteia în mai puțin de 10 minute;

- micile opriri și diminuarea ritmului producției nu sunt, prin definiție, de domeniul compartimentului de mentenanță, însă existența lor justifică faptul real, că un echipament care a depășit stadiul căderilor din prima perioadă a ciclului său de viață, nu produce la capacitatea de producție planificată. Se consideră că prin măsuri de:

- perfecționare a instruirii operatorilor,
- organizarea locurilor de muncă,
- măsuri de creștere a motivației personalului angajat

această pierdere poate fi redusă considerabil;

- defectele de calitate datorate echipamentelor vor fi diminuate prin metoda T.P.M., atât prin mentenanța desfășurată de compartimentul de mentenanță, cât și prin implementarea automenenței, iar cele datorate muncitorilor direct productivi se vor reduce prin programele de instruire;

- pierderile de demaraj vor putea fi reduse printr-o îmbunătățire a procedurilor de demaraj și o perfecționare a echipamentelor sub acest raport; în etapa de demaraj a procesului de producție pot rezulta produse de calitate conformă cu cea planificată, ca urmare aceste produse pot fi transmise spre utilizare.

În toate cazurile se va căuta o perfecționare a echipamentelor în sensul reducerii acestor pierderi de timp sau a îmbunătățirii activităților care contribuie la reducerea acestor pierderi.

Aceste șase categorii de pierderi de timp (respectiv de producție), regrupate două câte două, generează următorii indicatori specifici metodei T.P.M.,(fig. 5.1):

- **Coeficientul Brut de Funcționare (CF)**, calculat ca raport între timpul brut de funcționare și timpul disponibil, caracterizează disponibilitatea echipamentului (indisponibilitatea acestuia este generată de defecțiunile care pot să apară sau de oprirea echipamentului pentru reglaj);

- **Coeficientul de Performanță (CP)**, calculat ca raport între timpul net de funcționare și cel brut, caracterizează randamentul echipamentului (micile opriri, mersul în gol, micșorarea vitezei de lucru, sunt cauzele non-productivității);

- **Coeficientul de Calitate (CC)**, calculat ca raport între timpul util și timpul net de funcționare, așa cum arată și denumirea sa, caracterizează calitatea producției obținute (non-calitatea producției este dată de rebuturile care rezultă, indiferent care este cauza acestora: incidente legate de echipament sau de muncitori, rebuturi de demaraj etc.).

Pe baza acestor indicatori intermediari se poate determina indicatorul fundamental al metodei T.P.M., respectiv **Coeficientul de Randament Sintetic (C.R.S.)**, care măsoară randamentul global al unui echipament (unei mașini, linii de producție în flux, secției de producție sau unității industriale).

Acesta se determină ca un produs al celor trei indicatori intermediari, respectiv:

$$CRS = CB \cdot CP \cdot CC \quad (5.1)$$

sau

$$CRS = \frac{B}{A} \times \frac{C}{B} \times \frac{D}{C} \quad (5.2)$$

Este evident că efectuând simplificările, acest indicator se poate determina în mod sintetic ca un raport între timpul util de funcționare (D) și timpul disponibil (A), însă acest mod simplist de calcul ar estompa direcțiile în care va trebui acționat pentru creșterea acestui indicator, obiectivul fundamental al metodei T.P.M. fiind maximizarea capacităților de producție a echipamentelor de care dispune unitatea industrială.

Cum se poate mări acest coeficient?

Acest lucru se poate realiza prin acțiuni concrete concertate ale mentenanței, producției și ale managementului organizatoric:

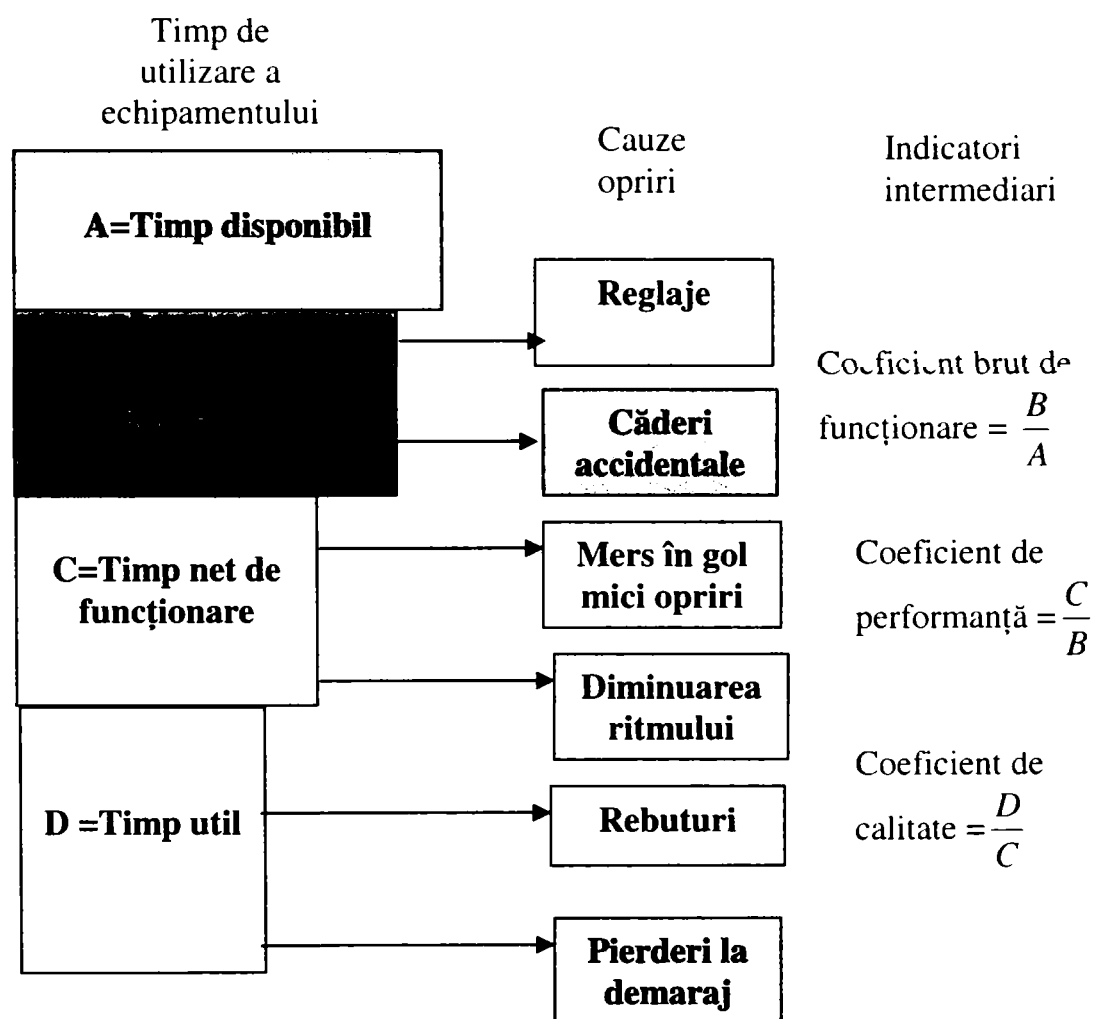


Fig 5.1. Indicatorii metodei T.P.M. [D.04]

- **Coeficientul Brut de Funcționare** poate fi mărit diminuând numărul defecțiunilor și/sau diminuând timpul de remediere al acestora.

Acest lucru se poate realiza printr-o mentenanță preventivă sistematică sau condiționată, printr-o mai bună întreținere, printr-o supraveghere permanentă a echipamentelor de către muncitorii direct productivi, urmare a studiului comportamentului acestuia în timp.

De asemenea, se poate reduce durata de staționare în vederea remedierii defecțiunilor printr-o organizare mai bună a activității de mentenanță, gestiune eficientă a pieselor de schimb, participarea muncitorilor direct productivi la depanaje (în general la activitățile de mentenanță de nivel I), îmbunătățirea documentației tehnice de mentenanță etc.

- **Coeficientul de Performanță** poate fi mărit prin măsuri de prevenire a diminuării ritmului și de prevenire a opririlor efectuate de muncitorii direct productivi. Metoda T.P.M. prevede analizarea separată a celor doi factori și anume:

- **Coeficientul Net de Funcționare (CN)**, calculat ca raport între timpul real de funcționare (după scăderea opririlor) și timpul brut de funcționare;

- **Coeficientul Ritmului (CR)**, care exprimă raportul dintre ritmul real de funcționare și ritmul normal.

Rezultă:

$$CP = CN \cdot CR \quad (5.3)$$

Pentru determinarea coeficientului net de funcționare trebuie cunoscut timpul total de mici opriri, ceea ce este foarte dificil de realizat.

Având în vedere acest aspect, se recomandă determinarea lui ca un raport între timpul de funcționare real (ușor de calculat ca raport între producția obișnuită și ritmul de producție real) și timpul brut de funcționare.

Deci, creșterea coeficientului de performanță presupune creșterea pe de o parte a coeficientului net de funcționare, iar pe de altă parte a coeficientului ritmului. Se pot obține aceste rezultate printr-o mai bună organizare a activității de producție, printr-o mai bună supraveghere a echipamentelor, modernizarea acestora de maniera remedierii tuturor micilor defecte care obligă, la un moment sau altul, reducerea vitezelor de lucru sau oprirea echipamentelor. Calitatea materiilor prime joacă de asemenea un rol important în multe situații, o mai bună definire a specificațiilor, o participare activă a compartimentului de aprovizionare la T.P.M. permit adesea creșterea acestor coeficienți.

- **Coeficientul de Calitate** – La creșterea acestui indicator concură toate tehnicile T.Q.C. (Total Quality Control). O importanță deosebită trebuie acordată și pierderilor la demaraj, având în vedere că în noile tendințe de flexibilitate a fabricației și de realizare de produse în serii mici și chiar unicate, aceste pierderi pot fi de mărimi importante. Tehnici precum S.M.E.D. permit nu numai diminuarea timpilor de reglare și schimbare a sculelor, dar și de diminuare a rebuturilor la demaraj.

Metoda SMED a fost elaborată de Shigu Schingo și are ca obiectiv reducerea timpilor de schimbare a seriei în mai puțin de 10 minute sau chiar la realizarea automată a acestei schimbări.

Obstacolul principal în producția organizată pe loturi mici constă în existența unor timpi mari la schimbarea seriei. În aplicarea metodei se deosebesc două tipuri de operații la schimbarea seriei:

1) operații interne (IED – Input Exchange Die), care pot fi efectuate numai atunci când mașinile sunt oprite;

2) operații externe (OED – Output Exchange Die), care trebuie efectuate în timpul funcționării mașinilor și utilajelor.

Implementarea metodei SMED presupune parcurgerea mai multor etape, și anume:

- *stabilirea distinctă a operațiilor IED și OED* necesită studierea atentă a procesului tehnologic și identificarea clară a celor două operații. Dacă este posibil, operațiile OED trebuie efectuate în afara timpilor de schimbare a seriei. Simpla diferențiere a celor două categorii de operații permite raționalizarea activității de schimbare a seriei și reducerea timpului aferent cu circa 30%, fără a fi efectuate modificări importante;

- *transformarea operațiilor IED în OED*, dacă este posibil; ea este principalul aport de eficiență al metodei, când printr-o mai bună organizare a muncii, operațiile interne pot fi transformate în operații externe;

- *aplicarea unor standarde de funcțiuni*, în sensul că pentru schimbarea rapidă a seriei trebuie eliminată pe cât posibil reglarea mașinilor, fapt pentru care este necesară standardizarea funcțiunilor ce trebuie să fie schimbate pe mașini;

- *adoptarea unor restrângeri funcționale*; se caută prin intermediul tuturor tehnicilor posibile optimizarea timpului în care mașinile și utilajele sunt oprite pentru schimbarea seriei;

- *adoptarea unor măsuri pentru sincronizarea lucrului*. Astfel, o nesincronizare a lucrului antrenează deplasări inutile și pierderi de timp, iar o sincronizare corespunzătoare a acestuia conduce la realizarea unei activități bune a operatorului;

▪ *suprimarea reglajelor.* Se recomandă reglarea unei mașini numai dacă ea este realmente indispensabilă. Acest lucru este posibil de realizat prin folosirea gabaritelor, adică elementele să fie întotdeauna în același loc în momentul schimbului și prin fixarea pozițiilor utile;

▪ *folosirea mecanizării.* Deoarece costul reducerii timpilor de schimbare a seriei devine important, se vor efectua calcule de rentabilitate, deși aportul reducerii schimbării de serie la creșterea rentabilității este dificil de estimat. De aceea, în aceste condiții, se recomandă pe cât posibil folosirea mecanizării.

Aplicarea acestei metode este mai mult decât necesară în situația unor durate mari ale schimbării de serie, care presupune totdeauna obstacole serioase în fluidizarea circulației. Utilizarea acestei metode a condus la reduceri de circa 100 – 200 ori a timpului de schimbare a seriei în cazul firmelor Toyota, Mitsubishi, Fichet-Bauché etc.[D.08;388].

5.1.1.2.2. Cei cinci „S” ai T.P.M.

Nivelul de întreținere și curățenia echipamentelor industriale și a unităților industriale este unul dintre aspectele cele mai spectaculoase ale metodei T.P.M. Cei „5S” sunt cinci grupe de indicatori, care acționează în același sens, și anume acela al unei întreprinderi curate și bine întreținute [D.04].

Aceste cinci activități sunt:

SEIRI: rânduire, eliminarea lucrurilor inutile;

SEITON: ordine, metode;

SEISSO: control, inspecție;

SEIKETSU: curățenie;

SHITSUKE: disciplină, educație morală, respect față de alții.

Cei care au vizitat întreprinderi japoneze, în care a fost aplicată T.P.M. au fost frapați de aspectul de curățenie și de „bine întreținut” întâlnit peste tot.

Este recunoscut faptul că multe unități industriale conferă o mare curățenie încăperilor și echipamentelor de care dispun. Acest fapt poate fi considerat bun pentru încăperi, dar nu întotdeauna și pentru echipamente.

Ceea ce nu cunoaște întotdeauna personalul de mentenanță care asigură această curățenie a echipamentelor este faptul că intervențiile lor și curățirea echipamentelor pot să fie ele însele periculoase (cauza unor defecțiuni ulterioare), impunându-se realizarea acestora pe baza unor planuri bine puse la punct. Se admite, de câțiva ani, că această curățenie a

echipamentelor industriale ar trebui asigurată de muncitorii direct productivi care servesc echipamentul respectiv.

Pentru aceasta trebuie rezolvate trei probleme:

- găsirea timpului pentru efectuarea acestui lucru;
- convingerea muncitorilor direct-productivi de interesul sau necesitatea acestei sarcini;
- obținerea adeziunii acestora în această problemă..

Prima problemă poate fi rezolvată prin includerea acestui timp necesar pentru curățirea echipamentului în timpul de producție, ceea ce va determina o diminuare a timpului de producție efectiv și implicit a producției. Speranța compensării acestei pierderi printr-o mai mare productivitate este adesea greu acceptată de către managerii producției, convingerea întregului personal de avantajele T.P.M. constituind de fapt o etapă a implementării acestei metode. O analiză la nivel de sistem însă permite o diminuare a numărului de angajați la curățenie și întreținere.

Presupunând că s-a relizat această convingere, se poate întreprinde o acțiune de aplicare pe niveluri (de curățire și ordine) a atelierului și echipamentelor. Experiența a arătat că de cele mai multe ori o asemenea acțiune nu este durabilă, T.P.M. presupunând un demers „total” care asociază această operațiune de curățenie celorlalte acțiuni. Este unul din punctele forte ale metodei, dar înaintea aplicării este interesant de cunoscut care sunt motivele pentru care este dificil de menținut un echipament în stare de curățenie.

Precizăm că, în accepțiunea metodei T.P.M., când se vorbește de curățenia echipamentului nu se are în vedere operațiunile ocazionale de curățenie a echipamentelor, ci este vorba de o activitate desfășurată în mod sistematic, pe baza unui plan riguros stabilit, pe baza unor norme de curățire. Această cerință se impune în centralele termice, unitățile de morărit, la locomotive etc.

Pentru implementarea celor „5S” trebuie realizate (îndeplinite) cel puțin următoarele aspecte:

- înlăturarea celor mai grave cauze care determină murdăria (de exemplu: scurgerile de ulei, depunerile de particule sub formă de praf etc.). Modul de a obține o curățenie durabilă nu reprezintă înlăturarea murdăriei, ci evitarea acesteia. Acest mesaj al T.P.M. pune în evidență faptul că acest aspect trebuie avut în vedere încă din stadiul de concepție al echipamentelor industriale, aspect caracteristic al acestei metode, deoarece este evident faptul că este aproape imposibilă realizarea unei curățenii perfecte într-un atelier de

prelucrări mecanice în condițiile în care procesul de fabricație al pieselor prevede producerea acestora sub jeturi de ulei;

- toate sarcinile de curățenie sunt obositoare, murdare și puțin interesante. Este normal ca personalul care se ocupă de această activitate să aibă tendința să nu o efectueze sau să o efectueze superficial. Singurul mijloc de a-i motiva este îmbunătățirea acestor sarcini, stârnirea interesului personalului pentru sarcinile de curățenie. Este exact ceea ce propune metoda T.P.M. care transformă aceste sarcini de curățire în operații de inspecție și întreținere a echipamentelor:

- ordinea și curățenia presupun o voință puternică a întregului personal din cadrul întreprinderii.

Un muncitor, care nu este apreciat decât după producția obținută pe termen scurt, va manifesta un interes scăzut legat de atribuirea unor sarcini care îi afectează timpul de producție. Cu prima ocazie (comandă urgentă, întârziere etc) el va neglija aceste sarcini și va fi foarte dificilă redresarea situației după ce aceasta a început să se deterioreze. Orice neglijență a muncitorilor privind supravegherea și întreținerea echipamentului se traduce într-o degradare ireparabilă. Auto – disciplina personalului are limitele sale.

Trebuie recunoscut că este mai ușor pentru un tehnician de mentenanță să verifice curățenia echipamentului și să facă observații critice muncitorilor direct productivi, decât să rămână în birou pentru a rezolva probleme tehnice sau să se ocupe de diferite lucruri administrative. Însă toate campaniile — duse de cele mai multe ori într-un mod absurd — împotriva „micilor șefi”, nu au avut alt efect decât scăderea disciplinei (shitsuke!).

Legat de faptul că această ordine și curățenie presupune voință din partea întregului personal, un fapt care trebuie subliniat este acela că deși nu așteaptă nimeni ca managerul de mentenanță, managerul unei secții sau managerul general să execute curățirea echipamentelor industriale, este indispensabil ca aceștia să aloce o perioadă de timp pentru a lansa o campanie destinată acestui scop, iar birourile acestora trebuie să reflecte exact ceea ce trebuie să devină întreprinderea.

- Instruirea personalului este o condiție indispensabilă pentru a pune în practică o asemenea politică. Curățirea unui echipament are reguli stricte care trebuie respectate, în caz contrar există riscul degradării acestuia. De fapt nivelul de pregătire redus al muncitorilor direct productivi privind auto-mentenanța , inclusiv privind „simpla” curățire, constituie una dintre limitele de aplicare a T.P.M. în practică.

- Stabilitatea personalului constituie o altă condiție. Schimbările relativ frecvente ale personalului (schimbarea încadrării, a atelierului, a locului de muncă) măresc dificultățile implementării acestor cerințe ale T.P.M.

Aspectele practice privitoare la determinarea nivelului de ordine și a stării de curățenie a utilajelor prin metoda celor „5S”, desprinse în cadrul studiului întreprins la S.C. „METALICA” S.A. Oradea, sunt înfățișate în cap.9 la studiul de caz A.

5.1.1.2.3. Auto-mentenanța

Auto-mentenanța este conceptul cel mai novator al T.P.M. Mentenanța preventivă este practică de mult timp în cea mai mare parte a întreprinderilor occidentale, există multe întreprinderi curate în care managerii caută în permanență să îmbunătățească disponibilitatea echipamentelor lor (fig.5.2).

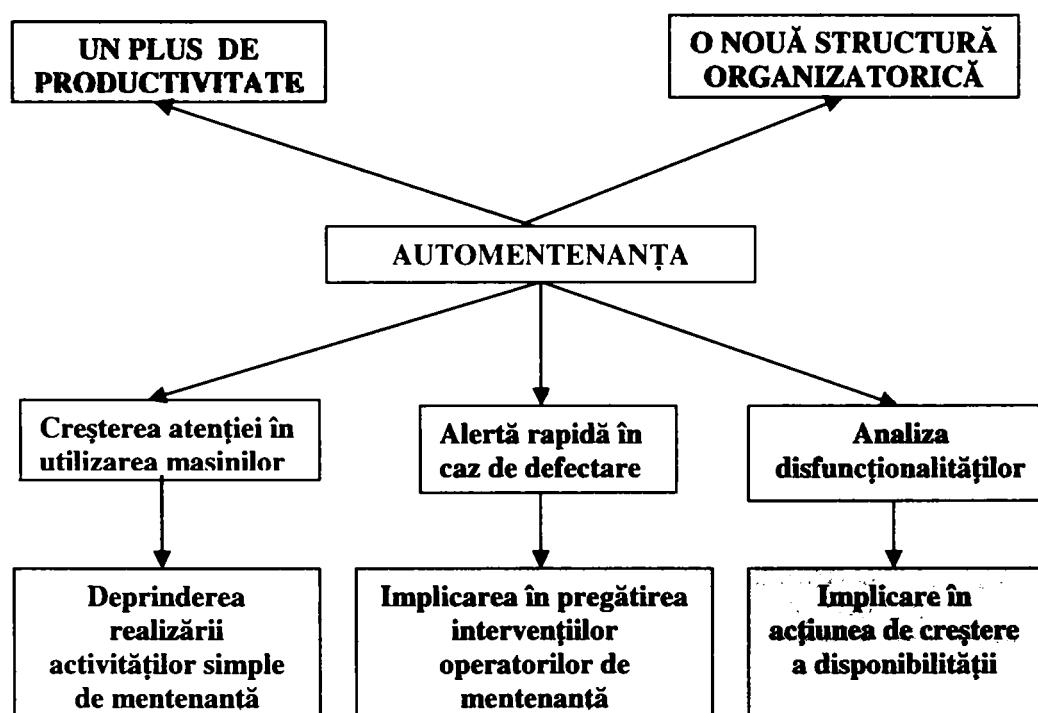


Fig. 5.2. Obiectivele automenenței [V.07]

În schimb, auto-mentenanța este un concept nou, în măsura în care ea presupune o nouă organizare a muncii, impusă de automatizarea proceselor de producție. Ea reprezintă de fapt partea cea mai dificilă de realizat a T.P.M.

Auto-mentenanța se plasează cel mai adesea în contextul unei întreprinderi automatizate, unde cea mai mare parte a muncitorilor direct productivi nu participă direct la procesul de producție. Un muncitor are în sarcina sa servirea mai multor mașini asupra cărora el trebuie să:

- supravegheze desfășurarea normală a procesului de producție;

- alimenteze mașinile, dacă acest lucru nu se realizează automat;
- rezolve toate incidentele: zgomote, opriri inopinante urmare a unor anomalii etc;
- rezolve incidentele semnalate de dispozitivele automate de control;
- detecteze toate anomaliile de funcționare;
- înlocuiască piesele de uzură rapidă etc.

Auto-mentenanța va adăuga acestor sarcini curățirea, inspecția și câteva sarcini de mentenanță preventivă sau corectivă.

Muncitorul direct productiv va dispune pentru acest lucru de un anumit timp, de exemplu: 10 minute pe zi sau 30 de minute pe săptămână, sau 1 oră pe lună, sau 1 oră în fiecare luni dimineața înainte de punerea în funcțiune a echipamentului.

Aceste sarcini trebuie efectuate într-un timp scurt, având în vedere faptul că obiectivul T.P.M. este creșterea randamentului global al întreprinderii, ori influența timpului destinat acestor operațiuni este chiar inversă. Având în vedere acest aspect, eforturile permanente vor fi orientate în direcția reducerii cauzelor care generează starea necorespunzătoare a echipamentelor.

Mulți manageri doresc să practice auto-mentenanța, dar le repugnă ideea alocării timpului necesar.

Toate aceste sarcini de curățire, inspecție și de mentenanță sunt prevăzute pe fișe standard. În același timp pot exista și fișe de inspecții ale personalului specializat de mentenanță pentru asigurarea legăturii între producție și mentenanță și pentru a stimula muncitorii direct productivi să efectueze controalele prevăzute.

În acest caz, aceștia din urmă dispun de un stoc de etichete colorate pe care le lipesc pe echipament în locul unde constată un defect pe care nu l-au putut remedia.

În cazul unei defecțiuni, muncitorul direct productiv trebuie să fie capabil să stabilească un prim diagnostic și să știe să remedieze un anumit număr de cazuri de defecte.

Pentru aceasta el trebuie să fie instruit, și să dispună în apropierea locului său de muncă de un stoc de piese de schimb și scule necesare, pentru a putea într-un timp foarte scurt să remedieze defecțiunea, care nu a putut fi înlăturată definitiv printr-o mentenanță preventivă.

V. Deac [D.04] arată că „Promotorii metodei citează, în acest sens, cazul roboților de la firma Nissan, care aveau un timp mediu de bună funcționare (T.M.B.F.) destul de mic, iar pentru creșterea acestuia soluția a fost reducerea timpului mediu de reparații (T.M.R.) la un număr exprimat în secunde, fiecare staționare fiind inferioară unui minut, urmare a unei

instruiri a personalului de producție și a punerii la dispoziția lui a unui stoc de piese de schimb la locul de muncă”.

În cazul în care o defecțiune impune intervenția compartimentului de mentenanță, personalul de producție va asista pe cel de mentenanță și, mai mult decât atât, în așteptarea acestuia din urmă, va pregăti eventuala intervenție: scoaterea de sub tensiune, demontaje prealabile etc (în limitele pregătirii pe care o are).

Aplicarea auto-mentenanței este partea cea mai delicată a T.P.M.

J.I.P.M. pentru rezolvarea acestei probleme propune un demers foarte structurat, dar care lasă loc unei oarecare flexibilități. Însă practica întreprinderilor, care au implementat această metodă, arată că demersurile sunt foarte diverse, dar se regăsesc întotdeauna un număr de acțiuni comune, care pot fi organizate diferit în timp și spațiu. Astfel, anumite întreprinderi au început printr-o acțiune de curățenie în cadrul unor ateliere sau la nivelul întregii întreprinderi, altele prin instruirea personalului, altele prin cercuri de calitate pe unele echipamente critice (sau subunități de producție), însă toate vor trebui, la un moment sau altul, și pentru toate echipamentele și unitățile de producție ale întreprinderii, să asigure instruirea personalului de producție, practicarea curățirii echipamentelor, crearea cercurilor pentru studierea fiecărui echipament etc.

J.I.P.M., care asigură promovarea T.P.M. a stabilit un program tip de implementare a acesteia.

Acest program se descompune în 12 etape, fiecare cuprinzând mai multe subetape, conform tabelului 5.1

În cazul în care se dorește introducerea T.P.M. într-o unitate industrială este necesar în prealabil să se elaboreze un program care să pună în evidență posibilitatea angajării în acțiuni de o asemenea anvergură. Pentru realizarea acestui program în prealabil va trebui să se răspundă la următoarele întrebări:

1. Volumul producției poate fi mărit fără investiții importante?
2. O mărire a volumului producției este o prioritate pentru unitatea industrială?
3. Unitatea a redus la minim personalul său? Are un plan în acest sens?
4. Există locuri înguste în procesul de producție?
5. Dispune de un sistem eficient și integrat de măsurare a capacității de producție și a productivității muncii angajaților?
6. La ce nivel se situează mentenanța în cadrul unității?
7. Cum se situează unitatea din punctul de vedere al curățeniei și ordinii?
8. Auto-mentenanța poate fi luată în considerație ca o soluție viabilă?

9. Ce vor face, dacă se decide să meargă mai departe?

Răspunsul la aceste întrebări nu este suficient pentru a decide lansarea unui program de perfecționare a mentenanței, cu atât mai mult a unui program de lansare a T.P.M., însă este necesar pentru a stabili dacă se poate merge cu studiul mai în profunzime sau se renunță imediat.

Tabelul 5.1[D.04]

FAZA	ETAPA	PUNCTE CHEIE
ACȚIUNI PREGĂTITOARE	1. Anunțarea deciziei de introducere a T.P.M	-comitet de conducere - jurnalul întreprinderii
	2. Campanie de informare și mobilizare asupra T.P.M.	- seminarii pe diverse niveluri, cercuri de T.P.M.
	3. Crearea unei structuri de promovare a T.P.M.	-comitete, cercuri de bază, secretariat.
	4. Definierea liniilor de acțiune și a obiectivelor cifrate	-obiective tehnice și economice
	5. Stabilirea unui plan director	-plan detaliat
DEBUTUL LANSĂRII	6. Lansarea T.P.M.	-procedura de lansare a T.P.M.
APLICAREA T.P.M.	7. Experimentarea	-selectarea echipamentului -formarea grupelor de proiect
	8. Auto-mentenanța	-metode de bază -evaluarea
	9. Perfecționarea activității mentenanței	-reorganizarea compartimentului de mentenanță -metode de mentenanță
	10. Instruirea complementară a personalului de producție asupra problemei de mentenanță	-stagii pentru șefii de echipă, care apoi instruiesc muncitorii din subordine
	11. Analiza concepției și instalării echipamentelor	-formularea unor cerințe de mentenanță în stadiul de concepție a echipamentelor -costul ciclului de viață a echipamentului
CONSOLIDAREA	12. Obținerea premiului	-definirea unor obiective mai ambițioase

5.1.2. Conceptul de cost al ciclului de viață („Life Cycle Cost” – LCC).

Un sistem în exploatare trebuie să funcționeze fiabil de-a lungul întregii sale vieți. Costul întreținerii lui în timpul ciclului de viață depășește adesea costul său inițial de achiziție. De aceea, la achiziționarea unui sistem trebuie să se aibă în vedere și costurile lui de întreținere, căci pentru managementul în timp este important să se poată prevedea cât mai bine fluxul de fonduri necesare în timpul vieții sistemului. De o bună bucată de vreme, în multe țări occidentale, guvernele și marile concerne industriale au introdus linii specifice de conduită; pentru a se asigura că procesul de achiziționare ține seama de costurile totale ale ciclului de viață (LCC), mai cu seamă când valoarea investiției inițiale este importantă. Aceasta reprezintă un instrument de îmbunătățire a procesului de decizie, în cadrul managementului. LCC reprezintă, așadar, totalitatea cheltuielilor necesare pentru procurarea, punerea în funcțiune, menținerea în stare de funcțiune și eliminarea unei unități considerate.

Un procedeu utilizat adesea în industrie este cel al nivelului maxim de compensare posibil, care este direct proporțional cu costurile optimizate de achiziționare, ținând seama – cu maximum de eficacitate – de LCC. Sistemul trebuie, așadar, nu numai să îndeplinească criteriile legate de funcționarea sa, dar și cerințele de suport logistic, cu respectarea constrângerilor de cost.

Un alt procedeu utilizat este cel al stabilirii nivelurilor de fiabilitate și mentenabilitate care pot fi realizate în cadrul unui buget de cost global dat. Acest procedeu este eficace în faza de proiectare și dezvoltare.

În sfârșit, procedeul LCC generalizat – care balansează rolurile clientului și al fabricantului – a fost dezvoltat într-o diagramă de flux reprezentată în fig.5.3. În faza inițială, procedeul poate fi repetat pentru diferite niveluri de detalii.

Înainte de a se realiza un studiu LCC, trebuie să se răspundă la următoarele întrebări:

- Care este scopul estimării?
- Care este impactul preciziei în estimare?
- Cine este implicat în costul proiectului?
- Care sunt constrângerile?
- Ce date sunt disponibile pentru realizarea analizei?
- Ce detalii sunt cerute pentru structura costului?
- Cum trebuie tratate incertitudinile?
- Care sunt limitările costului general?
- Care este responsabilitatea pe care o are analistul de costuri?

Cum datele cerute pentru orice studiu sunt importante, ar trebui să se verifice autenticitatea și veridicitatea datelor utilizate răspunzând la următoarele întrebări:

- Sunt orientate datele pentru a rezolva problema, sau nu?
- Sunt coordonate datele cu alte informații?
- Sunt comparabile datele cu alte date?
- Sunt învechite datele?
- Sunt aplicabile datele pentru acest studiu?

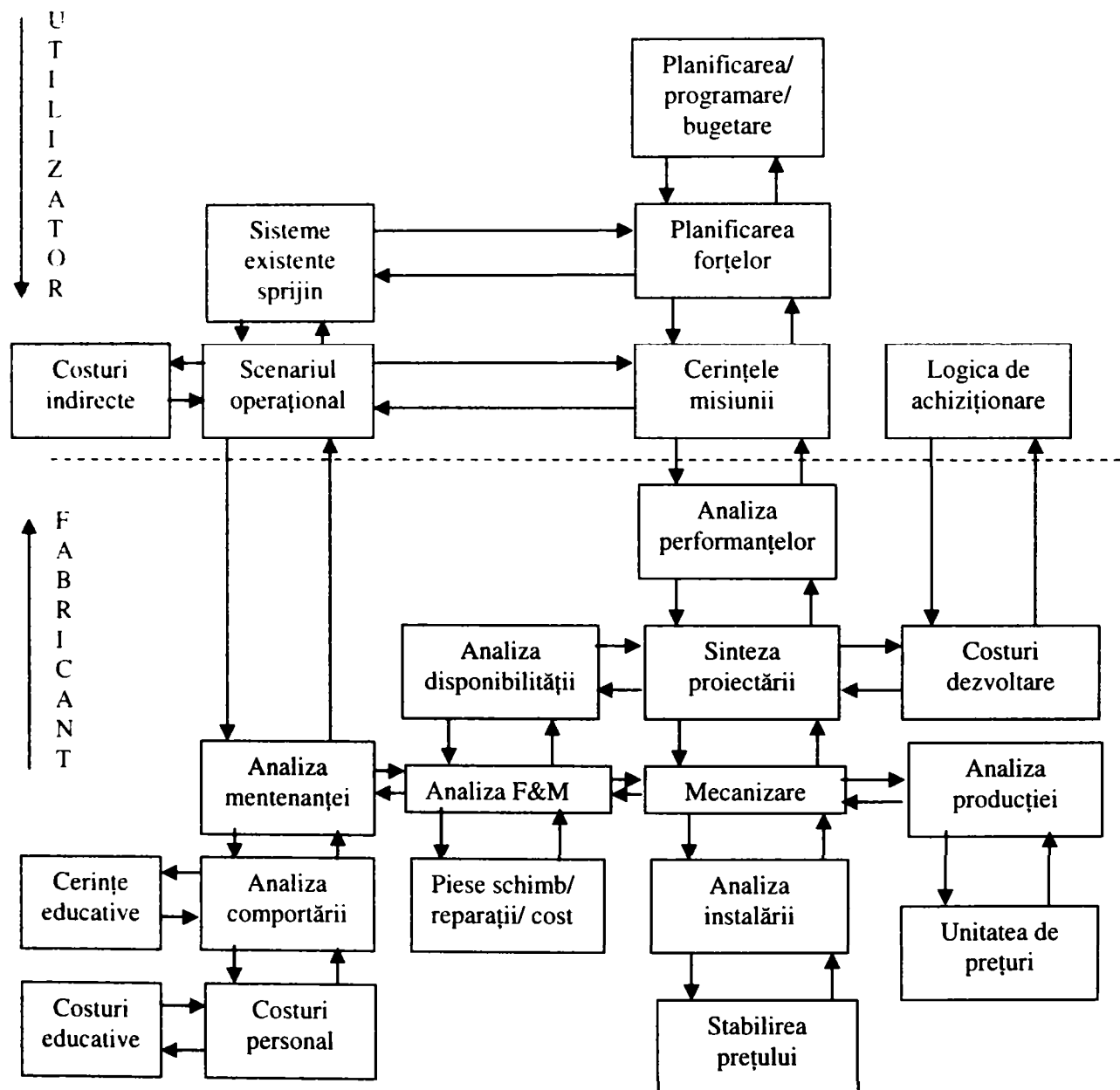


Fig. 5.3. Procedul LCC generalizat [B.03]

- Sunt influențate datele în favoarea cuiva?
- Sunt disponibile datele pentru studiu?

Pentru a estima LCC, trebuie făcută o comparație între costurile existente și cele noi. De aceea datele „istorice” sunt adesea utilizate ca bază de comparație. Există un număr de metode care pot fi utilizate pentru a estima costurile.

O metodă simplă este de a utiliza datele existente în cataloage. Deși prețul pentru un singur echipament s-ar putea să nu reflecte prețul actual al pieței, el reprezintă totuși o bază cu care se poate opera. Într-un anumit sens, este o informație istorică – deci corectă - care poate fi utilizată. Comparația între un exemplar dintr-un catalog și altul – din alt catalog – poate furniza o bună estimare a prețului. O altă metodă constă în utilizarea informației generate pentru scopul planului inițial. Datele de cost pot fi preliminare, dar cândva s-ar putea să reprezinte tot ce este disponibil, mai cu seamă în cazul unor dezvoltări noi. Ajustarea unor asemenea date se poate face progresiv.

Metoda costurilor comparative poate fi utilizată construind o diagramă care identifică relațiile de cost ale tipurilor existente cu cele noi.

Alte metode pot fi de natură parametrică, ocupându-se cu relațiile specifice de cost de producție, mentenanță, performanță, piese de schimb etc.

Unul dintre subiectele cele mai controversate și dificile ale studiilor LCC este tipul factorilor care ar trebui incluși în evaluare, analiză, estimare etc. Explicația controversei constă în faptul că fiecare are un punct de vedere despre acești factori importanți. Evident, pentru un avion militar, anumiți factori au o prioritate mai înaltă decât alții, însă factorii aceștia nu sunt în mod necesar aceiași pentru a calcula costurile pentru un automobil, de exemplu. Toate noțiunile care au fost menționate mai sus sunt interdependente și cuplate. Pentru a avea un tablou de ansamblu, este util să facem referire la noțiunea de eficacitate a sistemului (fig. 5.4) care reprezintă o unitate de măsură pentru capacitatea unui sistem de a îndeplini funcția cerută cu cel mai bun raport foloase/costuri pe durata vieții (LCC). Titu I. Băjenescu [B.03] arată că „se obișnuiește să se numească eficacitatea costurilor ca fiind *eficacitatea sistemului*. Se disting costuri periodice și neperiodice, ele putând fi identificate la evaluarea LCC a oricărui sistem sau echipament”. De obicei, factorii neperiodici LCC sunt cei care vizează:

➤ *Cercetarea sau dezvoltarea.* Costul acesta va depinde de mărimea cercetării sau dezvoltării specificate în contract. Dacă cercetarea se referă la ultimul stadiu al tehnicii, costurile vor fi ridicate. Dezvoltările minore vor fi neînsemnate în raport cu alți factori de cost.

➤ *Ingineria fiabilitate-mentenabilitate.* Un alt factor este îmbunătățirea fiabilității și a mentenabilității unui proiect înainte sau după livrarea.

➤ *Aprobarea calității.* Aprobarea unui sistem înainte de acceptare sau livrare necesită încercări, condiții favorabile și mână de lucru. Adesea testele nu pot fi efectuate în fabrică, iar expedierea și încercarea lor în laboratoare specializate s-ar putea dovedi costisitoare, mai cu seamă în domeniile opticii, microelectronicii, puterilor mari etc., unde noi metode de test trebuie adesea puse la punct.

➤ *Clauzele guvernamentale contractuale.* În contractele guvernamentale sunt multe clauze standard care se referă la livrare, împachetare, plăți etc. Deși acestea pot avea o influență asupra costurilor, ele nu sunt așa de critice cum sunt clauzele privitoare la informație, brevete, licențe etc., ale căror costuri sunt substanțiale.

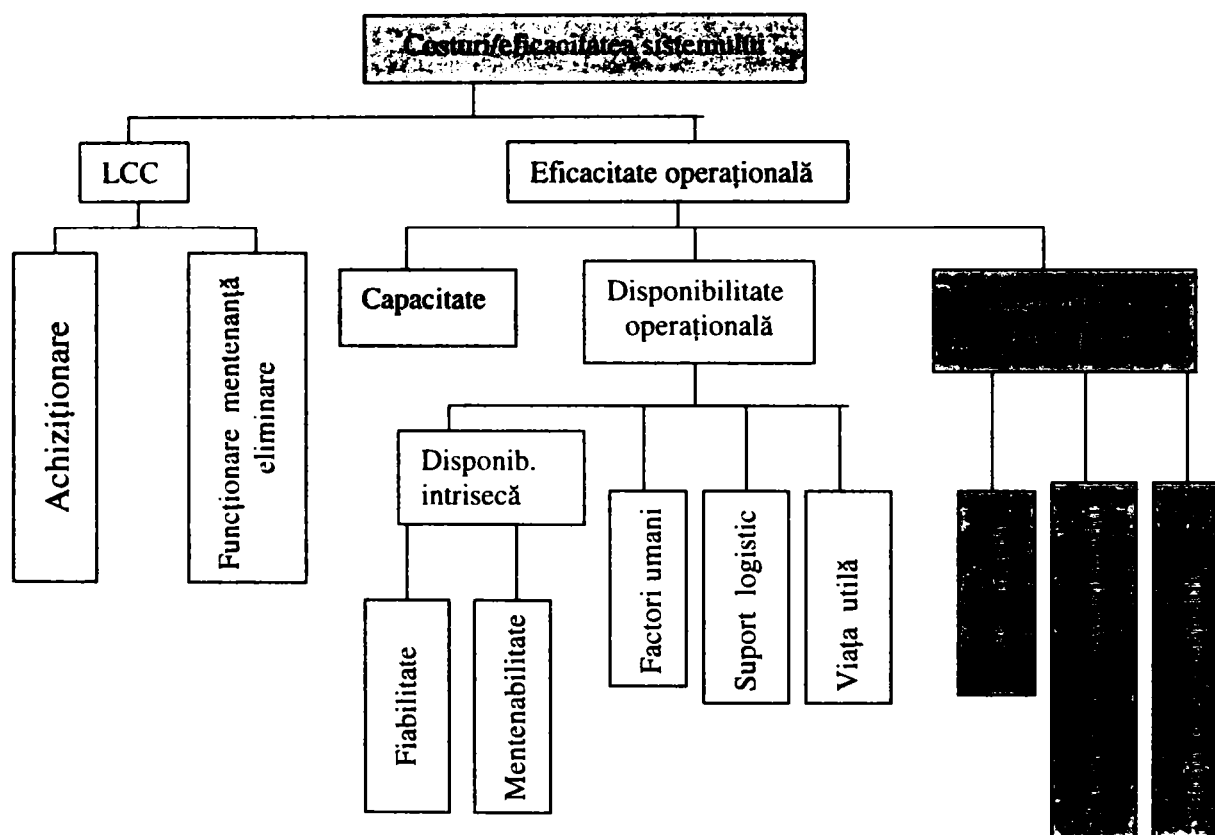


Fig.5.4. Costurile sau eficacitatea sistemului pentru echipamente complexe [B.03]

➤ *Life cycle management.* Managementul oricărui proiect cere resurse umane, financiare, informaționale și materiale în faza inițială de concepție. Dezvoltarea specificațiilor, cerințelor și prelucrarea întregului pachet contractual pot cere timp mult, dovedindu-se costisitoare.

➤ *Achiziționarea.* Costul de cumpărare al unui sistem include orice componentă care face parte din echipament (alimentare, cablaj, piese de schimb, taxe vamale etc).

➤ *Instalarea.* Odată cumpărat, sistemul trebuie instalat și – uneori – testat în mediul său înconjurător real.

➤ *Echipamentele de testare.* Ele reprezintă un important element de cost neperiodic.

➤ *Școlarizarea și antrenamentul.* Introducerea oricărui element nou cere familiarizare, antrenament, școlarizare, căci unul din factorii importanți ai nefiabilității rămâne omul.

➤ *Transportul.* În prima fază a produsului, transportul reprezintă un important factor de cost (transportul intern, logistică internă, logistică externă).

➤ *Documentarea.* Aceasta include toate datele cerute pentru exploatarea corectă a sistemului.

În ceea ce privește *costurile periodice*, acestea sunt legate de:

◆ *Funcționare.* Trebuie să se țină seama de cerințele misiunii considerate. Răcirea sistemului, de exemplu, este – în unele cazuri – absolut necesară, iar pentru aceasta este nevoie de mulți kwh, de apă, de păcură etc.

◆ *Mână de lucru.* Prea puține sisteme sunt complet automatizate, dar și atunci este nevoie de intervenția periodică a omului.

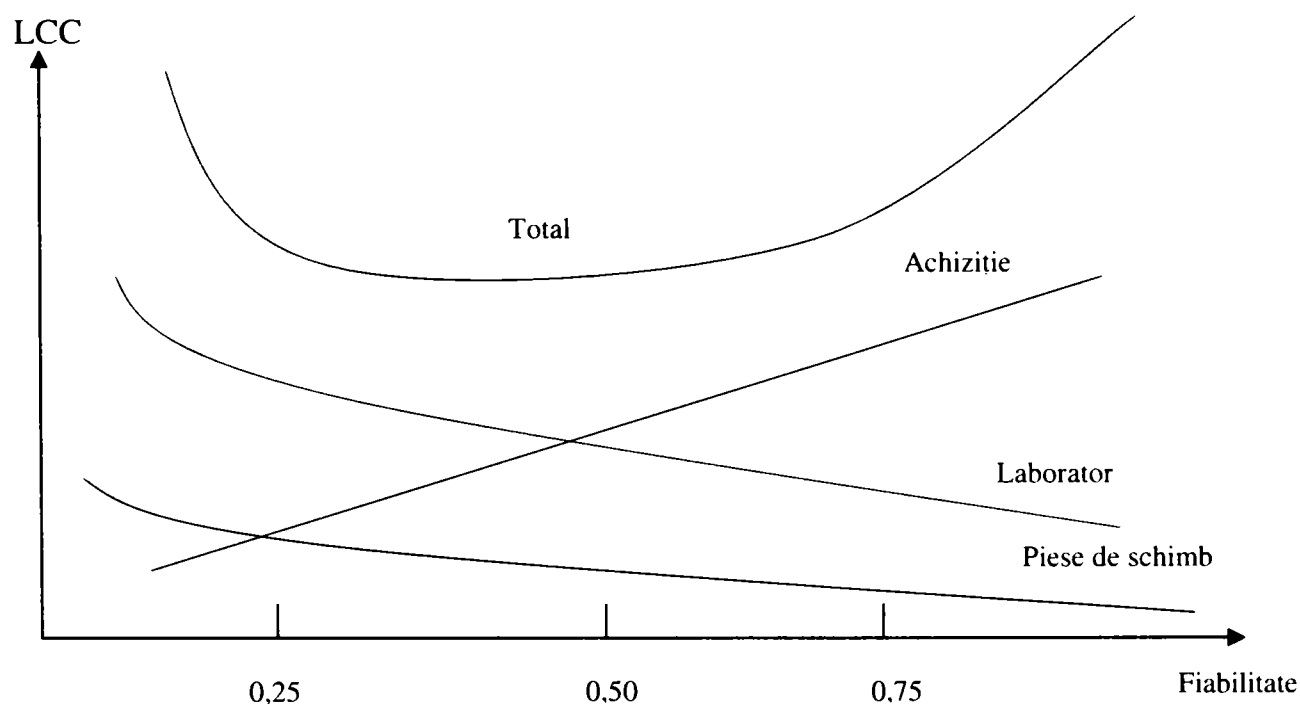


Fig. 5.5. Dependența $LCC = f(\text{fiabilitate})$, pentru diferiți factori [B.03]

◆ *Suport.* Pentru a menține continuu un sistem în funcțiune este nevoie, periodic, de suport. Chiar și o imprimantă are nevoie din când în când de hârtie, iar întregul sistem nu mai funcționează dacă are loc o pană de curent electric.

◆ *Mentenanță*. Costurile de mentenanță (uneori foarte costisitoare) sunt cele mai importante pentru menținerea în stare de funcțiune a sistemului, chiar dacă este vorba de un echipament de mare fiabilitate. Trebuie făcute reparații periodice, calibrări, ungerea servomotoarelor etc.

◆ *Stocul pieselor de schimb* trebuie făcut pentru a fi siguri că ele vor fi disponibile în orice moment. Unele piese de schimb nu pot fi păstrate timp îndelungat fără să se deterioreze.

Dependența $LCC = f(\text{fiabilitate})$, pentru diferiți factori de cost este arătată în fig. 5.5.

Orice produs cunoaște de-a lungul ciclului său de viață patru faze de bază (fig 5.6):

- concepția și definirea produsului,
- proiectarea și dezvoltarea produsului,
- fabricarea și instalarea,
- punerea în funcțiune și mentenanța.

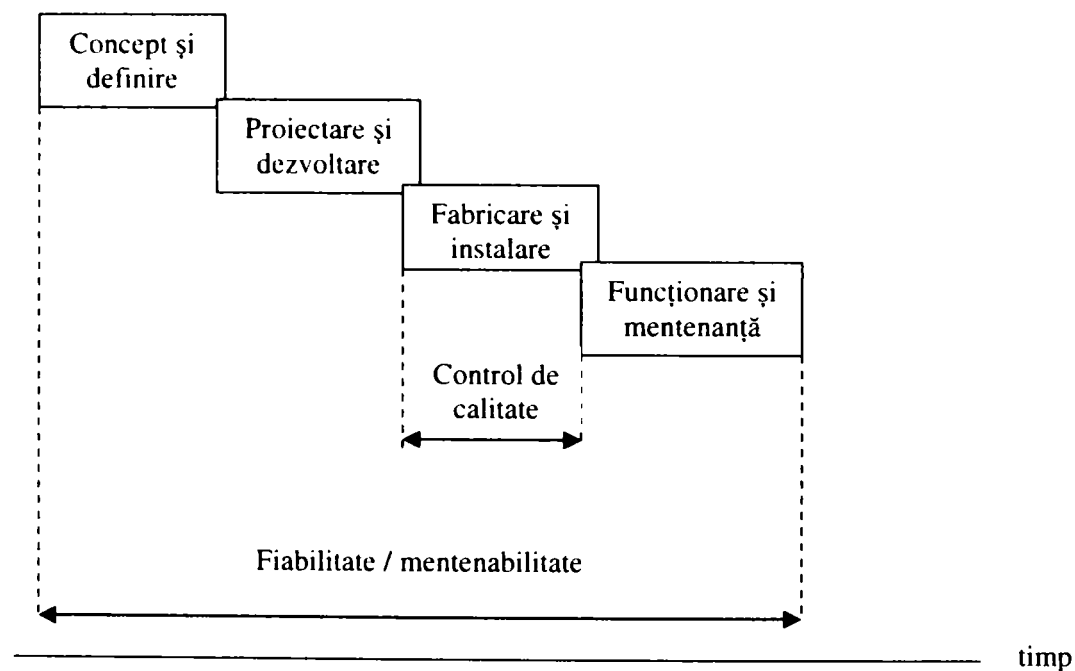


Fig. 5.6. Fazele ciclului de viață a unui produs [B.03]

Pentru a ajunge la nivelul dorit de fiabilitate și de mentenanță în faza a patra, o serie de măsuri manageriale și tehnice trebuie coordonate de-a lungul celor patru faze. Sarcinile tehnice și manageriale din fiecare fază pot constitui un program administrabil. Alegerea sarcinilor care trebuie realizate depinde, de aceea, de faza de activitate în care operează organizația.

5.2. Tipuri de sisteme de întreținere și reparații practicate în țara noastră.

În literatura de specialitate din țara noastră, cu mulți ani în urmă a început ca activitatea de mentenanță să fie în atenția specialiștilor, ea fiind abordată în interdependență cu restul activității desfășurate în cadrul unităților industriale, bazat pe o planificare excesiv de rigidă.

Astfel, există mai multe opinii privind sistemele posibile pentru întreținerea și repararea echipamentelor.

În [D.04] sunt prezentate următoarele sisteme:

- 1) Sistemul de reparații executate după necesități;
- 2) Sistemul de reparații pe bază de constatare;
- 3) Sistemul de reparații preventiv planificate, care se poate realiza:
 - după metoda standard;
 - după metoda reviziilor tehnice periodice.

1) Sistemul de reparații executate după necesități

Într-o primă etapă de organizare, executarea reparării utilajului se făcea „după necesități”, în momentul ieșirii sale din funcțiune, ca urmare a defectării lui. Acest sistem prezintă o serie de neajunsuri pentru unitatea industrială, din rândul cărora pot fi amintite, ca mai importante, următoarele:

- scoaterea din producție a utilajului pentru reparații, în mod neprevăzut, ceea ce duce la dezorganizarea procesului de producție de bază;
- creșterea în salturi a volumului de reparații, fără o posibilă pregătire făcută din timp, ceea ce are ca urmări apariția de pierderi în producția de bază, datorită duratei mari de staționare a utilajului în reparație, precum și creșterea costului reparației;
- lipsa de date despre volumul de lucrări de reparații ce urmau să se execute, ceea ce duce la imobilizarea de mari fonduri circulante din rezervele de resurse materiale și tehnice;
- imposibilitatea prevederii efectuării unui complex de măsuri tehnico-organizatorice pentru mărirea duratei de exploatare a utilajului și menținerea lui în stare normală de funcționare.

Cu toate neajunsurile pe care le prezintă, sistemul de reparații după necesități s-a utilizat și se utilizează pentru echipamente rar folosite, pentru unele dispozitive a căror stare de neutilizare nu poate produce pierderi în producție și nu dezorganizează mersul normal al

producției, sau nu încalcă regulile de securitate a muncii; pentru echipamentele a căror durată de funcționare normală a trecut, dar din diverse motive (lipsa fondurilor pentru înlocuirea lor, starea tehnică acceptabilă etc.) nu au fost scoase din folosință, sau echipamente de mare importanță atunci când defectarea acestora are un caracter accidental și nu a putut fi preîntâmpinată prin înlocuirea forțată a unei piese, după o anumită perioadă de funcționare, starea de predispoziție pentru defectări neputând fi descoperită.

2) Sistemul de reparații pe bază de constatare

Potrivit acestui sistem planificarea lucrărilor de reparații se face pe baza efectuării în prealabil a unei revizii a echipamentului și a întocmirii pe această bază a unei fișe de constatare prin care se stabilește starea tehnică a acestuia. Rezultă că justetea conținutului planurilor de reparații depinde de precizia evaluării stării tehnice. Dezavantajul principal al acestui sistem este acela că nu are la bază normative, fundamente științifice, pe baza cărora să se stabilească volumul lucrărilor de reparații, ale mijloacelor materiale, umane și bănești necesare pentru menținerea echipamentelor în stare normală de funcționare. Acest sistem se recomandă a fi folosit în special pentru mașinile și mecanismele din micile subunități de montare, unde utilajele lucrează cu întreruperi, neavând o încărcare constantă, și pentru repararea unor utilaje grele, unicate, care necesită lucrări foarte complicate.

3) Sistemul de reparații preventiv planificate

Acest sistem reprezintă un ansamblu de măsuri de întreținere, control și reparare a echipamentelor ce se efectuează în mod periodic, la intervale de timp determinate, prin care se urmărește prevenirea uzurii excesive și a apariției avariilor.

Prin conținutul său, acest sistem prezintă următoarele avantaje principale:

- Cunoașterea datei calendaristice a scoaterii din funcțiune a echipamentului de reparații;
- Stabilirea din timp a felului reparațiilor ce trebuie executate și a duratei de execuție;
- Asigurarea forței de muncă și a mijloacelor materiale și financiare necesare executării reparațiilor.

Aplicarea acestui sistem se face prin două metode:

- a) Metoda standard;
- b) Metoda reviziilor tehnice periodice.

a) Metoda standard constă în introducerea echipamentului în reparații după un anumit număr de ore de funcționare, indiferent de starea tehnică a utilajului și înlocuirea anumitor piese, fără a ține seama de starea lor tehnică. Pe baza acestei metode, reparația se

face după un proces tehnologic elaborat în prealabil, care prevede detaliat toate operațiile ce se execută cu ocazia reparației.

Se recomandă folosirea acestei metode la echipamentele care lucrează în același regim, unde neînlocuirea la timp a anumitor piese poate duce la defecțiuni ce pot dezorganiza procesul de producție (ex. liniile în flux), precum și la echipamentele la care neînlocuirea la timp a unor piese duce la micșorarea securității muncii personalului.

b) Metoda reviziilor tehnice periodice

Obiectivul acestei metode este de a menține echipamentele în bună stare de funcționare, de a reduce riscurile de accident, de a crește disponibilitatea echipamentelor prin operații de întreținere regulată executate în mod preventiv.

Potrivit acestei metode, echipamentele intră în reparații planificate după un anumit număr de ore de funcționare, în mod periodic, într-o anumită succesiune potrivit unui ciclu de reparații, înaintea fiecărei reparații efectuându-se o revizie tehnică pentru cunoașterea stării echipamentului.

Această metodă a avut cea mai largă răspândire până în 1990, aplicându-se în toate unitățile industriale.

Planificarea executării reparațiilor după această metodă se bazează pe un sistem de normative tehnice (au fost elaborate normative tehnice la nivel de ramură), care prevăd categoriile de intervenții tehnice ce se execută, intervalul de timp între două intervenții tehnice de același tip, timpul de staționare, precum și nivelul cheltuielilor, dat ca procent din valoarea de inventar a echipamentului.

Conform acestor normative, categoriile de intervenții tehnice ce se execută în cadrul acestei metode sunt: revizii tehnice (Rt), reparația curentă de gradul I (Rc1), reparația curentă de gradul II (Rc2), și reparația capitală (RK), ilustrate în studiul de caz K din cap. 9.

Scopul fiecărei intervenții tehnice, lucrările pe care le cuprinde, locul de execuție și importanța fiecăreia sunt prezentate sistematizat în tabelul 5.2

Tot din studiile efectuate a rezultat că introducerea sistemului de reparații preventive-planificate, în multe cazuri nu a avut efectele economice scontate, deși este superior sistemelor prezentate anterior, având în vedere faptul că nu a fost aplicat după o pregătire tehnică și material – organizatorică corespunzătoare în cadrul unităților industriale.

Astfel, au fost elaborate normative de întreținere și reparații, dar așa cum a rezultat în urma studiilor efectuate nu au existat:

- tehnologii detaliate, fundamentate științific pe tipuri de echipamente și categorii de lucrări;

Tabelul 5.2 [D.04]

CATEGORIA DE INTERVENȚII	SCOPUL	ÎN CE CONSTĂ	LOCUL EXECUTĂRII	IMPORTANTĂ
Revizia tennică (Rt)	Se constată starea utilajului și se remediază defecțiunile apărute de la ultima reparație a utilajului	<ul style="list-style-type: none"> - Se verifică starea tehnică a utilajului în vederea menținerii în stare de funcționare la următoarea reparație; - Se efectuează reglajele mecanismelor; - Se strâng sau se înlocuiesc garniturile de etanșare - Se controlează piesele de uzură frecventă pentru a stabili volumul reparației următoare (piese de schimb, materiale, manoperă); - Se verifică dispozitivele de protecția muncii 	În secțiile de producție	Este o operație intermediară între două reparații, care asigură menținerea în funcționare a utilajului până la următoarea reparație
Reparația curentă de grad I (RC1)	Se verifică subansamblele principale prin demontarea părților componente ce facilitează această operație	<ul style="list-style-type: none"> - Se execută înlocuirea sau recondiționarea pieselor de uzură foarte rapid (piese de etanșare, bușe, rulmenți, etc.); - Se verifică și se elimină jocurile între piese; - Se controlează circuitele de răcire, dispozitivele de comandă; - Se repară dispozitivele de protecție, se curăță complet și se ung; - Se vopsește utilajul; - Se reface protecția anticorozivă exterioară. 	În secțiile de producție	Asigură funcționarea normală până la următoarea reparație planificată
Reparația curentă de grad II (RC2)	Se verifică toate subansamblele prin demontarea lor completă. Se face după mai multe reparații curente de grad I conform normelor	<ul style="list-style-type: none"> - Se înlocuiesc sau se recondiționează piesele cu uzură rapidă; - Se înlocuiesc sau se recondiționează piesele cu frecvență de uzură mijlocie, - Celelalte operații sunt ca la RC1; 	În secțiile de producție	Asigură funcționarea normală până la reparația următoare. Are caracter corectiv și preventiv
Reparație capitală (RK)	Revizia totală a utilajului pentru a se înlocui sau reface piesele sau subansamblele de bază ajunse în stare de uzură înaintată	<ul style="list-style-type: none"> - Se demontează utilajul și se verifică fiecare piesă în parte; - Se verifică și piesele care nu sunt supuse uzurii mecanice - Se verifică și piesele care formează scheletul pe care se sprijină elementele active (suport, carcase de susținere, etc.) deoarece în timpul funcționării îndelungate a utilajului caracteristicile fizico-mecanice ale metalului pot suferii schimbări 	În secția de producție	Este redată integral capacitatea de funcționare a utilajului

- nomenclatoare de piese de schimb și materiale de reparații pe tipuri de echipamente;

- o fundamentare științifică a necesarului de materiale și piese de schimb pentru reparații, precum și a stocurilor de piese de schimb;

- o urmărire a realizării intervențiilor tehnice planificate și o reactualizare a planurilor de reparații în funcție de timpul efectiv lucrat;

- un sistem informațional adecvat, care să permită cunoașterea punctelor critice ale echipamentelor, utilizarea fondului de timp disponibil, nivelul cheltuielilor de întreținere și reparații etc.

Aceste deficiențe și-au pus amprenta asupra eficienței de ansamblu a activității de întreținere și reparații, respectiv durate mari de staționare, multe improvizații, căderi accidentale frecvente, costuri ridicate de reparații, etc.

Majoritatea specialiștilor sunt de părere că toate aceste neajunsuri nu vor putea fi eliminate decât printr-o regândire a acestei activități, printr-o nouă concepție legată de managementul acesteia, adică prin trecerea la mentenanța industrială.

În alte lucrări de specialitate [D.04] se prezintă următoarea clasificare:

- a) sistemul de întreținere corectivă;
- b) sistemul de întreținere funcțională curentă;
- c) sistemul de întreținere și reparații de tip paleativ;
- d) sistemul de revizii tehnice și reparații preventiv – planificat;
- e) sistemul de întreținere funcțională periodică de tip preventiv – planificat.

a) Sistemul de întreținere corectivă

Urmărește ca printr-un ansamblu de măsuri ce se iau de furnizorii și beneficiarii echipamentului, să se asigure:

- îmbunătățirea constructivă a echipamentelor, prin reproiectarea unor piese și subansambluri ce nu corespund exigențelor practice (se uzează repede, acționare incomodă, zgomot mare, vibrații, etc);

- îmbunătățirea funcțională, prin proiectarea unor accesorii auxiliare, a unor S.D.V-uri cu funcții multiple care să asigure funcționarea echipamentelor la parametrii proiectați;

- înlăturarea unor deficiențe ce țin de fiabilitatea și mentenabilitatea echipamentelor.

El se aplică pe toată durata de garanție prevăzută de constructorul echipamentului și

mai ales în perioada de punere în funcțiune, dar se recomandă și periodic în funcție de rezultatele obținute privind exploatarea echipamentului.

b) Sistemul de întreținere funcțională curentă

Are la bază următoarele operații specifice:

- curățirea utilajelor și îndepărtarea impurităților ce se pot face de către fiecare muncitor care lucrează la echipamentul respectiv;

- lubrifierea și ungerea;
- urmărirea zilnică a comportării în funcționare.

Aceste operații se execută conform unor fișe tehnologice care conțin fazele tehnologice ale fiecărei operații și normele de timp aferente.

c) Sistemul de întreținere și reparații de tip paleativ

Se recomandă a fi aplicat echipamentelor amortizate complet, dar care sunt menținute încă în procesul de producție din anumite motive (starea tehnică permite încă exploatarea lor, imposibilitatea temporară de achiziționare a unor utilaje noi).

d) Sistemul de revizii tehnice și reparații preventiv – planificate

Principalele lucrări și operații specifice pe care le comportă acest sistem sunt: reparații după necesitate, reparații pe bază de constatări, reparații cu planificare rigidă, reviziile tehnice, reparațiile curente de gradul I și II, reparațiile capitale.

Conținutul și aspectele legate de aceste categorii sunt identice cu cele prezentate anterior.

e) Sistemul de întreținere funcțională periodică de tip preventiv – planificat

Acest sistem pune accentul pe prevenirea defecțiunilor și nu pe înlăturarea acestora. Obiectivele principale ale acestui sistem sunt: evitarea uzurii echipamentelor și prelungirea duratei lor de viață, menținerea randamentului echipamentelor, eliminarea opririlor accidentale, reducerea costurilor; mărirea siguranței în funcționare etc.

Operațiile și lucrările specifice acestui sistem sunt:

- verificarea periodică a echipamentelor (V_p), prin care se constată starea tehnică a acestora, se anticipează căderile accidentale și uzura prematură. Totodată se verifică încadrarea în parametrii normali a mecanismelor de acționare. Această lucrare se face fără oprirea echipamentelor sau prin oprirea lor pe perioade foarte scurte;

- revizia parțială a echipamentelor (R_p), prin care se constată starea tehnică și tehnologică a unor mecanisme de bază, gradul de uzură al pieselor și frecvența, respectiv cauzele unor defecțiuni. Pentru remedierea deficiențelor, echipamentele se opresc din

funcțiune și se demontează subansamblele și mecanismele care prezintă deficiențe, se curăță și se înlocuiesc piesele uzate, se efectuează reglaje fine;

- revizia generală a echipamentelor (Rg), prin care se constată starea tehnică și de uzură a subansamblelor și mecanismelor, care prezintă deficiențe, se curăță și se înlocuiesc piesele uzate, se efectuează reglaje fine etc;

- revizia generală a echipamentelor (Rg), prin care se constată starea tehnică și de uzură a subansamblelor și mecanismelor, precizia de lucru și consumurile de lubrifianți și carburanți. Lucrarea se face numai prin oprirea echipamentelor, iar în scopul remedierii deficiențelor se efectuează demontări generale, curățiri, spălări, măsurători, reglaje și înlocuirea unor piese uzate;

- controlul tehnic de calitate în urma intervențiilor executate, prin care se urmărește calitatea executării lucrărilor Vp, Rp, Rg, starea tehnică a echipamentelor, calitatea produselor fabricate. În cazul unor deficiențe, muncitorii de la C.T.C. anunță personalul de întreținere pentru a interveni.

În alte lucrări de specialitate [D.04], se propun următoarele sisteme de întreținere și reparații:

1). Sistemul de întreținere și reparații preventive, cu variantele următoare:

a) întreținere și reparații preventive sub forma reviziilor tehnice și a reparațiilor planificate de tipul: Rc1, Rc2 și Rk;

b) întreținere și reparații preventive sub forma verificărilor periodice, reviziilor parțiale și a reviziilor generale;

c) întreținere și reparații pe grupe de utilaje, prin stabilirea frecvenței intervențiilor.

2). Sistemul de întreținere și reparații în funcție de starea echipamentelor (întreținere predictivă).

3). Sistemul de întreținere și reparații în funcție de necesități (întreținere de remediere).

Referitor la tipurile de sisteme de întreținere și reparații prezentate în literatura de specialitate din țara noastră, putem să desprindem următoarele concluzii principale:

- Paleta largă a tipurilor de sisteme creează și mai multă confuzie în ceea ce privește conținutul lor concret, condițiile de aplicare, avantajele și dezavantajele pe care le prezintă etc.

- Deși conțin elemente comune privind conținutul lucrărilor ce se execută, elemente comune de planificare și de prevenire, totuși sunt prezentate distinct (de exemplu:

sistemul de întreținere funcțională periodică de tip preventiv-planificat și sistemul de revizii tehnice și reparații preventive planificate).

5.3. Sisteme de mentenanță posibile a se aplica în viitor

Având în vedere limitele sistemelor tradiționale de întreținere și reparații, mutațiile ce se înregistrează în domeniul mentenanței, noile obiective ale acesteia, faptul că unitățile industriale sunt angajate într-o competiție extrem de dură, este necesară regândirea acestei activități, fiecare întreprindere putând opta pentru o metodă sau alta de mentenanță. În acest sens, se recomandă următoarea clasificare a metodelor de mentenanță:

- 1). Mentenanța corectivă;
- 2). Mentenanța preventivă sistematică;
- 3). Mentenanța preventivă condiționată;
- 4). Mentenanța paliativă.

Decizia de adoptare a uneia sau alteia dintre aceste metode, trebuie să fie rezultatul unor analize riguroase, pe baza unor metode și modele științifice, care să țină seama de o serie de factori de natură tehnică, economică și de securitate.

5.3.1 Mentenanța corectivă.

Mentenanța corectivă este mentenanța efectuată după căderea echipamentelor.

O ambiguitate de vocabular există în definirea mentenanței corective, noțiunea de *corecție*, după cădere (defectare), conține, în fapt, și noțiunea de ameliorare. După descoperirea unei defecțiuni, în cadrul sistemului de întreținere și reparații, după necesități, se efectuează un depanaj sau o reparație, restabilind funcția pierdută. Mentenanța corectivă implică însă următoarele etape:

- o analiză a cauzelor căderilor;
- o repunere în funcțiune (depanare sau reparație);
- o ameliorare eventuală (corecție), vizând evitarea reapariției defecțiunii, sau minimizării efectelor sale asupra sistemului;
- înregistrarea tuturor elementelor legate de intervenție (cauză, lucrări efectuate, piese de schimb și materiale înlocuite, costul lucrării, timp de staționare etc., permițând o exploatare ulterioară a acestora.

Mentenanța corectivă constituie adesea metoda de mentenanță îndeosebi practică înaintea dezvoltării mentenanței preventive sistematice sau condiționate, însă acestea din urmă nu elimină în totalitate căderile echipamentelor și, mai mult decât atât, nu se poate

aplica în toate cazurile, în condiții economice acceptabile. În consecință, metoda mentenanței corective reprezintă o metodă de sine stătătoare, aplicată îndeosebi în cazul echipamentelor a căror avarie nu angajează securitatea persoanelor și nu antrenează costuri ridicate, cu indisponibilitatea echipamentelor.

De asemenea, această metodă de mentenanță se poate aplica la toate categoriile de echipamente, pe toată durata de garanție prevăzută de constructorul echipamentului și îndeosebi în perioada de punere în funcțiune (perioada de probe).

Esentială în cazul adoptării metodei mentenanței corective este estimarea corectă a *costului căderilor*.

Costul căderii unui echipament este format din suma costului mentenanței corective necesare pentru repunerea sa în funcționare (costul direct) și a costului consecințelor de indisponibilitate care rezultă (costul indirect).

Exceptând cazurile cu consecințe catastrofale, costul consecințelor de indisponibilitate depinde de durata acestei indisponibilități. Ori, durata indisponibilității depinde de numeroși parametri, fazele duratei totale de indisponibilitate, precum și de variabilele de acțiune, fiind prezentate în tabelul 5.3.

Rapiditatea cu care a putut fi efectuat diagnosticul constituie un factor esențial în diminuarea timpului și, implicit a costurilor. Instruirea personalului și dispunerea de instrumente, metode și tehnici de diagnosticare prezintă o importanță primordială.

Având în vedere conținutul nou al acestei metode de mentenanță, comparativ cu sistemul de întreținere și reparații după necesități, considerăm că în organizarea corespunzătoare a acestei metode de mentenanță, se impun îndeplinirea unor cerințe, înainte, în timpul, și după apariția defecțiunilor.

1) Înaintea apariției defecțiunilor, cerințele care trebuie îndeplinite sunt:

- Instrucțiuni precise privind exploatarea echipamentelor, în scopul prevenirii unor căderi accidentale, datorate exploatarea necorespunzătoare;
- Instrucțiuni, metode, tehnici și mijloace de diagnosticare rapidă a defecțiunilor;
- Documentație tehnică de depanare rapid accesibilă și ținută la zi;
- Identificarea pieselor de schimb absolut necesare, aprovizionarea și stocarea corespunzătoare a acestora;
- Definirea modalităților de intervenție asupra echipamentelor, în deplină securitate;

- Buna calificare a personalului de intervenție.

Tabelul 5.3. Fazele unei defecțiuni [D.04]

FAZĂ	VARIABLE DE ACȚIUNE
1. Detectarea defecțiunii	- mijloace de detectare.
2. Transmiterea informației	- legături strânse producție- mentenanță
3. Anunțarea echipei de intervenție	- metode și mijloace de comunicare
4. Deplasarea echipei de mentenanță	- metode de organizare permițând o operativitate maximă
5. Diagnostic	- calificarea personalului de mentenanță - metode și tehnici de diagnostic - echipament facilitând diagnosticarea
6. Disponerea schimbărilor	- organizare permițând luarea unor decizii rapide - gestiune judicioasă a stocurilor de materiale și piese de schimb
7. Depanarea sau reparația	-calificarea corespunzătoare a echipei de mentenanță -pregătirea intervențiilor -mijloace de mentenanță
8. Controlul	-calificarea personalului - metode de control
9.Repunerea în funcționare	- calificarea personalului - metode de control

2) În timpul apariției defecțiunii este foarte importantă asocierea rapidă și corectă a intervenției. Pentru aceasta:

- diagnosticul efectuat trebuie să fie precis;
- echipele de mentenanță trebuie să aibă competența necesară pentru remedierea defecțiunii, atestând acest lucru.

3) După înlăturarea defecțiunii și repunerea în funcțiune a echipamentului, cerințele care trebuie respectate sunt:

- întocmirea „Fișei de analiză a defectului”. *O cădere accidentală constituie o anomalie*, cauza acesteia trebuie să fie cunoscută pentru a putea lua măsuri de înlăturare a ei și de creștere a fiabilității echipamentului.

- completarea „Fișei istorice a echipamentului”, care cuprinde toate intervențiile corective suferite de echipament după punerea sa în funcțiune;

- efectuarea acțiunilor corective necesare: completarea stocurilor de piese de schimb, îmbunătățirea instrucțiunilor de depanare, modificări în documentațiile existente etc;

- eventuale măsuri de perfecționare a echipamentelor vizând evitarea reapariției defecțiunii sau a minimizării efectelor sale.

5.3.2. Mentenanța preventivă sistematică

Reprezintă mentenanța prevăzută, pregătită și programată înaintea datei probabile de apariție a unei căderi. Obiectivele vizate, prin caracterul ei preventiv, sunt:

- mărirea fiabilității echipamentului, prin diminuarea căderilor și a situațiilor neprevăzute și, în consecință, reducerea costurilor de mentenanță;

- mărirea duratei de viață a unui echipament;

- îmbunătățirea calității producției;

- îmbunătățirea activității de planificare și programare: o mai bună programare a forței de muncă determină o reducere a costurilor cu manopera, iar o mai bună planificare a aprovizionării cu materiale și piese de schimb determină reducerea cheltuielilor de depozitare;

- îmbunătățirea securității muncii: un control periodic a anumitor echipamente garantează o mai bună securitate pentru personal și pentru echipament;

- îmbunătățirea relațiilor între producție și mentenanță (deoarece mentenanța preventivă reduce „neprevăzutul”, care este adesea sursa disensiunilor), un mai bun climat și condiții de muncă mai bune în cadrul compartimentului de mentenanță, instruirea mai bună a personalului de mentenanță etc.

Se poate considera că punerea în practică a metodei mentenanței sistematice implică dezvoltarea unui compartiment „metode – mentenanță” eficient. Întrădevăr, nu se poate realiza „prevenirea” fără un compartiment de metode care va greva pe termen scurt costurile directe de mentenanță, dar va permite:

- gestiunea documentației tehnice, a dosarelor echipamentelor și a istoricului acestora;

- analize tehnice privind comportamentul echipamentelor în exploatare;
- pregătirea intervenției preventive.

Pentru aplicarea metodei mentenanței sistematice este absolut obligatorie existența în cadrul unității industriale a nomenclurii echipamentelor, stabilită în funcție de condițiile de utilizare și uzură ale acestora, precum și a unui istoric al echipamentelor. Dacă nu se dispune de un istoric (situație existentă în marea majoritate a unităților), se va efectua o analiză a echipamentelor și a condițiilor lor de utilizare. Această analiză se recomandă să se efectueze de un colectiv format din personal de mentenanță și de producție, aceasta permițând sensibilizarea acestora din urmă către o mentenanță preventivă.

Se va solicita fiecărui manager al subunităților de producție de bază să clasifice echipamentele în patru categorii:

- **categoria A:** utilaje a căror oprire provoacă oprirea totală a producției;
- **categoria B:** utilaje a căror oprire determină o încetinire a ritmului de producție sau o degradare a calității producției;
- **categoria C:** utilaje pentru care producția are soluții de înlocuire, iar oprirea nu joacă un rol important asupra cantității fabricate, dar afectează costurile de mentenanță;
- **categoria D:** utilaje care nu trebuie urmărite prin mentenanța preventivă;

Aceeași clasificare se face și de către compartimentul de mentenanță, iar apoi „mentenanța” și „producția” confruntă cele două clasificări și se pun de acord asupra punctelor divergente, stabilindu-se în final, lista echipamentelor de urmărit printr-un sistem de mentenanță preventivă, cu ordinea de prioritate, în final redactându-se planul de stabilire și aplicare a mentenanței preventive sistematice.

Se definește pentru fiecare echipament de urmărit în mentenanța preventivă „parametrul uzării” (ore-om, tone etc), apoi în ordinea planului stabilit mai jos se procedează, pentru fiecare tip de intervenție, de maniera următoare:

- 1) descompunerea echipamentului în organe sau subansamble (ex: organe de comandă, motoare, reductoare, aparate de măsură și control etc.);
- 2) definirea pentru fiecare organ a punctelor de vizită și a operațiunilor de efectuat, obiectul vizitei, parametrii de măsurat, starea sau toleranța uzurii admisibile, utilajele sau aparatele de măsură necesare, periodicitatea vizitelor;
- 3) clasamentul punctelor de vizitat și a operațiilor de efectuat, pe grupe de operații, pentru definirea numărului de game tip de intervenții de mentenanță preventivă sistematică.

Mentenanța preventivă sistematică poate fi *de supraveghere* sau *absolută*:

- *mentenanța absolută* - înseamnă că nici o inspecție nu este efectuată între două intervenții programate;

- *mentenanța de supraveghere* – se pot programa „inspecții periodice” având ca obiect controlul ecartului între starea constatată și starea estimată în momentul determinării timpului mediu de bună funcționare.

Metodele mentenanței preventive sistematice sunt următoarele:

a). Telesupravegherea, constă în punerea sub control permanent sau ocazional a punctelor cheie ale echipamentelor, prin măsurarea și cunoașterea stării de funcționare, ea realizându-se cu mijloace automate și permițând fie alertarea, fie declanșarea acțiunilor, fie declanșarea intervențiilor bine definite, în cazul în care este vorba de un model tip de comportament, sau în cazul în care se dispune de un sistem de autodiagnostic cuplat.

Telesupravegherea utilizează mijloace de control nedistructiv și mijloace de transmitere a informației, care trebuie să fie prevăzute în concepția echipamentului.

b). Vizite sistematice. Aceasta este soluția mai puțin costisitoare și cel mai ușor de aplicat, având mai multe forme, între care se poate alege, în funcție de imperativele urmărite și de criteriile economice:

b₁). Vizite sistematice fără oprirea echipamentului.

Acestea reprezintă de fapt „mentenanța de rond”, care se caracterizează printr-o supraveghere regulată a utilajului, sub formă de „ronduri”, la intervale scurte, bine stabilite, antrenând mici intervenții atunci când este necesar. Efectuată de un personal atent, ea asigură o supraveghere de ansamblu a echipamentului, evitând astfel apariția unui număr mare de defecțiuni, căderi minore, care ar putea, cu timpul, avea consecințe majore.

De o manieră tradițională, „întreținerea de rond” a fost întotdeauna aplicată, fiind partea preventivă a întreținerii. „Rondurile” asupra echipamentelor cuprindeau:

- lubrifierea;
- controlul presiunii, temperaturii, cotelor, vibrațiilor etc.;
- examene senzoriale: detectări vizuale din mers, detectarea unor zgomote anormale etc;
- teste;
- intervenții minore, reglaje, înlocuiri standard (de exemplu: înlocuirea unei lămpi etc.).

Pe plan mondial însă, două orientări schimbă natura acestei întrețineri, către mentenanța de rond, și anume: telementenanța și „integrarea la producție”.

Telementenanța constă în legarea captatorilor de informații la un centru de supraveghere, care înregistrează toate alarmele și măsurătorile. Tablourile sinoptice vizualizează localizarea informațiilor. Această tehnică necesită investiții mari, dar permite asigurarea unei bune securități de funcționare a unui ansamblu, economisind deplasările legate de „ronduri”, însă ea nu înlocuiește capacitatea de prevedere a unui bun însoțitor. Agentul de supraveghere, în fața apariției unui defect, are responsabilitatea unei proceduri de salvare, fie prin scoaterea din funcțiune a echipamentului și remedierea defectului apărut, fie prin alertarea agenților de intervenție impuși.

Referitor la integrarea la producție, în modelul japonez T.P.M., responsabilitatea supravegherii și mentenanței de nivel I poate fi redată muncitorului direct- productiv.

b₂). Vizite sistematice cu oprirea utilajului.

Ținând cont de tipul vizitei și de timpul de care se dispune, ele pot să se efectueze fără demontaj, cu demontaj parțial, sau cu demontaj total.

c). Reamplasări sistematice. Se cunoaște în avans, la lansarea unei operații de mentenanță, că se va înlocui o piesă dată, un organ sau subansamblu complet, oricare ar fi starea sa.

În funcție de complexitatea lor, lucrările de mentenanță preventivă sistematică pot fi grupate pe mai multe niveluri, o grupare a acestora pe cinci nivele de mentenanță este următoarea:

1). **Mentenanța preventivă sistematică de nivelul I**, cuprinde lucrări efectuate asupra unui echipament în funcționare sau disponibil pentru oprire, cum ar fi:

- lucrări de supraveghere și întreținere a echipamentului: menținerea aspectului general și remedierea unor scurgeri nesemnificative de uleiuri, controlul diferiților parametri (presiune, temperatură, zgomot, vibrații, diferite cote etc.), lubrifierea diferitelor organe etc.;
- intervenții minore, reglaje și înlocuiri standard ale unor piese (de exemplu: înlocuirea unei lămpi etc.);

2). **Mentenanța preventivă sistematică de nivelul II**, cuprinde lucrări efectuate asupra unui echipament oprit sau în stare de funcționare, cum ar fi:

- înlocuiri și schimbări standard de materiale consumabile, piese de schimb cu o uzură foarte rapidă, și mici subansamble (filtre, cartușe, discuri, piese de etanșare etc.),
- operații de reglaj și de încercări;

- curățirea echipamentului;
- controlul parametrilor de funcționare;

3). Mentenanța preventivă sistematică de **nivelul III**, cuprinde lucrări efectuate numai asupra unui echipament oprit după un anumit număr de ore de funcționare (sau unități de uzaj) și constă în verificarea, repararea sau înlocuirea anumitor subansamble și ansamble de componente ale echipamentului, prin demontarea lor completă.

4). Mentenanța preventivă sistematică de **nivelul IV**, cuprinde lucrări efectuate asupra unui echipament oprit, după un anumit număr de ore de funcționare (sau unități de uzaj) și constă în verificarea, repararea sau înlocuirea tuturor componentelor echipamentului, prin demontarea sa completă, fără însă a modifica starea inițială a echipamentelor.

5). Mentenanța preventivă sistematică de **nivelul V**, cuprinde lucrări complexe de mentenanță care au drept scop modernizarea echipamentului respectiv.

5.3.3. Mentenanța preventivă condiționată.

Reprezintă mentenanța legată de evoluția unui simptom caracteristic unui tip de eveniment, care poate fi predeterminat cu ajutorul diferitelor mijloace: diagnostic, măsurarea uzurii, informații primite de la un captator etc.

Această metodă de mentenanță preîntâmpină apariția unor surse suplimentare de avarie, ca urmare a demontajelor, uneori inutile, ale mentenanței preventive sistematice, intervenindu-se în momentul cel mai favorabil. Acest aspect reprezintă aportul dimensiunii **timp**, care îmbogățește mentenanța condiționată în planul ei **preventiv**.

Timpul de mentenanță are structura din fig.5.7.

Operațiile de control și cele de diagnostic, în cazul unei mentenanțe preventive condiționate, însoțesc toată viața echipamentului, ele constituind baza acesteia, și se referă la:

- controlul de calitate, în cursul realizării lor;
- controlul la recepție, înaintea punerii în funcțiune;
- controalele și vizitele reglementate, prescrise în timpul duratei de viață a echipamentului;
- controlul și urmărirea stării echipamentului și supravegherea evoluției începutului unei anomalii;
- controlul calității lucrărilor de mentenanță efectuate.

Această metodă de mentenanță permite asigurarea urmăririi continue a echipamentelor în serviciu, în scopul prevenirii căderilor. Ea nu implică cunoașterea legii de

degradare, decizia intervenției preventive fiind luată atunci când există semnalul de defect iminent sau de apropierea pragului de degradare predeterminat.

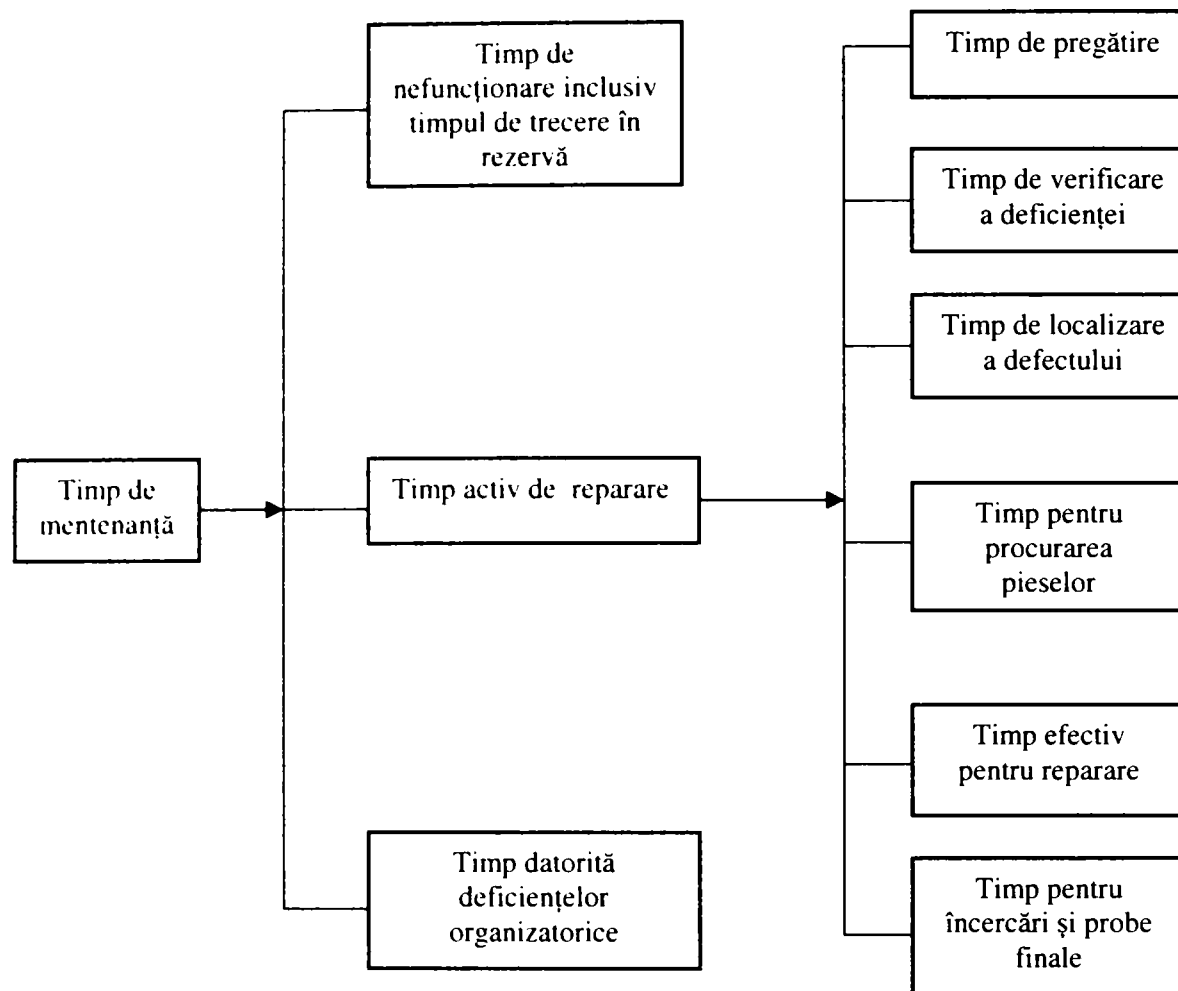


Fig. 5.7. Structura timpului de mentenanță

Prima condiție de punere în practică a mentenanței preventive condiționate, este ca echipamentul să se preteze la această metodă de mentenanță, respectiv să existe o degradare progresivă și detectabilă, și să se poată găsi o corelație între un parametru măsurabil și starea echipamentului. Având în vedere acest aspect, o perioadă de mentenanță preventivă sistematică sau o experimentare este necesară pentru fixarea **pragului de admisibilitate**, de la care o oprire a funcționării (automată sau nu), se impune. Urmărind timpul de reacție și viteza degradării, se va fixa un **prag de alarmă**, înaintea **pragului admisibil** (fig. 5.8).

Fazele mentenanței preventive condiționate sunt:

- detectarea simptomelor de deteriorare a stării echipamentului sau a condițiilor sale de funcționare;
- transmiterea unui semnal de alarmă corespunzător pericolului detectat;
- tratarea și memorarea informației primite;

- diagnosticul cauzelor și evaluarea consecințelor pericolului;
- preconizarea acțiunii imediate sau următoare, având în vedere importanța pericolului și evoluția sa;
- decizia în ceea ce constă acțiunea eventuală și modalitățile sale;
- punerea în practică a deciziei precedente,
- controlul eficienței măsurilor adoptate și, dacă este necesar, ameliorarea procedeeelor.

Simptomele de pericol ale stării echipamentelor se referă la: poziția diverselor organe ale echipamentelor, putând rezulta rupturi sau uzuri progresive; dimensiunea diferitelor organe prin uzură, sedimentări, coroziuni, vibrații, indicații fluidice (presiune, temperatură, debit), compoziții de uleiuri de gresare, de fumuri sau gaze, natura și proporția impurităților etc.

Mijloacele practice de detectare a anomaliilor sunt:

a) Detectarea prin om.

Operatorii echipamentelor de producție sunt în general cei mai bine plasați pentru detectarea anomaliilor sub rezerva unei disponibilități, unei instruirii și, nu în ultimul rând, a unei motivații suficiente.

Detectarea prin om prezintă avantajul utilizării simultane a mai multor simțuri și pe acela de a putea continua imediat interpretarea și eventual a adopta decizia optimă.

Omul întâmpină uneori dificultăți în cuantificarea observațiilor sale (în absența instrumentelor de măsură) și, de asemenea, poate fi victima iluziilor de simț, aspecte ce constituie dezavantajele acestui mijloc de detectare a anomaliilor.

b). Detectarea cu ajutorul echipamentelor de control.

Mijloacele sau echipamentele de detectare și supraveghere a anomaliilor pornesc de la simplele aparate și instrumente de metrologie, până la metodele moderne de control nedistructiv.

Considerăm că aplicarea metodei mentenanței condiționate impune realizarea în prealabil a unui studiu, fazele acestuia fiind următoarele:

1). Clasificarea echipamentelor, ținând cont de importanța riscurilor de avarie.

Criteriile ce pot fi luate în considerație pentru realizarea acestei clasificări sunt: securitatea persoanelor și a bunurilor, costurile indisponibilității sau degradării funcționării, incidentele necifrabile etc.

Un istoric al incidentelor constatate poate servi ca bază în efectuarea clasificării, dar se pot lua în considerare și o analiză și o estimare a tuturor altor riscuri potențiale.

2). Gruparea echipamentelor pe grupe omogene.

Diversitatea echipamentelor din cadrul unei unități industriale, impune în prealabil, gruparea acestora în grupe omogene, ținând cont de caracteristicile tehnice și de funcționare ale acestora.

3). Cercetarea mijloacelor de diagnostic pentru fiecare grupă.

Este vorba de inventarierea tuturor simptomelor detectabile și a mijloacelor de sesizare ale acestora. În această fază se impune consultarea firmelor producătoare și a celor specializate în domeniu.

4). Elaborarea variantelor inițiale.

Acestea pot să difere prin numărul *punctelor* controlate, frecvența de control, mijloacele de sesizare și tratare a informațiilor.

5). Compararea variantelor stabilite inițial și alegerea variantei finale.

Ținând cont de toate aspectele pe care le impune adoptarea metodei mentenanței preventive condiționate, precum și de implicațiile acesteia pentru alegerea variantei finale, se recomandă utilizarea metodelor de raționalizare a deciziilor multicriteriale, în condiții de certitudine (metoda unității globale, metoda ELECTRE etc.).

6). Implementarea mentenanței condiționate.

În funcție de rezultatele etapei anterioare, se poate decide, fie o soluție globală, fie o aplicare progresivă începând cu soluțiile cele mai ușor de aplicat, ținând cont și de costurile ridicate pe care le implică, în faza de început, această metodă de mentenanță.

7. Controlul

Un control al rezultatelor obținute prezintă un dublu interes. Pe de o parte pentru corectarea eventualelor disfuncționalități, iar pe de altă parte, pentru deciziile viitoare privind extinderea acestei metode de mentenanță, îndeosebi în cazul punerii în practică în mod progresiv.

În general, prin implantarea sistemului de mentenanță preventivă condiționată apare nevoia **telementanței**. Un personal calificat asigură urmărirea întregului echipament, interpretează măsurătorile și decide asupra oportunității intervenției imediate sau la termen.

Făcând o comparație între cele două metode de mentenanță preventivă, distingem:

- diferența fundamentală: data intervenției preventive este prederminată în cazul mentenanței sistematice și determinată atunci când intervine „ alarma”, în cazul mentenanței condiționate:

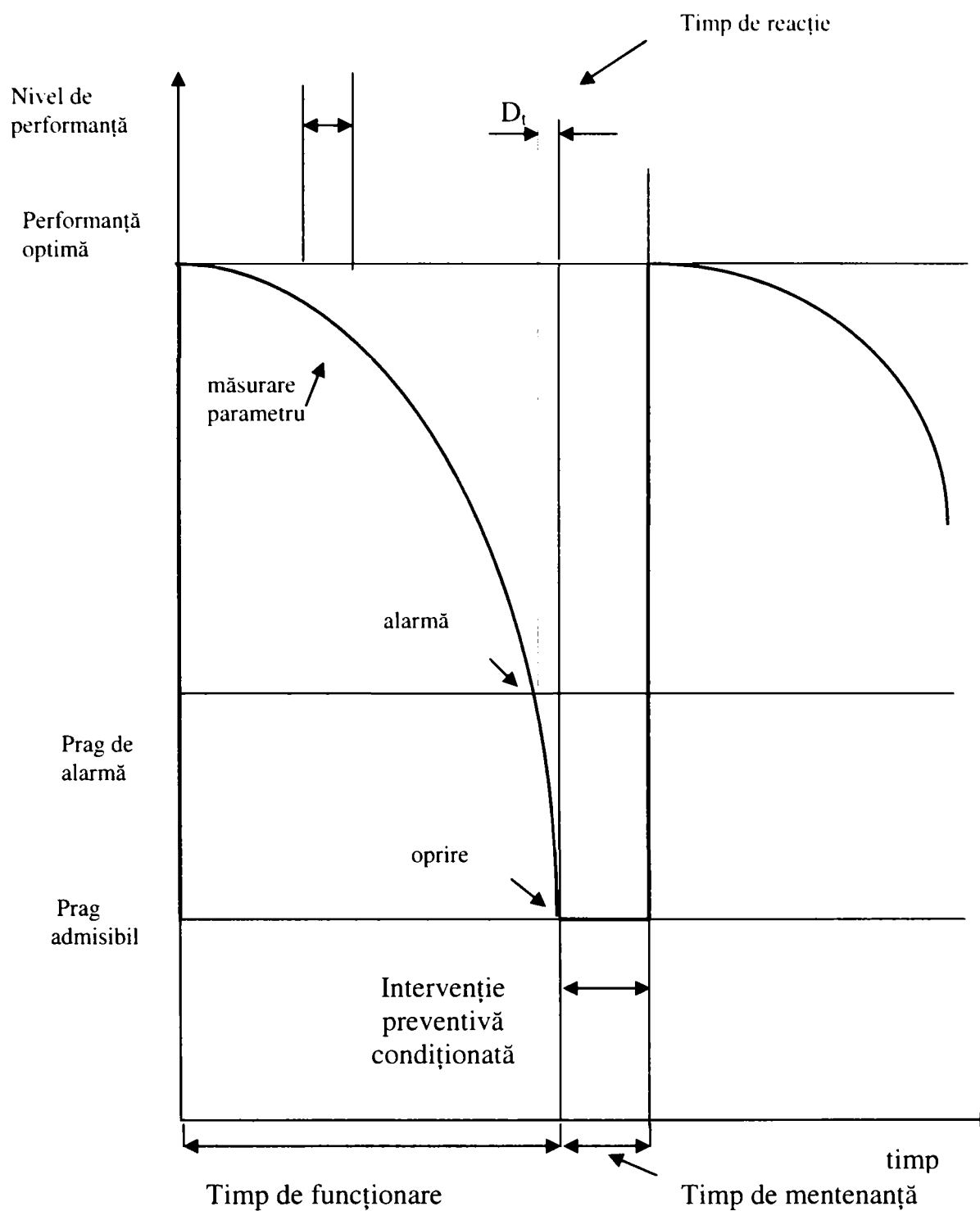


Fig.5.8. Mentenanța preventivă condiționată

- consecințe: prin mentenanța condiționată se utilizează organele (piese, subansamble etc.) la maxima lor posibilitate, însă implică un lanț de telemăsurători

(instrumente, captatori, rețea telematică, centru de supraveghere, tratarea eventuală a informației) greu de pus în practică.

Ca o concluzie, se poate arăta că mentenanța condiționată este o limită către care se face evoluția în mentenanță.

5.3.4. Mentenanța paliativă.

Având în vedere faptul că în multe unități industriale, în momentul actual, parcul de echipamente este „îmbătrânit”, unele echipamente fiind amortizate complet, dar sunt încă menținute în procesul de producție din anumite motive (îndeosebi din cauza imposibilității din punct de vedere financiar a achiziționării unor noi echipamente), se poate utiliza ca o etapă intermediară, de tranziție, metoda de mentenanță paliativă.

Această metodă pune accentul pe menținerea în funcțiune a acestor echipamente, efectuându-se numai acele lucrări absolut necesare realizării acestui obiectiv (în general repunerea în funcționare a acestora, prin înlocuirea sau repararea pieselor sau subansamblelor defecte).

Această metodă de mentenanță se recomandă a se aplica și în cazul unor echipamente industriale depășite din punct de vedere tehnic, cu o uzură morală înaintată, cu randamente scăzute, dar care sunt încă în cadrul duratei normale de funcționare. Plecând de la o regulă generală de management, aceea de adaptare a mijloacelor la nevoi, la realitate, implementarea unei mentenanțe preventive, în aceste situații, nu se justifică din punct de vedere economic.

Ținând cont de experiența în domeniu se recomandă ca în cazul mentenanței paliative, să se realizeze totuși o evidență și o urmărire a cheltuielilor de mentenanță, pentru a nu se ajunge la situația, des întâlnită, când cheltuielile de mentenanță depășesc costul echipamentului (având în vedere, în special, prețul foarte ridicat al pieselor de schimb).

Odată definită o anumită metodă de mentenanță, rămâne de rezolvat problema cea mai delicată, aceea a punerii ei în practică.

Un anumit număr de condiții sunt necesare (în ses matematic) în aplicarea unei metode de mentenanță, însă nici una din aceste condiții nu este suficientă.

Dintre condițiile absolut necesare se pot evidenția următoarele:

1). Voința și înțelegerea managementului de vârf al unității industriale, respectiv:

- ideea clară a funcțiunii de mentenanță, a posibilităților sale și a limitelor sale;

- participarea managementului de vârf la definirea obiectivelor mentenanței și dotarea cu mijloacele necesare;

- admiterea necesității unei investiții inițiale, fără așteptarea obținerii unor profituri imediate;

- exprimarea „voinței de a menține”.

2). Structurile organizatorice compatibile cu funcțiunea de mentenanță sunt:

- echilibrul structural al celor trei funcțiuni tehnice: proiectare, producție, mentenanță;

- centralizarea în compartimentul central a lucrărilor complexe (nivelul IV și V), concomitent cu descentralizarea unor lucrări de mentenanță pe echipe tehnice polivalente;

- dezvoltarea compartimentului *metode-mentenanță și planificare-programare mentenanță*;

3). Incadrarea cu forță de muncă, respectiv:

- consensul personalului în implementarea unei anumite politici de mentenanță;
- efectiv de mentenanță suficient în sensul numărului, structurii și calificării acestuia;

- instruirea personalului și insuflarea noului.

4). Dotarea cu resurse financiare implică:

- Asigurarea unui buget suficient față de obiectivele vizate;
- Posibilități de investiții (de exemplu: trecerea la mentenanța condiționată implică sisteme complexe, foarte costisitoare, de telesupraveghere a echipamentului, informatizarea acesteia, deci investiții mari).

5). Dotarea cu mijloace materiale se realizează prin:

- asigurarea echipamentului adecvat în cadrul compartimentului central de mentenanță;

- dotarea cu utilaje standard și speciale adaptate echipamentului de producție, mijloace de supraveghere, de detectare, de testare, de control nedistructiv etc.

6). Stăpânirea fluxului de informații se asigură prin:

- întocmirea documentelor informaționale: dosarul echipamentului, istoricul acestuia etc;

- definirea procedurilor de intervenții: fișe de constatare, fișe de intervenții, procese verbale de recepție, armonizarea legăturilor *metode-programare- realizare*;

- exploatarea datelor operaționale de: fiabilitate, disponibilitate, costuri etc.;

În ceea ce privește punerea efectivă în practică a metodei de mentenanță adoptată, fiecare unitate industrială este confruntată cu problemele sale particulare, însă se pot distinge două metode de reorganizare (forme particulare putând fi dezvoltate), și anume:

a). Implementarea în bloc (sau *chirurgia*).

În acest caz trebuie restructurat compartimentul de întreținere și reparații, pentru a trece la mentenanță în ceea ce privește: definirea obiectivelor, a sarcinilor fiecăruia, informatizarea mijloacelor și procedurilor, instruirea și insuflarea motivației pentru „noutate”, în vederea eliminării rutinei etc.

b). Implantarea progresivă (sau *homeopatia*).

Constă în a selecta un echipament „critic” și a-i aplica un plan de mentenanță preventivă sistematică, iar după aceea una condiționată pentru subansamblurile și componentele la care se pretează.

Procedurile de supraveghere, metodele de intervenții, vor fi dezvoltate progresiv. Apoi planul de mentenanță se va extinde și la alte echipamente, urmărind o ordine de prioritate (dată de exemplu printr-un grafic ABC), acest lucru permițând și o eșalonare progresivă a investițiilor.

Obstacolul major în cadrul unei unități industriale, în dezvoltarea mentenanței este **omul**, privit sub raport relațional și sub raport profesional (prin lacunele sale de instruire). Studiile efectuate au pus în evidență următoarele aspecte [D.04]:

- la nivelul managementului general se constată o necunoaștere a posibilităților oferite de mentenanță, a câștigurilor care sunt posibile de atins, „voința de schimbare” nu este clar afirmată ca prioritară, investițiile sunt amânate în „așteptarea unei conjuncturi mai favorabile”, ceea ce frânează evident mutația întreținere-mentenanță;
- la nivelul responsabililor cu mentenanța: pe de o parte există cadre în vârstă, cu experiență, cu competență tehnică (adesea empirică), dar mai puțin sensibile la aspectele economice a compartimentului. Aceștia sunt excelenți șefi de întreținere, dar puțin motivați pentru a face pasul înainte, pentru a crea o situație de ruptură a rutinei. Pe de altă parte întâlnim cadre tinere, care descoperă noul, fiind deci puțin înclinate să reorganizeze în profunzime compartimentul, activitatea care se desfășura bine și înaintea lor .
- la nivelul tehnicienilor: o lipsă de instruire, puțin sensibilizați de aspectul economic;

- la nivelul muncitorilor: o teamă de schimbare, dificultăți în munca de echipă;
- la nivelul întreprinderii: incompatibilitate între promovarea „stării de spirit a mentenanței” și un model stabilit într-un cadru ierarhic prea restrictiv, bazat pe ascultarea ordinelor și pe rapoarte.

Dezvoltarea mentenanței implică participarea sporită și responsabilă a tuturor membrilor unității.

Capitolul 6

METODE ȘI MODELE UTILIZATE ÎN OPTIMIZAREA DECIZIILOR ÎN MENTENANȚĂ

6.1. Cunoașterea echipamentelor și a comportamentului acestora

În vederea creșterii eficienței activității de mentenanță este necesară cunoașterea fenomenelor de defectare a utilajelor industriale în ansamblu, precum și a diferitelor componente ale acestora.

Experiența arată că defectiunile utilajelor sunt inerente chiar și în situațiile în care acestea au fost bine proiectate, construite, controlate și utilizate.

Prin cădere sau defectare se înțelege încetarea aptitudinii unui produs de a-și îndeplini funcția specifică.

Clasificarea defectărilor se poate face după mai multe criterii și anume:

a) Din punct de vedere al cauzei distingem:

➤ defectări datorită utilizării necorespunzătoare a echipamentelor, care apar ca urmare a unor solicitări care depășesc posibilitățile admise ale produsului. Acest tip de defectiuni nu caracterizează produsul și nu se ia în considerare la calculul fiabilității.

➤ defectări datorită unor deficiențe inerente provenite de la greșeli ascunse de proiectare, execuție, montaj etc;

➤ defectări datorită uzurii, care prezintă o probabilitate mai ridicată de apariție pe măsura trecerii timpului.

b) Din punct de vedere al caracterului apariției:

➤ defectarea bruscă, care constă în modificarea practic instantanee a caracteristicilor produsului respectiv, ea nu poate fi anticipată printr-o observație anterioară;

➤ defectarea progresivă, care constă într-o degradare lentă a caracteristicilor de calitate a componentelor produsului, și care poate fi prevăzută printr-o observație anterioară.

c) Din punct de vedere al intensității de manifestare deosebim:

➤ defectarea parțială, care are ca efect îndeplinirea numai a unora din funcțiunile de bază ale produsului. Se manifestă prin ieșirea din clasa de precizie a utilajului sau realizarea parțială a misiunilor;

➤ defectarea totală – care cauzează neîndeplinirea funcției cerute. Se manifestă prin ieșirea din funcțiune completă a utilajului;

➤ defectarea intermitentă, care apare ca urmare a modificărilor accidentale, reversibile ale regimurilor și parametrilor de funcționare a utilajelor;

➤ defectare de degradare, care este progresivă și parțială, conducând în timp la o cădere totală a utilajului.

d) Din punct de vedere al rangului defectarea poate fi:

➤ defectare primară, care nu este cauzată direct sau indirect de căderea altei componente sau produs;

➤ defectare secundară, care este generată de căderea altor componente ale produsului.

e) Din punct de vedere al efectelor produse defectările pot fi:

➤ majore – sunt defectări care împiedică buna funcționare a sistemului;

➤ minore – sunt defectări care nu reduc posibilitatea de utilizare a utilajului.

Apariția defectărilor în diferite etape din viața produselor este diferită. Tipică este evoluția de tip „cadă de baie” (fig.6.1).

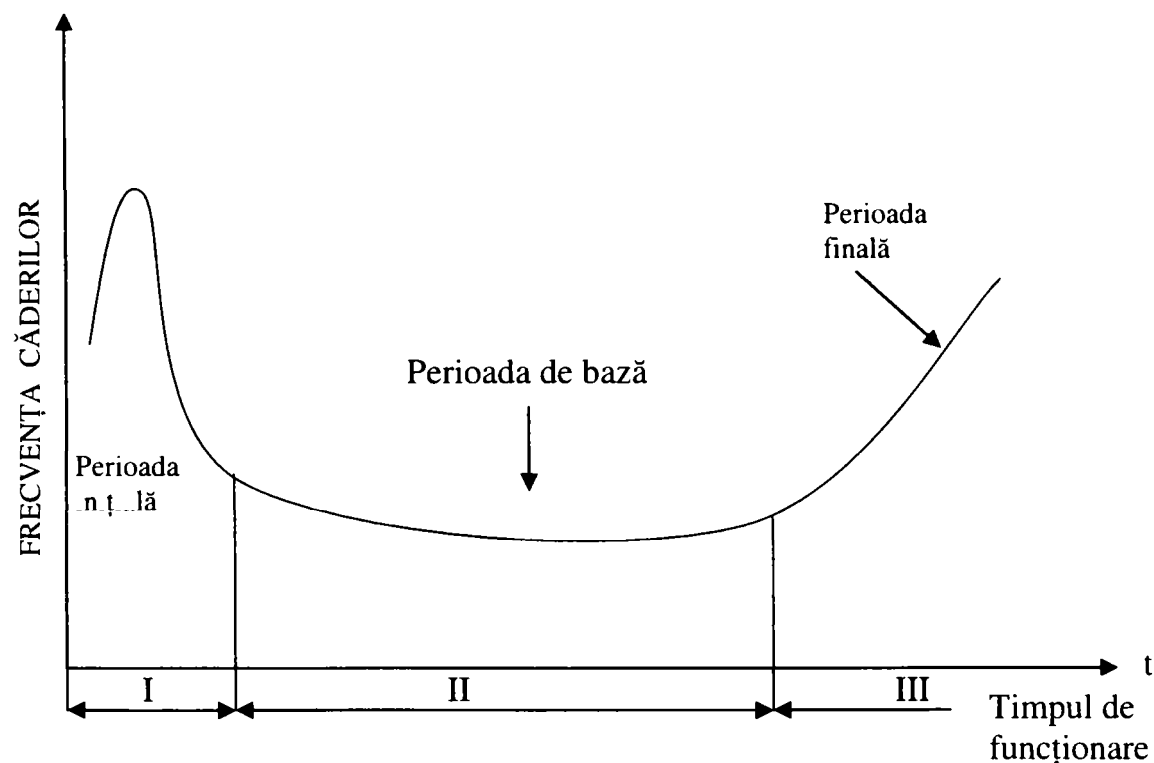


Fig.6.1. Cazul tipic al evoluției defectiunilor în timp (curba „cadă de baie”).

Perioada de rodaj se caracterizează printr-o rată a căderilor mai ridicată, datorită viciilor ascunse de fabricație ale utilajului. Din acest motiv anumite utilaje se livrează beneficiarilor după o perioadă inițială de rodare, în care utilajului i se fac ultimele „retușuri”, perioadă în care echipamentele sunt puse în funcțiune în condițiile nominale specificate de proiectant. Metoda de mentenanță practică în această perioadă este cea corectivă.

Perioada de bază (maturitate) este perioada principală de funcționare, cu durata cea mai lungă. Căderile în această perioadă au o frecvență redusă și sunt relativ constante în timp. În această perioadă se face studiul de fiabilitate al utilajelor deoarece acestea funcționează cu un randament maxim. Politica de mentenanță practică în această perioadă este cea preventivă.

Perioada finală (bătrânețea) se caracterizează printr-o rată mare a defectărilor datorită uzurii accelerate a componentelor utilajelor. Metoda de mentenanță care se aplică în această perioadă este mentenanța paliativă, în încercarea de a prelungi viața utilajului. Însă pentru multe echipamente industriale această perioadă nu se atinge în practică, mai ales când acestea funcționează intermitent, uzându-se moral înaintea acestei perioade.

Duratele celor trei perioade de „viață” variază în funcție de tipul echipamentului. Comparativ, se constată că pentru componentele electrice perioada a doua poate să fie mai lungă, pe când pentru componentele mecanice poate să fie redusă, în funcție de prezența sau absența fenomenului de uzură.

Cunoașterea acestor defecțiuni (căderi) în urma cărora componentele nu mai pot să-și îndeplinească una sau mai multe funcțiuni de bază prevăzute, precum și elaborarea unor măsuri de preîntâmpinare și de înlăturare ale acestora implică, înainte de toate, analiza complexă a lor și stabilirea criticității acestor căderi.

În vederea analizei căderilor și a orientării atenției spre cele considerate critice se poate utiliza metoda AMDEC.

6.2. Analiza modului de defectare, a efectului și criticității – AMDEC

6.2.1. Definiția și noțiunile de bază utilizate în AMDEC

Metoda AMDEC constă în cercetarea sistematică a influenței elementelor defecte asupra celorlalte componente, precum și asupra siguranței în funcționare a echipamentelor. Metoda permite determinarea pericolelor potențiale și stabilirea măsurilor pentru reducerea probabilității de apariție a defectelor și de eliminare sau diminuare a influențelor acestora. În aplicarea metodei se ține seama de diferitele rate de defectare și de cauzele lor.

AMDEC este o metodă de analiză, care încearcă să pună în comun competențele grupurilor de muncă implicate într-un proces de producție, în vederea elaborării unui plan de măsuri ce au ca scop creșterea nivelului calitativ al produselor, proceselor de muncă și a mediilor de producție [V.07].

Această metodă constă într-o analiză sistematică a modurilor de defectare posibile, cu stabilirea cauzelor și a efectelor lor, precum și în stabilirea aspectelor critice ale defectelor. Metoda cercetează mijloacele pentru cunoașterea și evitarea cauzelor defectărilor sau pentru minimizarea consecințelor acestora.

Obiectivele metodei AMDEC sunt următoarele:

- identificarea punctelor critice ale unui utilaj;
- determinarea cauzelor generatoare ale disfuncționalității componentelor utilajului;
- analiza efectelor asupra mediului ambiant și a siguranței în funcționarea echipamentului;
- stabilirea unor acțiuni corective de evitare a cauzelor de apariție a defectelor;
- conceperea unui program de îmbunătățire a calității produselor și a mentenanței;
- asigurarea unui nivel optim de comunicare între compartimentele de muncă, între persoane și nivelele ierarhice.

Obiectivul fundamental al metodei AMDEC constă în elaborarea planului de îmbunătățire a activității de mentenanță.

6.2.2. Etapele metodei AMDEC

Etapele principale ale aplicării practice a acestei metode sunt :

- 1) Delimitarea și numerotarea pașilor.
- 2) Denumirea componentei utilajului și descrierea pe scurt a funcțiilor sale.
- 3) Formularea ipotezelor privitoare la natura defectării, acest pas constă în luarea în considerare pentru fiecare element a tuturor defectelor posibile.
- 4) Prezentarea cauzei posibile pentru tipul de defect presupus. Această etapă este utilă pentru a calcula probabilitatea de apariție a defectului și pentru a stabili măsurile de protecție necesare.
- 5) Descrierea simptomelor prin care se manifestă defectul, cât și posibilitățile de localizare a acestuia.
- 6) Descrierea efectelor pe care le are defectul în privința siguranței în funcționare a utilajului și a îndeplinirii funcțiilor pentru care a fost proiectat.
- 7) Descrierea măsurilor luate pentru diminuarea probabilității de defectare și a influenței pe care îl are aceasta asupra utilajului.

8) Estimarea importanței defectului presupus asupra siguranței în funcționarea utilajului.

9) Determinarea probabilității (sau a ratei) de defectare, ținând seama de cauzele de apariție a defectului.

10) Elaborarea planului cuprinzând măsurile de eliminare a defectului.

Aplicarea practică a metodei AMDEC, prin parcurgerea etapelor prezentate, se realizează de către o echipă multidisciplinară formată din reprezentanți ai compartimentelor de producție, asigurarea calității și mentenanță.

Pentru determinarea criticității defectului este necesară cuantificarea următorilor factori:

a) *Frecvența de apariție* a defectului (F), care exprimă probabilitatea de apariție a acestuia. În tabelul 6.1 este prezentat un mod de apreciere a acestui factor în funcție de media timpului de bună funcționare (MTBF).

Tabelul 6.1 [V.07]

Descrierea criteriului	Coefficient de apreciere (F)
Utilajul se defectează o dată la mai mult de 3000h de funcționare (MTBF>3000h)	1 - 2
Utilajul se defectează o dată la 2000 – 3000h de funcționare (2000h<MTBF<3000h)	3 - 4
Utilajul se defectează o dată la 1000 – 2000h de funcționare (1000h<MTBF<2000h)	5 - 6
Utilajul se defectează o dată la 500 – 1000h de funcționare (500h<MTBF<1000h)	7 - 8
Utilajul se defectează o dată la mai puțin de 500h de funcționare MTBF<500h	9 - 10

b) *Gravitatea defectului (G)* exprimă amploarea efectului defectării și se poate exprima prin media timpului de reparații (MTR). Un exemplu de apreciere a indicelui G este prezentat în tabelul 6.2.

c) *Detectabilitatea defectului (D)* exprimă probabilitatea de determinare a cauzei de apariție a defectului. Un exemplu de apreciere a detectabilității D este prezentat în tabelul 6.3

Pe baza celor de mai sus, valoarea criticității defectului se determină cu ajutorul relației:

$$C = F \cdot G \cdot D \quad (6.1)$$

Tabelul 6.2 [V.07]

Descrierea defectului	Coeficient de apreciere (G)
MTR<1h	1 - 2
1h<MTR<8h	3
8h<MTR<16h	4
16h<MTR<32h	5
32h<MTR<48h	6
48h<MTR<64h	7
64h<MTR<72h	8
MTR>72h	9 - 10

Tabelul 6.3 [V.07]

Descrierea criteriului	Coeficient de apreciere (D)
Defecțiuni de funcționare detectată automat	1
Defecțiuni de funcționare detectată în urma analizei produsului pe mașină	2 - 3
Defecțiuni de funcționare detectată în urma analizei produsului pe rampa de control	4 - 5

Dificultatea aplicării în practică a metodei AMDEC constă în aprecierea corectă a celor trei factori F,G, D, aceasta putându-se realiza numai prin conducerea și consultarea istoricului defecțiunilor utilajului

Aspectele practice ale analizei modului de defectare, a efectelor și criticității desprinse în cadrul studiului întreprins la S.C. „METALICA” S.A. Oradea sunt prezentate în studiul de caz C din cap. 9.

6.3. Controlul statistic al funcționării utilajelor. Grafice de control

6.3.1. Definiție și obiective

În vederea sporirii eficienței acțiunilor de mentenanță preventivă este necesară dotarea utilajelor cu aparate de măsură și control menite să furnizeze informații privitoare la parametrii funcționali ai acestora. Unul dintre mijloacele de realizare a acestui obiectiv îl constituie graficul de control statistic.

Controlul statistic al funcționării utilajelor reprezintă o metodă de urmărire dinamică a nivelului parametrilor tehnici de funcționare a utilajelor și a calității produselor obținute, bazată pe procedee statistice de eșantionaj și analiza mediei și dispersiei de valori [V.07].

Metoda facilitează cunoașterea stării componentelor unui echipament prin observarea parametrilor de funcționare indicați de aparatura de control, oferind informațiile necesare pentru determinarea momentului optim de reglare sau înlocuire a unei componente a utilajului. Prin această metodă se asigură o activitate de mentenanță mai eficientă care conduce la o creștere a calității produselor.

Întocmirea graficelor de control al funcționării utilajelor se poate realiza prin utilizarea datelor statistice obținute în urma determinării mediilor, amplitudinilor sau diferențelor între parametrii luați în considerare.

6.3.2. Etapele de aplicare a metodei

Întocmirea graficului de control se realizează prin utilizarea calculului statistic și implică parcurgerea următoarelor secvențe:

1. Observarea procesului

În această etapă se urmărește evoluția în timp a fenomenului prin observarea variației parametrilor calitativi ai produselor obținute, iar prin măsurarea și consemnarea parametrilor de funcționare la anumite intervale de timp se construiește graficul de control. Etapa se continuă cu calculul valorii medii X_m a caracteristicii fenomenului urmărit, cu ajutorul formulei

$$X_m = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (6.2)$$

în care:

X_i — reprezintă valoarea caracteristicii unui element

n — reprezintă numărul de elemente luate în calcul

Pasul următor constă în determinarea amplitudinii R exprimată prin diferența dintre valoarea maximă (X_M) și cea minimă (X_m) a caracteristicii fenomenului urmărit, folosind relația:

$$R = X_M - X_m \quad (6.3)$$

Ultimul pas din cadrul acestei etape constă în reprezentarea grafică a celor doi indici. În fig. 6.2 s-a realizat reprezentarea doar pentru valoarea medie a fenomenului urmărit.

2. Calculul valorilor necesare reprezentării grafice.

Calculul celor patru limite, respectiv limita superioară de control a mediei ($L_{sc_{X_m}}$), limita inferioară de control a mediei ($L_{ic_{X_m}}$), limita superioară de control a amplitudinii (L_{sc_R}) și limita inferioară de control a amplitudinii (L_{ic_R}) se face astfel:

$$L_{sc_{X_m}} = T_s - B \cdot \bar{R}$$

$$L_{ic_{X_m}} = T_i + B \cdot \bar{R}$$

$$L_{sc_R} = C \cdot \bar{R}$$

$$L_{ic_R} = D \cdot \bar{R}$$

în care:

T_s reprezintă valoarea tolerată maximă

T_i reprezintă valoarea tolerată minimă

\bar{R} reprezintă media amplitudinii

B,C,D reprezintă coeficienți în funcție de numărul de exemplare dintr-o selecție, care conform STAS 3160-84 au valorile din tabelul 6.4.

Tabelul 6.4

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
B	0,802	0,772	0,750	0,736	0,722	0,711	0,702	0,694	0,680	0,676	0,672
C	4,12	2,99	2,36	2,22	2,12	2,04	2,199	1,94	1,90	1,87	1,87
D	0,00	0,04	0,10	0,16	0,21	0,26	0,29	0,32	0,36	0,38	0,40

3. Realizarea de acțiuni preventive

Graficul de control întocmit ne furnizează informații privitoare la valoarea parametrilor funcționali ai echipamentului și a calității produselor oferind posibilitatea detectării anomaliilor de funcționare.

4. Ameliorarea procesului

Ameliorarea procesului se poate realiza prin modificarea valorilor limitelor de control. Succesul metodei depinde de numărul eșantioanelor cercetate cât și de corectitudinea calculelor efectuate.

6.3.3. Reguli de verificare a reglajelor

În funcție de repartizarea valorilor pentru X_m și R se pot trage următoarele concluzii:

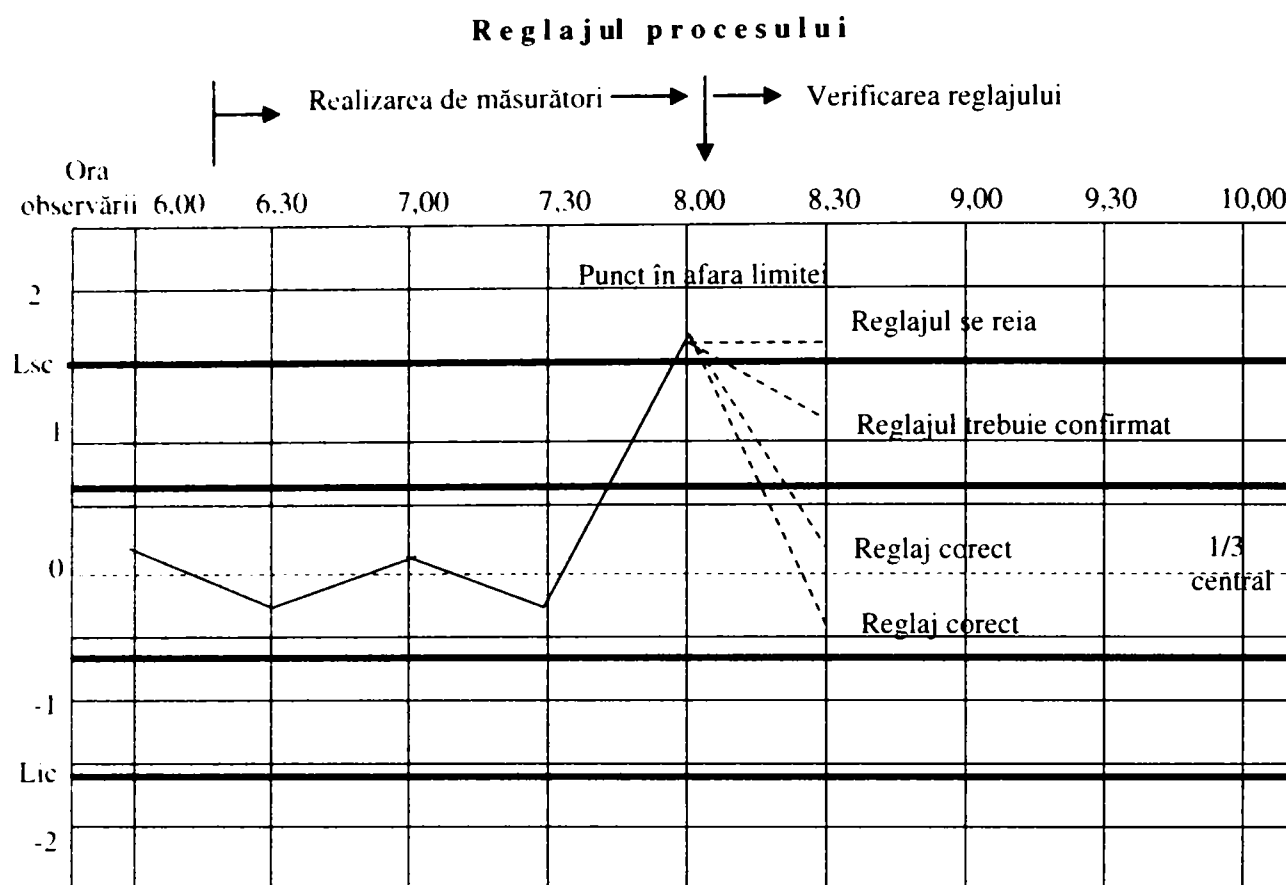


Fig. 6.2 Reguli de verificare a reglajelor [V.07]

a) Dacă valorile mediei probelor X_m se află între cele două limite de control $L_{sc_{X_m}}$ și $L_{ic_{X_m}}$, procesul tehnologic se consideră stabil ca reglaj, iar dacă valorile mediilor depășesc aceste limite, procesul este instabil ca reglaj.

b) Dacă valorile amplitudinilor R se află între cele două limite de control L_{sc_R} și L_{ic_R} se consideră că procesul tehnologic este stabil ca precizie. Dacă valorile depășesc limita superioară procesul instabil ca precizie; dacă valorile se situează sub limita inferioară de control L_{ic_R} înseamnă că mașina, utilajul sau procesul tehnologic sunt prea precise față de operația pe care o execută, respectiv se utilizează un utilaj neeconomicos.

c) Dacă valorile X_m și R depășesc limitele $L_{sc_{X_m}}$, $L_{ic_{X_m}}$, L_{ic_R} atunci procesul este instabil atât ca reglaj cât și ca precizie.

În cazul instabilității procesului tehnologic este necesară efectuarea unei analize, în scopul stabilirii cauzelor care determină instabilitatea, cu precizarea măsurilor necesare îndepărtării ei.

Instabilitatea reglajului poate apare dacă: mașina nu este pusă la punct, scula este uzată, materia primă nu este omogenă de la lot la lot sau reglajele sunt incorect realizate.

Instabilitatea preciziei este cauzată de următorii factori: utilajul are un grad de uzură avansat, personalul de servire este necalificat, materia primă este neomogenă chiar în cadrul aceluiași lot.

6.4. Rețeaua tehnică și umană a mentenanței (RTUM)

6.4.1. Definiție și obiective

Funcționarea corespunzătoare a unei firme, realizarea obiectivelor cuprinse în previziunile sale nu este posibilă doar prin contribuția sistemului decizional, care constituie sistemul său nervos, ci este necesar ca acesta să fie dublat de un sistem informațional ce oferă materia primă informațională necesară în stabilirea de conexiuni între diferite compartimente sau persoane. Un mod de realizare a acestui deziderat îl constituie analiza „Rețelei Tehnice și Umane a Mentenanței” (RTUM).

Diagrama RTUM este o metodă de management a ansamblului de relații, activități, proiecte și informații specifice unei funcții a întreprinderii [V.07].

Prin această metodă se urmărește identificarea activităților desfășurate în cadrul compartimentului de mentenanță, a legăturilor sale cu compartimentul de producție, cu precizarea rolului tuturor factorilor implicați.

Prin această metodă se urmărește găsirea răspunsului la întrebările privitoare la:

- Identificarea și clasificarea activităților de mentenanță.
- Precizarea factorilor implicați în activitățile de mentenanță.
- Stabilirea necesarului de informații menit să asigure îndeplinirea obiectivelor mentenanței și stabilirea procedurilor informaționale.
- Perfecționarea sistemului informațional și a personalului implicat în activități de mentenanță.
- Îmbunătățirea metodelor și mijloacelor de transmitere a informațiilor.
- Evaluarea efectelor schimbării comportamentale a unuia dintre factorii implicați asupra rezultatelor de ansamblu a funcției de mentenanță.


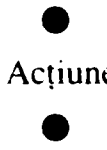




În concepția care stă la baza acestui mod de analiză, mentenanța este privită ca un ansamblu alcătuit din activități (conducere, mentenanță preventivă și corectivă), informații (banca de date a mentenanței, sistemul informațional și cel de comunicare), precum și din proiecte de investiții și de ameliorare a acesteia..

În vederea realizării diagramei RTUM este necesară stabilirea contribuției fiecărui factor implicat în realizarea obiectivelor funcției de mentenanță, precum și a aspectelor legate de cantitatea de informații vehiculată între aceștia.

6.4.2. Simbolistica diagramei

La întocmirea diagramei se utilizează simbolurile prezentate în tabelul 6.5 [V.07].

Tabelul 6.5

Simbol	Semnificație	Descrierea semnificației
	Operație	Acțiune sau activitate realizată sau nu pe un document, de o persoană / compartiment care recepționează sau emite o informație (de ex.: cere o intervenție, completează un raport de intervenție etc).
 Acțiune	Acțiune	Execuție (de către un mentenor sau o persoană responsabilă) a acțiunii, definită printr-o informație primită, realizată fizic sau real pe un echipament sau subsansamblu.
	Control	Acțiune de verificare a unei informații sau a unei acțiuni.
	Stocare, arhivare	Aranjare și clasificare definitivă a informațiilor în cadrul fiecărui compartiment de muncă.
	Așteptare	Așteptare a unei informații sau a rezultatului unei acțiuni.
	Decuplare	Acțiune de emisie a unei informații noi, ca urmare a unei activități realizate sau a unei informații primite.

Sensul de parcurs al informațiilor privitoare la elementele reprezentate în diagramă prin aceste simboluri este marcat prin arce uni sau bi-reționale care facilitează înțelegerea sistemului de relații..

6.4.3. Elaborarea diagramei RTUM

Etapele care sunt parcurse la întocmirea diagramei RTUM sunt următoarele:

1. Stabilirea obiectivului urmărit din cadrul procesului analizat.
2. Identificarea factorilor implicați în procesul studiat.
3. Precizarea acțiunilor necesare în vederea realizării obiectivului stabilit.
4. Precizarea relațiilor între factorii implicați în cadrul procesului.
5. Întocmirea diagramei RTUM.
6. Analiza relațiilor existente între factorii implicați în cadrul procesului.
7. Evaluarea rezultatelor analizei și elaborarea măsurilor de îmbunătățire a activității de mentenanță.

Constatările desprinse, în plan acțional-practic, în cadrul studiului întreprins, pe tema rețelei tehnice și umane a mentenanței RTUM la S.C. „ÎNFRĂȚIREA” S.A. Oradea sunt înfățișate în cap. 9 la studiul de caz E.

6.5. Analiza cauză – efect.

6.5.1. Obiectivele metodei „5M”

Cauza și efectul sunt termeni care desemnează un anumit tip de relație de determinare. Între cauză și efect se stabilește un raport de necesitate. Cauzele produc întotdeauna celeași efecte numai dacă acționează în aceleași condiții, variabilitatea condițiilor mijlocește variabilitatea efectelor.

Asigurarea unui management performant al mentenanței echipamentelor nu poate fi conceput fără o integrare a acestuia alături de fiabilitatea echipamentului și de disponibilitatea la nivel de sistem. Având în vedere faptul că procesul de mentenanță în sine este un proces condiționat de o multitudine de factori, pentru a putea efectua o analiză cauză-efect completă se recomandă utilizarea metodei „5M”, frecvent utilizată în managementul calității.

Obiectivele metodei sunt cele care vizează:

➤ construcția mentenanței echipamentelor, înțelegând prin aceasta identificarea ansamblului de componente fizice și de activități care concură la realizarea obiectivelor procesului de mentenanță;

➤ asigurarea procesului de mentenanță, care înglobează ansamblul informațiilor prin care este garantată construcția mentenanței.

Analiza cauză-efect, modelată pe principiile metodei „5M” are drept scop creșterea nivelului calității activității de mentenanță, având drept componente elementele din fig. 6.3, respectiv: Mâna de lucru, Mijloacele de muncă, Mediul, Metodele și Materialele.

În lucrările de specialitate sunt prezentate și alte versiuni ale metodei „5M”, cum sunt:

— Varianta „6M”, care se referă la: Materiale, Metode, Mașină, Manoperă, Mediu, Măsurare;

— Varianta „7M”, care cuprinde: Materiale, Metode, Mașină, Manoperă, Mesaje, Management, Mijloace financiare;

— Varianta „4M + I”, care include: Manoperă, Materiale, Mașină, Metode, Informație.

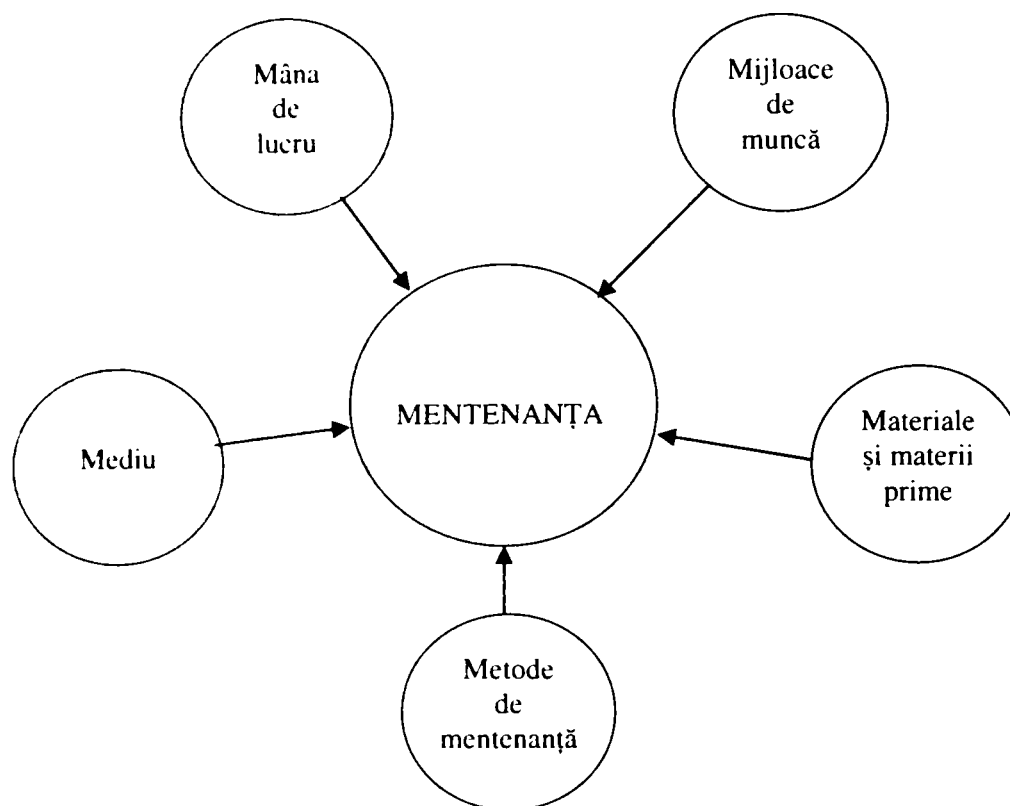


Fig. 6.3. Elementele componente ale metodei „5M”

O analiză completă evidențiază faptul că toate variantele au elemente comune, dar abordarea punctuală poate fi diferită (tabelul 6.6).

Tabelul 6.6

Componente \ Varianta	Mâna de lucru	Mijloace de muncă	Mediul	Metode	Materiale	Măsurare	Mesaje	Management	Informație
5M	•	•	•	•	•				
6M	•	•	•	•	•	•			
7M	•	•		•	•	•	•	•	
4M+I	•	•		•	•				•

6.5.2. Aplicarea metodei.

În vederea aplicării metodei „5M” în domeniul mentenanței este necesară gruparea activităților în cele cinci categorii distincte:

— **M₁** – **mâna de lucru** necesară procesului de mentenanță, care se referă la: operatorii care utilizează echipamentul, operatorii care efectuează mentenanța, planificatorii procesului și terțe persoane care depun activități în cadrul acestui proces;

— **M₂** – **mijloace de muncă** utilizate pentru realizarea mentenanței, constituite din echipamente, sisteme informatice, S.D.V.-uri, standuri de probă;

— **M₃** – **materiale** necesare procesului de mentenanță; aici sunt incluse: piese de schimb, piese de rezervă, materiale pentru întreținere, subansambluri, componente;

— **M₄** - **metodele** de mentenanță, care se referă la sistemul de mentenanță adoptat, precum și la procedeele de mentenanță specifice;

— **M₅** – **mediul** în care se desfășoară activitatea de mentenanță, constituit din spațiile și infrastructura aferentă, care contribuie la procesul de mentenanță, mediul extern care utilizează produsele echipamentelor, ansamblul condițiilor ergonomice.

Această metodă poate fi abordată în contextul spiralei calității a lui J. M. Juran având în vedere următoarele argumente (fig. 6.4):

➤ construcția mentenanței și asigurarea ei sunt procese care se derulează și se modifică în timp;

➤ mentenanța este o componentă a disponibilității echipamentelor;

➤ mentenanța trebuie să asigure un nivel calitativ crescător al produselor.

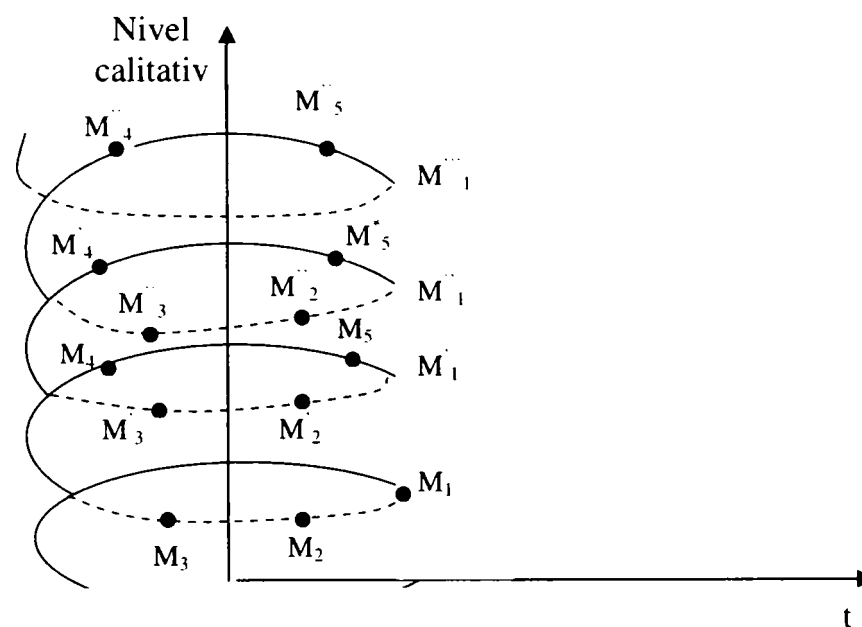
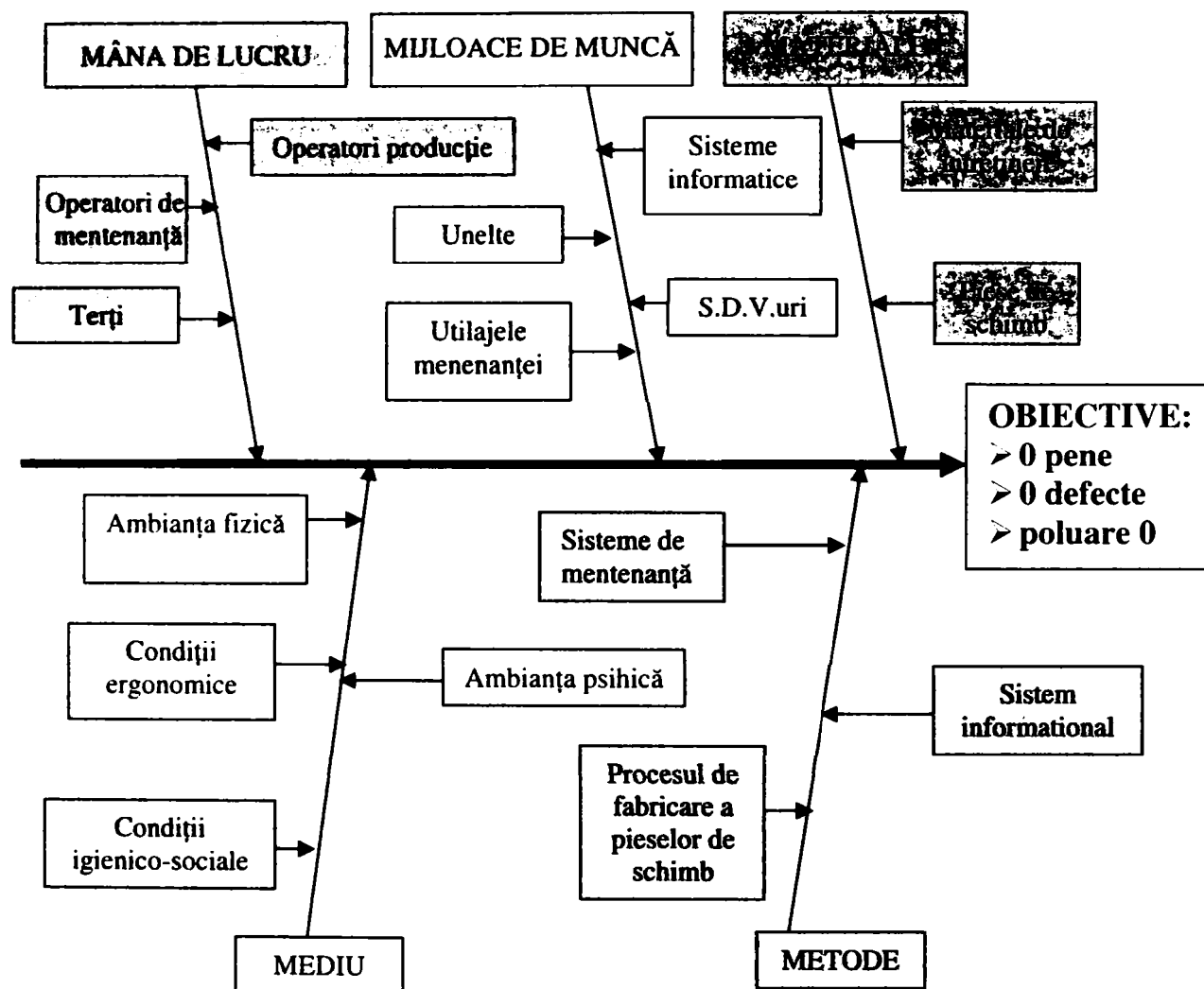


Fig. 6.4 Spirala calității.

Evoluția nivelului calitativ al procesului de mentenanță este condiționat de modul în care managerul reușește să dezvolte componentele metodei 5M. Dacă aceste componente întrunesc condiții optime atunci nivelul calității procesului de mentenanță va avea o evoluție constant pozitivă; cu cât problemele de asigurare a calității vor avea un trend descrescător, cu atât nivelul calității va avea o evoluție mai puțin pozitivă.

Urmărind evoluția spiralei calității a lui J. M. Juran, putem concluziona faptul că analiza cauză-efect poate utiliza variante ale metodei „5M” în funcție de structura procesului de mentenanță.

Un alt mod de abordare a metodei o constituie diagrama Ishikawa prezentată în fig. 6.5.



ASIGURAREA MENTENANȚEI

Fig. 6.5. Diagrama ISHIKAWA a mentenanței

Matricea mentenanței

În vederea asigurării și construcției mentenanței, informațiile privitoare la mentenanță pot fi sintetizate într-o matrice centralizatoare de forma celei din tabelul 6.7, cu scopul de a realiza o evaluare a stadiului de dezvoltare a fiecărei componente.

Tabelul 6.7

ASIGURAREA MENTENANȚEI						
REFERINȚA		EXISTENȚĂ			RESPECTATĂ	
		Necesar	Existent	Adaptat	Respectat	Cu urmări
		1	2	3	4	5
CONSTRUCȚIA MENTENANȚEI	Mediu					
	1. Ambianța fizică					
	Nivelul iluminării					
	Microclimatul					
	Puritatea aerului					
	Nivelul zgomotului					
	Nivelul vibrațiilor					
	2 Ambianța psihică					
	Colorit					
	Muzică funcțională					
	Motivația					
	Colaborarea					
	Interes					
	Variația activităților					
	3. Condiții ergonomice					
	Scaune ergonomice					
	Stative					
	Bancuri de lucru cu dimensiuni reglabile					
	4. Condiții igienico-sanitare					
	Asigurarea spațiului pentru servit masa și odihnă					
Asigurarea apei potabile						
Organizarea vestiarelor						

Matricea oferă unele avantaje în comparație cu reprezentarea prin spirala calității sau prin diagrama Ishikawa, în sensul detalierii informațiilor privitoare la fiecare componentă.

6.6. Arborele de decizie.

Metoda arborelui de decizie se poate utiliza pentru determinarea metodei optime de mentenanță, cu condiția ca operatorii să poată determina cu precizie avariile care apar în timpul funcționării echipamentului.

Pentru a putea întocmi un asemenea arbore de decizie, în prima etapă trebuie stabilite criteriile pe care se bazează acesta. Ele pot fi constituite din:

- natura defectărilor (bruște, progresive, aleatoare),
- rata cumulată a căderilor $\lambda(t)$, [$\lambda(t)$ poate să fie constant pentru echipamentele noi și variabil pentru cele utilizate],
- impactul defectării asupra securității operatorilor.

În funcție de aceste criterii se poate întocmi arborele de decizie.

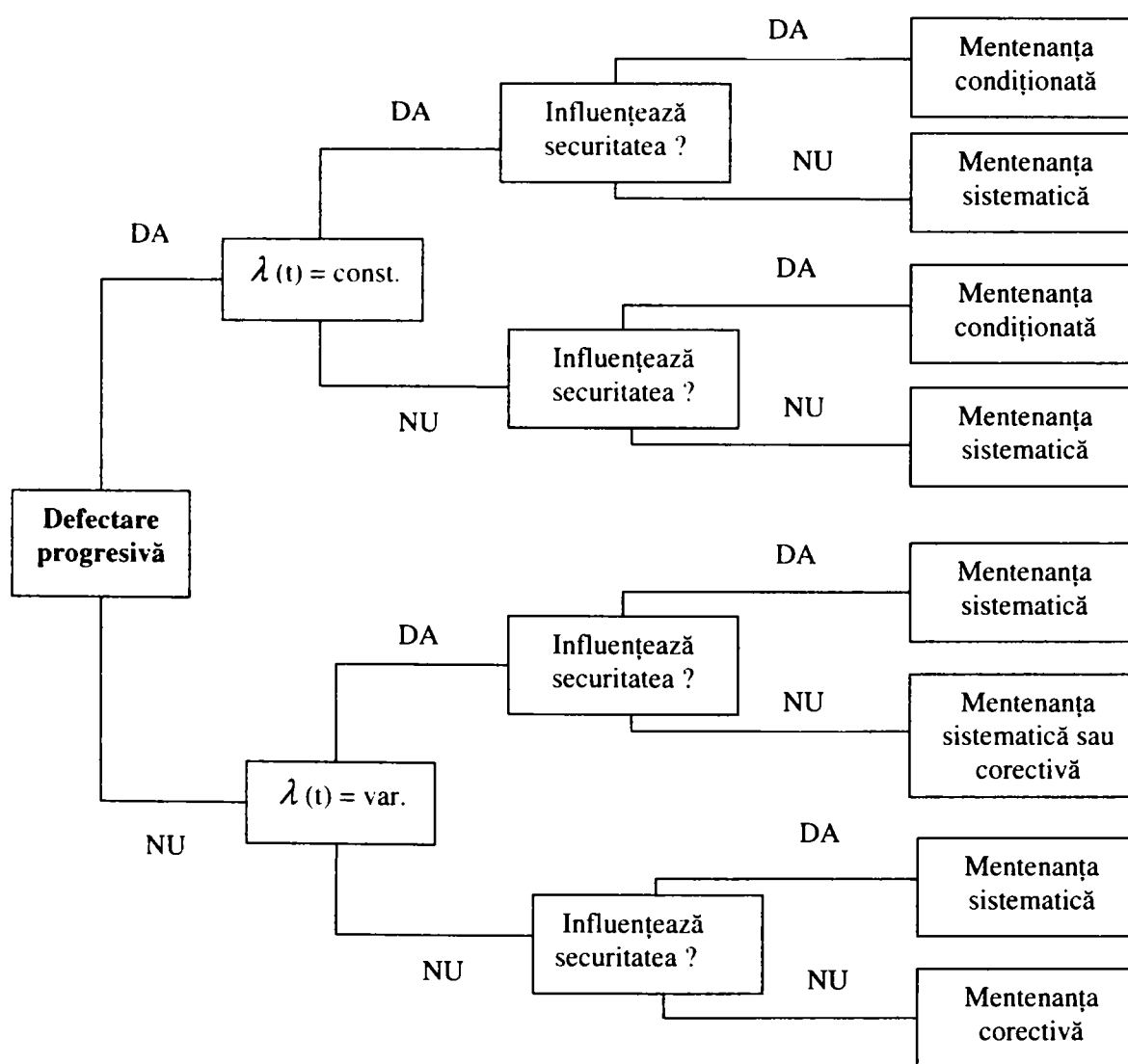


Fig. 6.6. Arborele decizional pentru stabilirea metodei de mentenanță

În cazul unui echipament supus unei defectări progresive, având rata defectărilor $\lambda(t)$ variabilă, cu incidență asupra securității muncii, se aplică mentenanța condiționată, iar în

cazul în care defectarea nu este progresivă, cu rata căderilor constantă și fără incidență asupra securității muncii, se recomandă mentenanța corectivă. În funcție de valorile criteriilor prezentate mai sus, în fig. 6.6 sunt prezentate și alte sisteme de mentenanță posibile a se aplica.

6.7. Arborele de defecțiuni

6.7.1. Definiție și obiective

Alături de metoda AMDEC, arborele de defecțiuni constituie o metodă care permite cercetarea sistematică a cauzelor care determină apariția defectelor și modul în care defectele influențează funcționarea unui sistem. Metoda constă în construirea unei diagrame logice care indică legătura dintre un defect anumit al sistemului și defectele componentelor. Analiza presupune mai întâi o cercetare a modului de funcționare a sistemului, a dependenței acestuia de elementele componente și în același timp stabilirea cauzelor de defectare.

Construcția arborelui pornește de la precizarea condițiilor inițiale de funcționare, în care defecțiunile primare (cele ale componentelor), se consideră evenimente independente care se propagă prin intermediul unei porți logice „sau/și”.

Aplicarea metodei se face parcurgând arborele de sus în jos, de la o defectare a sistemului (defectare secundară) la defectele primare.

Construcția arborelui nu este unică, ea depinde de profunzimea analizei efectuate.

Arborescența defectării are următoarele obiective:

- 1). realizarea operațiilor de analiză și de sinteză a aspectelor privitoare la funcționarea sistemului;
- 2). constatarea stărilor de disfuncționalitate și întocmirea evidenței lor;
- 3). identificarea cauzelor de defectare și a combinațiilor de cauze.

Fiind supus unei metode de analiză, procesul de identificare a cauzelor de defectare se descompune în evenimente elementare, până în stadiul în care:

- cauzele sunt disjuncte, neexistând legături între ele;
- probabilitățile pot fi estimate suficient de precis;
- nu se poate continua descompunerea în evenimente mai simple.

Avantajul metodei constă în faptul că permite identificarea cauzelor inițiale ale defectărilor.

6.7.2. Descrierea metodei

Aplicarea metodei constă, într-o primă etapă, în identificarea secțiilor întreprinderii S_1, S_2, \dots, S_n , urmată de identificarea atelierelor componente A_1, A_2, \dots, A_m din cadrul fiecărei secții (fig. 6.7).

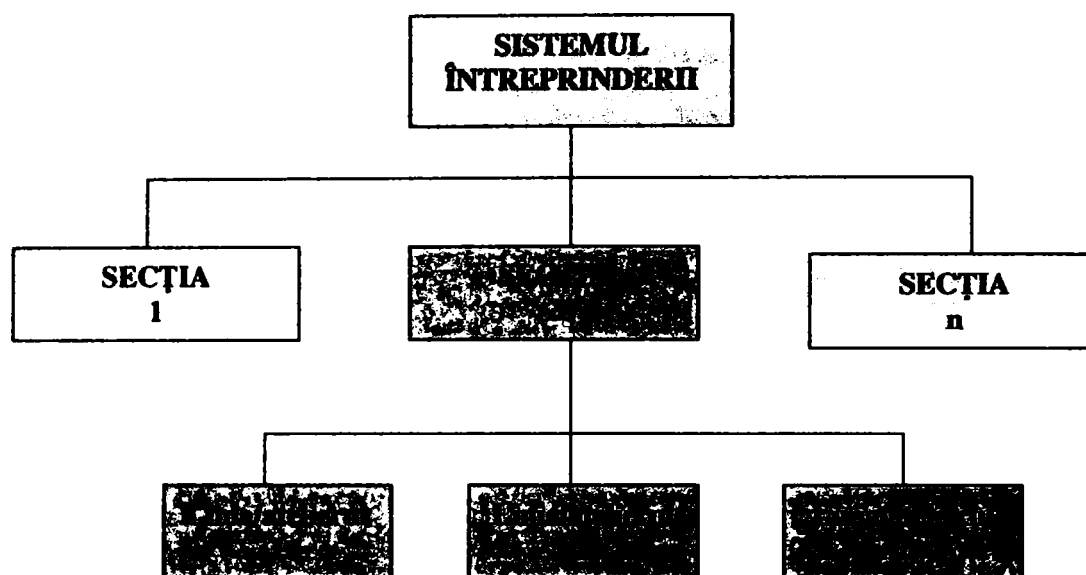


Fig.6.7. Arborescența sistemului întreprinderii

Pasul următor constă în identificarea echipamentelor din dotarea fiecărui atelier, urmată de descompunerea acestuia pe subansambluri (fig. 6.8).

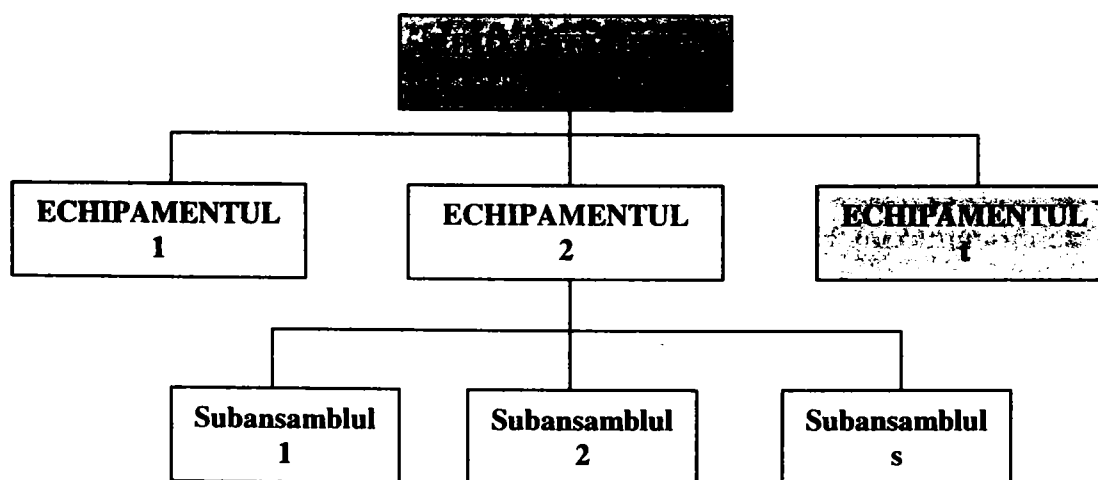


Fig.6.8. Arborescența liniilor / atelierelor pe echipamente și subansambluri

În desfășurarea logică a metodei, se continuă cu descompunerea subansamblurilor, până la nivelul pieselor componente, punându-se în evidență cauzele de defectare.(fig.6.9).Utilizarea acestui mod de analiză scoate în evidență faptul că o anumită

cauză de defectare poate fi comună mai multor piese sau subansamble, aspect mai puțin dezvoltat de alte metode.

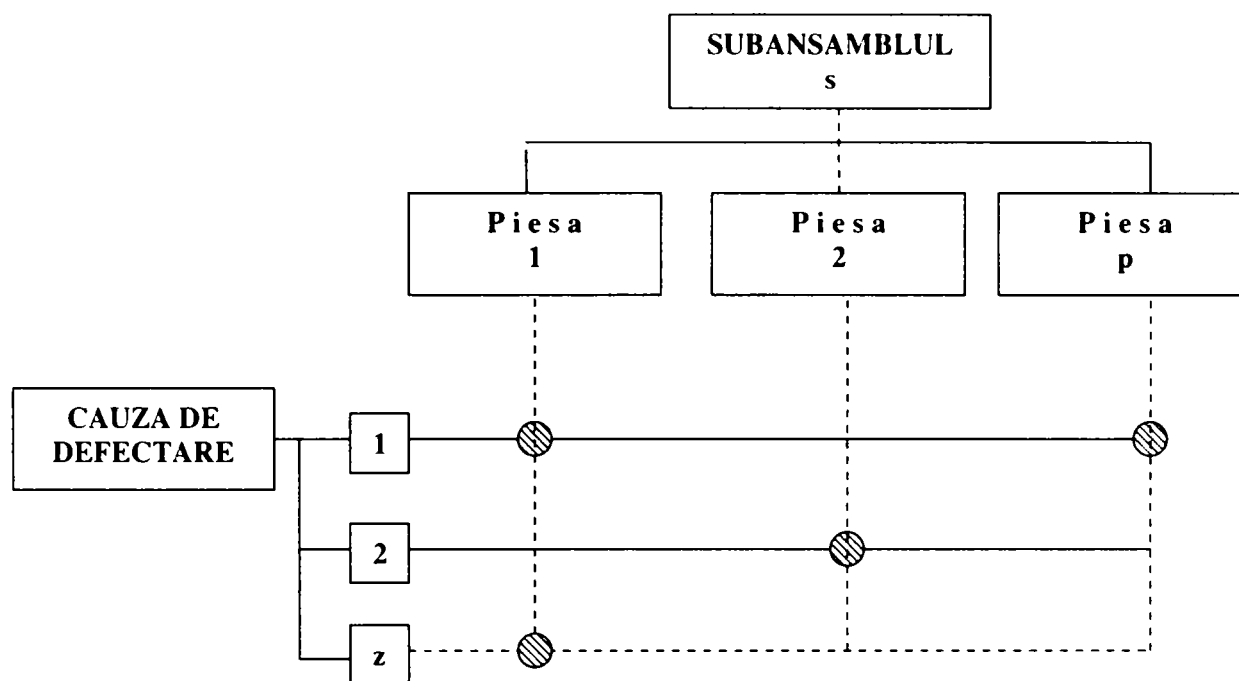


Fig.6.9 Arborescența pe piese și cauze de defectare

Combinarea acestui mod de analiză cu metoda AMDEC conduce la alcătuirea unei „hărți” cauze – efect, care scoate în evidență relația logică între toate cauzele identificate și efectele lor unice sau multiple.

6.8. Metoda Pareto

6.8.1. Obiectivul metodei

Una din metodele cu ajutorul căreia se pot identifica și clasifica cauzele de apariție a defecțiunilor de funcționare ale echipamentelor este metoda Pareto, cunoscută și sub numele de metoda „ABC” sau „80/20”. Diagrama Pareto are ca obiectiv descoperirea cauzelor de apariție a defectelor, bazându-se pe regula „80/20”, potrivit căreia circa 80% din timpul total de indisponibilitate a unui echipament este determinat de 20% din cauze.

Așa cum afirma J.M. Juran în „Calitatea produselor”, „pierderile nu sunt niciodată uniform distribuite pe caracteristici ale calității, întotdeauna neuniformitatea distribuției pierderilor este de așa natură încât un procent redus, respectiv acele câteva caracteristici de calitate de importanță vitală, dețin o pondere importantă în totalul pierderilor de calitate” [J.01].

6.8.2. Etapele de aplicare a metodei

În aplicarea metodei Pareto se parcurg următoarele etape:

1. Identificarea tipurilor de defecțiuni

În prima etapă se extrag din istoricul de funcționare a utilajului principalele defecțiuni, realizându-se o clasificare a lor, în ordinea descrescătoare a timpului de staționare în reparații. așa cum este prezentată în tabelul 6.8.

Tabelul 6.8

Tip defect	Timp de staționare în reparații	Timp cumulat de staționare în reparații	%	Nr. întreruperi	Nr. întreruperi cumulate	%
Defecțiune tip a						
Defecțiune tip b						
.....						
Defecțiune tip j						

Datele obținute se reprezintă grafic ca în fig.6.8.

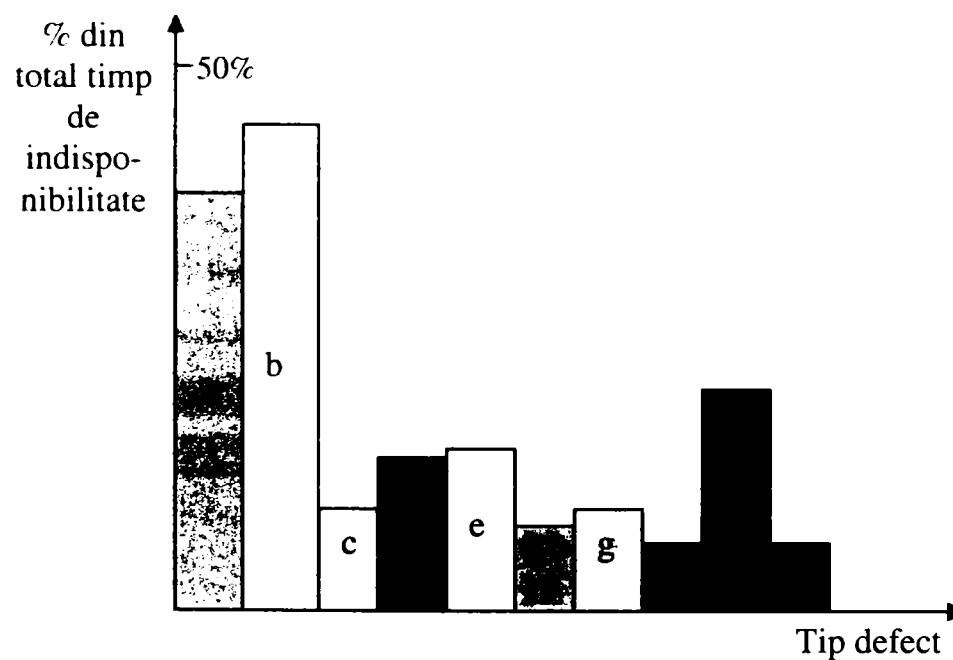


Fig.6.8 Graficul centralizator al indisponibilității, pe tipuri de defecțiuni

2. Clasificarea tipurilor de defecțiuni în funcție de timpul total de indisponibilitate

Analizând datele din tabel constatăm că un număr relativ redus de defecțiuni (20%), conduc la o pondere considerabilă (80%) a timpului de indisponibilitate.

Datele obținute se pot reprezenta sugestiv, ca în figura (fig.6.9).

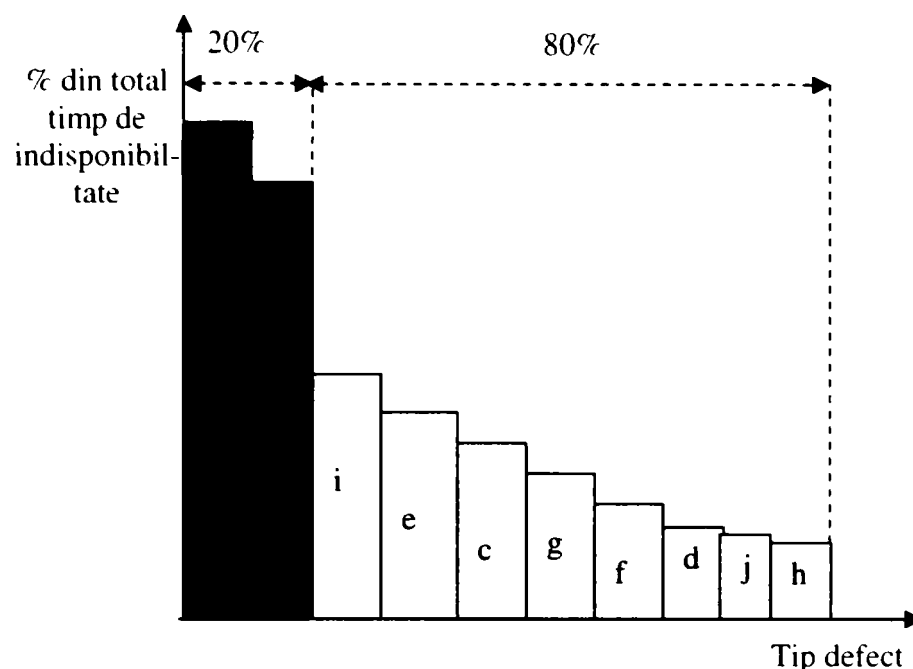


Fig. 6.9 Clasament al tipurilor de defecțiuni

Conform metodei Pareto, varianta ABC, defecțiunile se pot clasifica în trei grupe (fig. 6.10), în funcție de timpul de indisponibilitate, astfel:

— Grupa A cuprinde defecțiuni puține ca număr, dar cu impact puternic asupra funcționării sistemului (arderea motorului de antrenare, deteriorarea ghidajelor datorită unor șocuri, blocarea cutiei de viteze a echipamentului etc.). Înlăturarea acestor tipuri de defecte necesită timpuri substanțiali, ca urmare timpul de indisponibilitate va fi ridicat. Diminuarea timpului de indisponibilitate se poate realiza prin acțiuni preventive între care asigurarea pieselor de schimb.

— Grupa B include defecțiunile care au o frecvență de apariție întâmplătoare și a căror remediere necesită un timp mediu de indisponibilitate.

— Grupa C cuprinde defectele care au un impact minor asupra funcționării sistemului, dar fiind numeroase au influență asupra calității acestuia.

3. Interpretarea rezultatelor și măsuri de remediere

Din analiza graficului (fig. 6.10) recomandă ca procesul de mentenanță să fie structurat pe cele trei zone distincte, astfel:

— Pentru defecțiunile din zona A se vor adopta tehnologii de reparații specifice, între care asigurarea pieselor de schimb, încercându-se eliminarea cauzelor care conduc la apariția lor. Exemplu, în cazul defectării motoarelor electrice se vor depista cauzele care vizează atât aspectele tehnologice cât și cele de exploatare, cum ar fi: reducerea încărcării

motoarele prin redimensionarea regimului de prelucrare, evitarea suprasolicitărilor bruște, evitarea fluctuațiilor de tensiune etc.

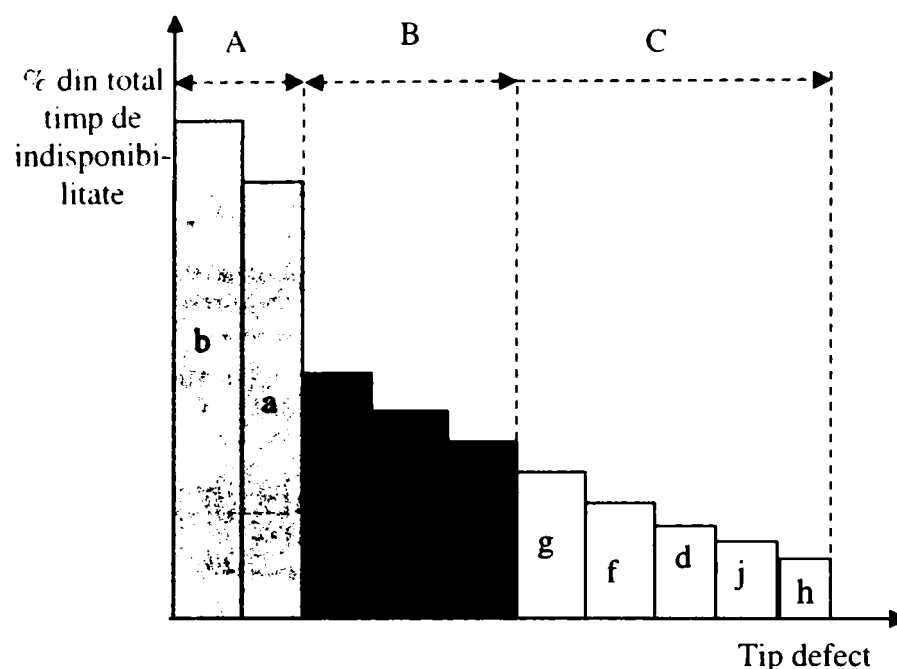


Fig.6.10. Clasament „ABC” al defecțiunilor

— Pentru cele din zona B se va urmări frecvența și structura acestora în vederea elaborării unui program de mentenanță preventivă structurat pe specificul acestor defecte. Echipele de intervenție vor fi instruite să acționeze într-un timp cât mai scurt pentru remedierea lor. Deasemenea, ținând seama de gradul lor de proximitate în timp, se vor transmite informații legate de natura acestor defecte compartimentului de cercetare- proiectare pentru a se face modificările necesare în vederea eliminării lor.

— Defectele din categoria C se vor elimina printr-un program de mentenanță corectivă, aplicat imediat după apariția defectului, program în care vor fi cuprinse atât echipele speciale de mentenanță cât și operatorii acestor echipamente.

În cap. 9 la studiul de caz G, se prezintă modul de identificare prin metoda PARETO a principalelor cauze de apariție a defecțiunilor la utilajele de la S. C. „EUROCONSTIL” S.R.L. Marghita, unitate producătoare a confecțiilor de încălțăminte din piele.

6.9. Matricea de criticitate calitate – securitate – disponibilitate (CSD)

6.9.1. Obiectivele metodei

Matricea CSD cunoscută în literatura franceză sub numele QSD (Qualité –Securité–Disponibilité), iar în cea engleză sub denumirea QSA (Quality- Security- Availability) este o metodă prin care se pun în evidență aspectele critice ale procesului de mentenanță a

sistemelor. Având în vedere creșterea gradului de complexitate a echipamentelor, matricea de criticitate are ca obiectiv identificarea pierderilor unui sistem tehnic, ținând seama de trei criterii distincte privitoare la producție, calitate și mentenanță, pentru care se acordă coeficienți:

1) **Criteriul calitate (C)**, concretizat prin două aspecte:

- calitatea finală a produselor ca rezultat al funcționării echipamentelor;
- procentul timpului de indisponibilitate din totalul timpului de funcționare.

2) **Criteriul securitate (S)**, exprimat prin:

- raportul între frecvența de apariție a defectelor și condițiile de mediu;
- corelații între activitatea echipamentului și normele de protecție în vigoare;
- impactul experiențelor negative asupra întregului sistem de activitate.

3) **Criteriul de disponibilitate (D)**, prin care se extrapolează aspectele punctuale legate de echipament la ansamblul sistemului organizațional, se referă la:

- existența pieselor de schimb necesare asigurării disponibilității;
- impactul întreruperilor asupra rezultatelor finale ale activității firmei;
- frecvența întreruperilor pe diferite cazuri;
- timpii de indisponibilitate ai echipamentului.

6.9.2. Aplicarea metodei CSD.

Având în vedere complexitatea procesului vizat, se recomandă ca metoda să fie aplicată de o echipă multidisciplinară alcătuită din reprezentanți ai compartimentelor producție, mentenanță și asigurarea calității.

Acordarea clasei de criticitate pentru fiecare criteriu C, S sau D, se face prin atribuirea valorilor -1, 0 și 1, astfel:

- valoarea 1 este atribuită în situațiile în care echipamentul nu satisface cerințele impuse de criteriul considerat;
- valoarea 0 se atribuie pentru situațiile în care defecțiunile pot fi prevenite prin inspecții regulate;
- valoarea -1 se acordă în cazul defectărilor cu consecințe neglijabile.

Având în vedere importanța securității, criteriul S se va include în clasa 1 de criticitate la toate echipamentele care nu prezintă garanții de securitate.

În lucrarea „Managementul activității de mentenanță” [V.07] Ion Verzea arată că în legătură cu fiecare echipament se pune problema clasificării sale după o noțiune de drum funcțional, care va căpăta următoarele aspecte de criticitate:

- drum critic de securitate (DCS), dacă $S = 1$
- drum critic de producție (DCP), dacă $D = 1$
- drum critic de calitate (DCC), dacă $C = 1$
- drum sub – critic de producție (DSCP), dacă $C = 0$
- drum sub – critic de calitate (DSCC), dacă $C = 0$
- drum de defectare tolerată (DDT), dacă C și $D = -1$

Plasarea acestora în matricea de criticitate este prezentată în tabelul 6.9

Tabelul 6.9[V.07]

Disponibilitate	Securitate	Calitate C		
	S = 1	Inacceptabil	De controlat	Neglijabil
D	Inacceptabil	DCP / C	DCP	DCP
	De controlat	DCC	DSCP / C	DSCP
	Neglijabil	DCC	DSCC	DDT

În urma acestei analize urmează ca utilajul să fie încadrat într-una din aceste categorii. În condițiile situării utilajului pe un drum critic se recomandă efectuarea unei analize de tip AMDEC.

6.10. Optimizarea deciziilor în mentenanță folosind algoritmul simplex

În stabilirea politicii de mentenanță ne conducem după principiul potrivit căruia nu există o metodă general valabilă de mentenanță, ci pentru fiecare echipament industrial se adoptă o politică de mentenanță particulară, care constă în realizarea unui compromis tehnico-economic de optimizare, ținând seama de obiectivele generale ale întreprinderii și de obiectivele ce revin mentenanței industriale.

În alegerea metodei de mentenanță va trebui să se țină seama de clasificarea echipamentului în funcție de criticitatea sa, de fiabilitate, de costurile directe de mentenanță cât și de costurile indirecte de indisponibilitate a echipamentului în cazul unor defecțiuni accidentale.

Criteriile pe baza cărora vom alege metoda de mentenanță sunt:

- vechimea echipamentului;
- interdependența acestuia în producție;
- costul echipamentului;

- complexitatea echipamentului;
- proveniența acestuia;
- robustețea echipamentului;
- regimul de lucru;
- consecința unei căderi asupra producției;
- termenul de execuție.

În condițiile în care concurența dintre societăților comerciale industriale este din ce în ce mai dură, problema stabilirii de către acestea a programelor de fabricație a pieselor de schimb cu mijloace proprii a devenit de mare importanță. Prin determinarea unui program optim de fabricație se înțelege stabilirea unui program care să asigure, cu mijloacele materiale și umane de care dispune unitatea, un criteriu de optimizare cum ar fi: beneficiu (profit) maxim, cheltuieli minime, costuri minime, etc. În continuare prezentăm cazul în care se alege drept criteriu de optimizat « profitul », folosind algoritmul simplex.

Modelul matematic al unei probleme de programare liniară este în general de forma:

$$1) \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} di, \quad i = 1, \dots, m$$

$$2) \quad x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, m$$

$$3) [\max] \text{ sau } [\min] z = \sum_{j=1}^n c_j x_j,$$

Orice restricție de forma 1), care nu e de tip egalitate, poate fi adusă la forma unei egalități, fie prin adăugarea unei mărimi pozitive, fie prin scăderea unei asemenea mărimi.

În descrierea și justificarea algoritmului simplex, ne vom referi inițial la forma standard a modelului de programare liniară, în care funcția de eficiență trebuie să devină maximă. Acest model are forma următoare:

$$\sum_{j=1}^n x_j a_j = b \quad (6.4)$$

$$(M) \quad x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6.5)$$

$$[\max] z = Cx = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (6.6)$$

Să presupunem că dispunem de o soluție realizabilă de bază a modelului notată cu X , soluția pe care o putem considera, fără a micșora generalitatea raționamentelor care urmează, corespunzând bazei formate din vectorii a_1, a_2, \dots, a_n , baza însăși fiind notată cu B . Pentru sistematizarea calculelor, toți vectorii coloană $a_j, j = 1, 2, 3, \dots, n$, precum și vectorul b al termenilor liberi, în baza B , se pot trece într-un tabel de forma tabelului care urmează:

Tabelul 6.10

C_B	B	b	c_1	c_2	***	c_n
			a_1	a_2	***	a_n
c_1	a_1	x_1	γ_{11}	γ_{12}		γ_{1n}
c_2	a_2	x_2	γ_{21}	γ_{22}		γ_{2n}
*	*	*	*	*		*
*	*	*	*	*		*
*	*	*	*	*		*
c_m	a_m	x_m	γ_{m1}	γ_{m2}		γ_{mn}
	Z_j	--	Z_1	Z_2	***	Z_n

Astfel baza este trecută pe coloana marcată cu B , componentele fiecărui vector a_j , $j = 1, 2, \dots, n$ se găsesc în tabel pe coloanele corespunzătoare acelor vectori. Pentru uniformitate, în tabel sau notat și componentele vectorilor din bază sub forma generală, deși ei apar în particular ca vectori unitari.

Conform notațiilor folosite în tabelul 6.10, vom avea următoarele formule de descompunere a vectorilor folosiți:

$$b = \sum_{k=1}^m x_k a_k, \quad (6.7)$$

$$a_j = \sum_{k=1}^m \gamma_k a_k, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6.8)$$

Ținând seama de forma vectorială a sistemului de restricții (6.4) relația (6.7) arată existența soluției de bază:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_m; 0, 0, \dots, 0)'$$

realizabilă conform ipotezei făcute. Pentru a exprima mai sugestiv faptul că componentele vectorului b , în baza B , sunt egale cu componentele bazice ale soluției X , vom nota cu X_B vectorul coloană m -dimensional, ale cărui componente sunt egale cu componentele bazice ale acestei soluții, în ordinea indicată de baza B folosită:

$$X_B = (x_1, x_2, \dots, x_m)'$$

cunoscând că toate celelalte componente al soluției sunt nule. Analog pentru a putea scrie simbolic un vector oarecare a_j , $j = 1, 2, \dots, n$, exprimat în baza B , vom adopta următoarea

notație: $a_j = (\gamma_{1j}, \gamma_{2j}, \dots, \gamma_{mj})$ el având în general o formă diferită de cea existentă inițial sub formă de coloană a matricei A din modelul M.

Pentru scopuri legate de calculele ce urmează a fi efectuate, un tabel de forma 6.10 mai conține deasupra vectorilor a_j , $j = 1, 2, \dots, n$, coeficienții c_j din funcția de eficiență, ce corespund variabilelor atașate acestor vectori, indicate de această corespondență. De asemenea tabelul conține și o coloană suplimentară C_B , cu coeficienții c_j corespunzători variabilelor atașate vectorilor din bază. Această din urmă coloană reprezintă sub formă transpusă, un vector linie m -dimensional ce are drept componente acele componente ale vectorului C, ce corespund vectorului din baza B, în ordinea indicată de această bază:

$$C_B = (c_1, c_2, \dots, c_m)$$

În calculele ce urmează a fi prezentate, legate de testarea optimalității sau de îmbunătățirea soluției X, cu ocazia calculelor apar anumite sume, ce pot fi atașate vectorilor a_j , $j = 1, 2, \dots, n$, sume pe care le vom nota convențional prin z_j și care au următoarele expresii:

$$z_j = \sum_{k=1}^m c_k \gamma_{kj}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6.9)$$

Expresia matricială a cantităților z_j este deci următoarea:

$$z_j = C_B \bar{a}_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6.10)$$

Test de optimalitate (criteriu de optim). Dacă pentru o soluție realizabilă de bază X, a unui model de programare liniară, avem $c_j - z_j \geq 0$, $j = 1, 2, 3, \dots, n$, în cazul modelului de maxim, respectiv $z_j - c_j \leq 0$, $j = 1, 2, 3, \dots, n$, în cazul modelului de minim, atunci soluția z este optimă.

Criteriul de îmbunătățire a soluției. Fiind dată o soluție realizabilă de bază X, nedegenerată, a unui model de programare liniară, dacă există cel puțin un indice j , $j = 1, 2, 3, \dots, n$, pentru care să avem $c_j - z_j > 0$ în cazul unui model de maxim, respectiv $z_j - c_j > 0$ în cazul unui model de minim, atunci se poate determina o soluție realizabilă de bază Y, care să dea o valoare mai bună decât X pentru funcția de eficiență, iar baza corespunzătoare Y să difere de baza corespunzătoare soluției X printr-un singur vector.

Pentru a ilustra modul de folosire în practică a formulelor (6.11), (6.12), prezentăm tabelul 6.11, care conține descompunerile vectorilor utilizați în baza B. Conform celor arătate mai sus, vectorul a_j , căruia îi corespundea diferență strict pozitivă, este cel ce urmează să intre în noua bază, fapt indicat printr-o săgeată alăturată coloanei acestui vectori. De asemenea, pe coloana B a tabelului este menționat în mod special vectorul a_i , ce urmează să iasă din bază, fapt ilustrat de săgeata ce se găsește în dreptul lui.

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_{i-1}, 0, y_{i+1}, \dots, y_m, 0, 0, \dots, 0, y_j, 0, \dots, 0)' \quad (6.11)$$

$$y_k \geq 0 \quad k=1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, m \quad (6.12)$$

$$y_i = \frac{x_i}{\gamma_{ij}} \quad (6.13)$$

$$y_k = x_k - y_i \gamma_{kj} = x_k \frac{\gamma_{ij}}{\gamma_{kj}} \quad \text{pentru } k=1, 2, \dots, i-1, i+1, i+2, \dots, m \quad (6.14)$$

Tabelul 6.11

C_B	B	b	c_1	c_2	***	c_m	***	c_j	***	c_n
			a_1	a_2	***	a_m	***	a_j	***	a_n
c_1	a_1	x_1	γ_{11}	γ_{12}	***	γ_{1m}	***	γ_{1j}	***	γ_{1n}
c_2	a_2	x_2	γ_{21}	γ_{22}	***	γ_{2m}	***	γ_{2j}	***	γ_{2n} *
*	*	*	*	*		*	*	*		
*	*	*	*	*		*	*	*		*
*	*	*	*	*		*	*	*		*
c_j	$a_i \uparrow$	x_m	γ_{i1}	γ_{i2}	***	γ_{im}	***	γ_{ij} ***	***	γ_{in}
*	*	*	*	*		*	*	*		*
*	*	*	*	*		*	*	*		*
*	*	*	*	*		*	*	*		*
c_m	a_m		γ_{m1}	γ_{m2}		γ_{mm}		$\gamma_{mj} \uparrow$		γ_{mn}
z_j			z_1	z_2	***	z_m		z_j		z_n
$c_j - z_j$			$c_1 - z_1$	$c_2 - z_2$		$c_m - z_m$		$c_j - z_j$		$c_n - z_n$

În expresiile (6.13) și (6.14) cu care se pot calcula componentele sau soluții de bază Y, apare în mod deosebit elementul γ_{ij} încercuit în tabelul 6.11.

El se găsește la intersecția coloanei vectorului a_j , ce urmează să intre în bază, cu linia vectorului a_i , ce iese din baza B și este numit „pivot”. Componenta y_i , ce urmează să ia locul componentei x_i , se obține prin împărțirea acesteia la pivot, celelalte componente bazice ale soluției Y determinându-se din tabelul 6.11, prin regula mecanică ilustrată în fig. 6.11, cunoscută sub numele de „regula dreptunghiului”.

După cum s-a menționat în calculele anterioare, vectorul a_i nu a fost încă precizat, fixarea lui făcându-se cu ajutorul condiției (ce nu a fost încă pusă) ca soluția Y să fie realizabilă. Astfel reluând relațiile (6.12), în care folosim expresiile (6.13) și (6.14), va trebui să avem:

$$\frac{x_i}{\gamma_{ij}} \geq 0 \quad (6.15)$$

$$\frac{x_k \gamma_{ij} - x_i \gamma_{kj}}{\gamma_{ij}} \geq 0, \quad \text{pentru } k = 1, 2, \dots, i-1, i+1, \dots, m \quad (6.16)$$

Deoarece prin ipoteză avem $x_i > 0$, inegalitatea (6.15) impune condiția $\gamma_{ij} > 0$, adică pivotul trebuie să fie strict pozitiv. În ceea ce privește inegalitățile (6.16), ținând seama de concluzia precedentă, precum și de faptul că x_k și x_i sunt pozitive, aceste inegalități sunt evident verificate pentru toți indicii k , pentru care $\gamma_{kj} \leq 0$. Rămâne să impunem aceste inegalități pentru acei indici k , pentru care $\gamma_{kj} > 0$.

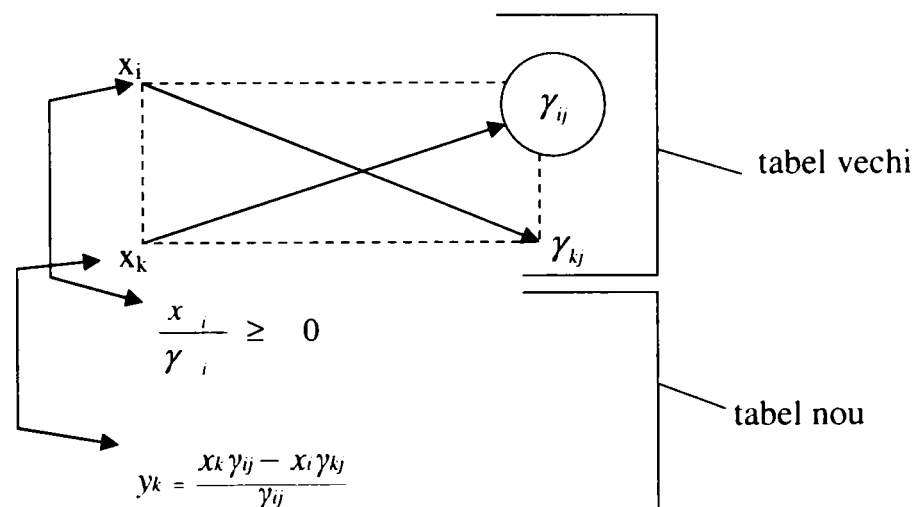


Fig.6.11. Regula dreptunghiului

Notând cu K mulțimea indicilor k , pentru care $\gamma_{kj} > 0$, pentru indicii din această mulțime, inegalitățile corespunzătoare se pot pune sub forma următoare:

$$\frac{x_i}{\gamma_{ij}} \leq \frac{x_k}{\gamma_{kj}}, k \in K$$

ceea ce înseamnă că indicele i , corespunzător vectorului a_i , ce urmează a fi eliminat din baza B , se poate determina cu ajutorul relației:

$$\frac{x_i}{\gamma_{ij}} = \min_{k \in K} \left\{ \frac{x_k}{\gamma_{kj}} \right\} \quad (6.17)$$

Pentru aplicarea în practică a relației (6.16), se atașează tabelului 6.11 o coloană suplimentară notată cu θ , în care se trec rapoartele dintre componentele soluției X și componentele corespunzătoare ale vectorului a_j , ce intră în bază, rapoarte ce se calculează numai pentru componente strict pozitive de pe coloana a_j . Ilustrarea acestor operații se găsește în fig. 6.12 cu observația că acolo unde componenta $\gamma_{kj} \leq 0$ raportul nu se face, iar locul corespunzător de pe coloana θ se barează. Dintre rapoartele ce se află pe coloana θ , ne oprim la cel mai mic, acesta indicând linia vectorului a_i , ce urmează a fi eliminat din baza B . Această regulă poartă numele de criteriu de ieșire din bază

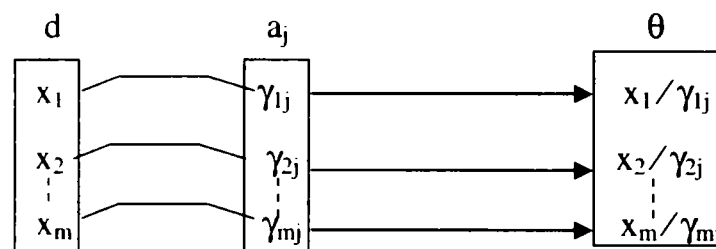


Fig. 6.12 Criteriul de ieșire din bază

Pentru aplicarea practică a metodei descrise, de determinare a unei soluții mai bune Y , este util să se determine și pentru această soluție un tabel de forma tabelului 6.10 pentru a putea continua testarea optimalității (eventual îmbunătățirea) noii soluții. Pentru aceasta, este suficient să observăm că toate calculele efectuate pentru determinarea componentelor vectorului b , în baza B , folosind descompunerea acestui vector în baza B , rămân identice, dacă înlocuim coloana b , prin oricare din vectorii coloanei a_s , evident fără condiții de nenegativitate. Astfel pentru un vector oarecare a_s , $s = 1, 2, 3, \dots, n$, notând cu γ_{ks} componentele lui în baza B , se obțin formule analoge formulelor (6.13) și (6.14), care au următoarea formă:

$$\gamma_{is} = \frac{\gamma_{is}}{\gamma_{ij}} \quad (6.18)$$

$$\gamma_{ks} = \gamma_{ks} - \frac{\gamma_{is}}{\gamma_{ji}} \cdot \gamma_{kj}, \text{ pentru } : k = 1, 2, \dots, i-1, i+2, \dots, m \quad (6.19)$$

Prin urmare noile componente ale unui vector a , se află printr-o regulă asemănătoare cu cea dată pentru determinarea componentelor soluției Y . Etapele necesare pentru rezolvarea unei probleme de programare liniară folosind algoritmul „simplex”, când se dispune de o soluție X , sunt următoarele:

a) Etapa întâi (verificarea optimalității).

Cu ajutorul unui tabel de forma 6.10 se calculează cantitățile z_j , $j = 1, 2, 3, \dots, n$, apoi diferențele $\Delta_j = c_j - z_j$, în cazul modelului de maxim, respectiv $\Delta_j = z_j - c_j$, în cazul modelului de minim. Dacă toate aceste diferențe sunt ne-pozitive, soluția cercetată X este optimă și algoritmul ia sfârșit. În caz contrar se trece la etapa următoare.

b) Etapa a doua (îmbunătățirea soluției).

Aplicând criteriul de intrare în bază, se determină mai întâi un vector a_j , a cărui diferență Δ_j este strict pozitivă, în cazul când există mai multe diferențe de acest fel se alege cea mai mare dintre ele. Apoi pentru aplicarea criteriului de ieșire din bază, se fac rapoartele θ , dintre care cel mai mic determină un vector a_i , ce urmează să părăsească baza. În sfârșit determinând pivotul, formulele (6.13), (6.14), (6.18) și (6.19) ne dau posibilitatea completării tabelului corespunzător noii soluții îmbunătățite.

Aplicarea acestor formule se poate face prin următoarele operații succesive:

- se completează coloana B, cu vectorii ce formează noua bază,
- se împarte linia pivotului la pivot,
- se completează coloanele corespunzătoare vectorilor din noua bază, aceștia devenind vectori unitari,
- se calculează celelalte elemente, aplicând regula dreptunghiului.

Un exemplu privind aplicarea concretă a algoritmului simplex la optimizarea activității de mentenanță, în ceea ce privește producerea cu mijloace proprii a pieselor de schimb pentru unele utilaje din dotarea S.C. „METALICA” S.A. Oradea, este prezentat în studiul de caz J din cap. 9.

Capitolul 7

OPTIMIZAREA ACTIVITĂȚII DE MENTENANȚĂ PRIN COSTURI

7.1. Clasificarea costurilor activității de mentenanță.

Desfășurarea unei activități economice productive la nivelul firmelor, al secțiilor, atelierelor și la locurile de muncă, implică în mod inevitabil consumarea anumitor resurse umane, materiale și bănești, necesare pentru producerea bunurilor materiale. Toate aceste componente sunt generatoare de cheltuieli sub diferite forme și mărimi: consumarea forței de muncă, consumuri de materiale, energie, apă, amortizarea utilajelor și a celorlalte mijloace fixe etc. Aceste cheltuieli localizate pe produse îmbracă forma costurilor.

Costul este o categorie economică ce se manifestă nemijlocit în producția materială, care este direct legată de valoare și de formele de manifestare a legii valorii. Costurile reprezintă totalitatea cheltuielilor exprimate în formă bănească pe care le efectuează firmele, reprezentând consumul de materii prime și materiale, amortizarea mijloacelor fixe și retribuirea personalului, în vederea fabricării și desfacerii unor produse. Costul constituie astfel un indicator sintetic generalizator și reprezintă un criteriu de bază în managementul producției.

Costurile de producție conțin ca o componentă distinctă costurile de mentenanță datorate consumului de factori de producție: manoperă, piese de schimb, costul stocurilor etc.

În compartimentul de mentenanță apar costuri care se pot clasifica astfel:

- după modul de apariție de-a lungul ciclului de viață a utilajului,
- după aria de extindere,
- după modul de proveniență,
- după sistemul de mentenanță adoptat,
- după destinație etc.

7.1.1 Clasificarea costurilor activității de mentenanță după modul de apariție de-a lungul ciclului de viață a utilajului.

Pentru realizarea unei clasificări a costurilor de mentenanță, se folosește o noțiune cu caracter de sinteză numită cost global, care însumează totalitatea costurilor privitoare la un echipament de-a lungul ciclului său de viață. Costul global are următoarea structură:

a) *Costul direct*, care reprezintă costul legat imediat de realizarea activității de mentenanță și cuprinde costurile de manoperă, cel al pieselor de schimb și costul subcontractării.

b) *Costul de oportunitate*, care apare atunci când o resursă (forță de muncă, materiale, utilaj etc) este utilizată într-un anumit mod și se renunță la valoarea care s-ar fi putut obține, pentru a folosi resursa în alt mod. În cazul activității de mentenanță acest tip de cost apare atunci când operatorii de producție execută lucrări specifice de întreținere și reparații.

c) *Costul indirect* este ocazionat de o varietate de factori și nu este legat imediat de activitatea de mentenanță; acest cost se referă la: stocul de siguranță, nerespectarea termenelor, pierderea imaginii de marcă și pentru investiții.

Costul global este un indicator important în luarea deciziei de achiziție sau de înlocuire a unui echipament.

7.1.2. Clasificarea costurilor activității de mentenanță după aria de extindere

După aria lor de extindere costurile de mentenanță se pot evidenția la următoarele nivele:

- ale echipamentului, instalației,
- ale compartimentului,
- ale secției,
- ale întreprinderii.

Cu ajutorul unei bănci de date conținând fișiere destinate acestui scop, cheltuielile sunt evidențiate distinct pentru fiecare componentă ce alcătuiește procesul de producție, oferind avantajul alcătuirii unui istoric al ansamblului activității de mentenanță.

7.1.3. Clasificarea costurilor activității de mentenanță după modul de proveniență.

În vederea realizării clasificării după acest criteriu, se face o analiză a cauzelor indisponibilității utilajelor, evidențiind toate costurile legate de diferitele tipuri de defecțiuni apărute (fig. 7.1).

Această clasificare oferă avantajul de a evidenția cu claritate proveniența costurilor înregistrate în documentele contabile, alături de care trebuie luate în considerare și costurile ascunse între care: consecințele comerciale ale nerespectării termenelor, costul pierderii imaginii de marcă, a demotivării personalului, non-securității etc.

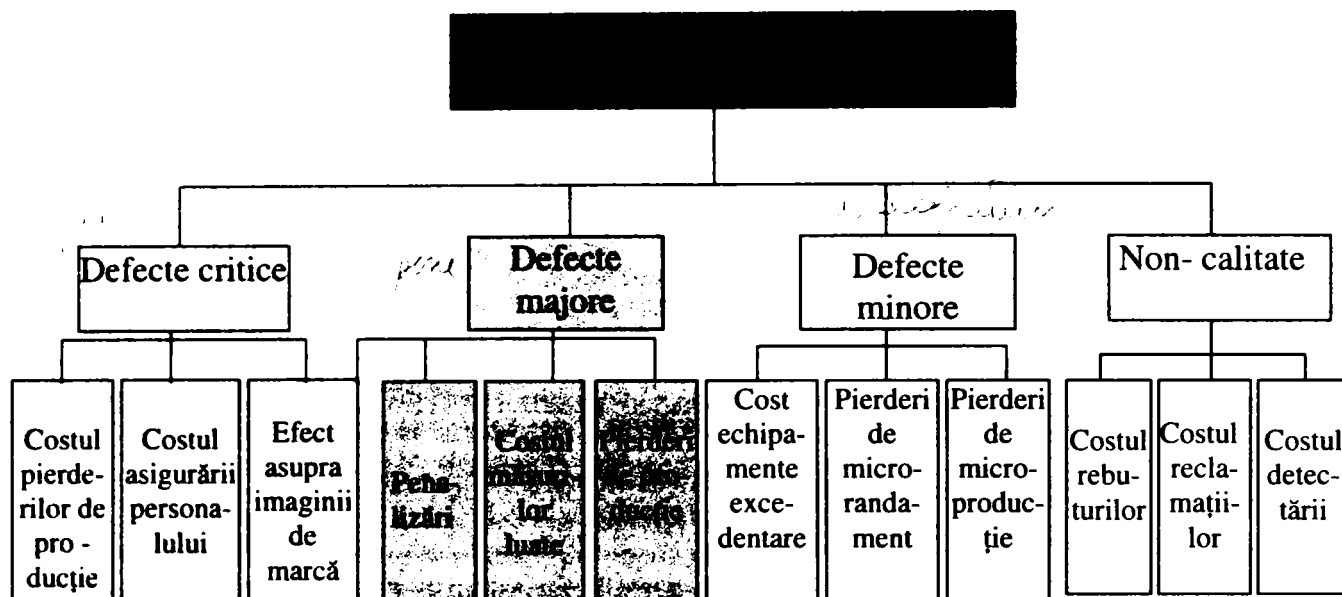


Fig.7.1. Clasificarea costurilor mentenanței în funcție de proveniență (prelucrare după [V.07])

Defectul critic este acel defect care, în urma unei analize sau în baza experienței de utilizare a produsului, se consideră că poate conduce la situații de pericol sau la accidentarea gravă a personalului care utilizează sau deservește produsul, sau poate împiedica în mod esențial îndeplinirea serviciului unui produs final important, situație care se traduce prin compromiterea totală a unei acțiuni de maximă importanță pentru utilizator.

Defectul major este acel defect care, fără a fi critic, poate reduce substanțial funcțiile produsului care îl posedă.

Defectul minor este acel defect care nu reduce în mod esențial posibilitățile de utilizare ale produsului sau care este o abatere de la specificațiile de calitate impuse fără să aibă o influență semnificativă în comportarea produsului în funcționare.

7.1.4. Clasificarea costurilor activității de mentenanță după tipul sistemului de mentenanță

În funcție de politica de mentenanță aplicată și de nivelul tehnologic al întreprinderii, se poate opta pentru o evidență a costurilor activității de întreținere și reparații, realizate distinct pentru activitățile de mentenanță preventivă și corectivă.

7.1.5. Clasificarea costurilor activității de mentenanță după destinație

Fondurile destinate activității de mentenanță se regăsesc în costurile necesare pentru:

- achiziționarea și producerea pieselor de schimb;
- achiziționarea echipamentelor și S.D.V.-urilor necesare activității de mentenanță;
- remunerarea personalului de mentenanță;
- stocarea pieselor de schimb, a combustibililor, lubrifiantilor etc.

Acest tip de evidență asigură posibilitatea cunoașterii în detaliu a costurilor de mentenanță pe diferitele sale componente.

În cele ce urmează prezentăm **analiza de preț** cuprinsă în contractul de mentenanță încheiat între S.C. „INFRĂȚIREA” S.A. cu beneficiarul S.C. „ELECTROCENTRALE” S.A. Oradea, având ca obiect: REPARAȚIE CAPITALĂ STRUNG SN 400x1500 - conform caietului de sarcini.

Nr. crt.	Articol de calculație	U.M.	Valoare lei
1.	Materii prime și materiale	lei	12.732.753
2.	Cheltuieli de aprovizionare	10 %	1.273.275
3.	Cheltuieli materiale (1+2)	lei	14.006.028
4.	Colaborări terți	lei	4.740.000
5.	Manoperă directă	lei	32.622.893
6.	Contribuție CAS	24,5%	7.992.609
7.	Fond sănătate	7%	2.283.603
8.	Fond accidente	0,5%	163.114
9.	Fond șomaj	3,5%	1.141.801
10.	Contribuție ITM	0,25%	81.557
11.	Modele și SDV	lei	0
12.	Regie secție	203,5%	66.387.587
13.	Cost secție (3 – 4 + 5 +...+ 12)	lei	129.419.192
14.	Regie întreprindere	10%	12.941.919
15.	Cost de întreprindere (13 + 14)	lei	142.361.111
16.	Beneficiu planificat	8%	11.388.889
17.	PREȚ PRODUCȚIE (15 + 16)	lei	153.750.000
18.	TVA	19%	29.212.500
19.	TOTAL FACTURĂ (17 + 18)	lei	182.962.500

Se anexează lista cu materialele utilizate pentru reparații, cantitățile utilizate și prețurile lor de producție.

7.2. Factorii de influență a costurilor activității de mentenanță

În cadrul activității de mentenanță un loc important îl ocupă stabilirea costurilor și a factorilor care influențează aceste costuri, în mod direct sau indirect. În multitudinea factorilor de influență sunt numeroase criterii de clasificare, unul dintre acestea fiind nivelul micro sau macroeconomic la care se referă.

7.2.1. Factorii de influență a costurilor activității de mentenanță, de natură macro-economică

Factorii de natură globală care influențează costurile de mentenanță ale unității industriale se află într-o evoluție continuă și depind de:

- evoluția mediului economic și a factorilor de piață;
- politica guvernamentală în domeniul investițiilor;
- mediul politic;
- mediul legislativ;
- starea infrastructurii naționale etc.

Influența directă sau indirectă a acestor factori asupra costurilor activității de mentenanță, având în vedere complexitatea sa, poate fi destul de puternică.

7.2.2. Factorii de influență a costurilor activității de mentenanță, de natură micro-economică

Între principalii factori putem enumera:

- ramura de activitate;
- tipul întreprinderii;
- mărimea întreprinderii;
- natura activității de producție;
- complexitatea procesului tehnologic;
- conținutul și omogenitatea consumurilor de producție;
- volumul fizic al producției;
- structura firmei și forma de organizare;
- standardele de calitate impuse atât produselor realizate, cât și activităților de mentenanță corespunzătoare;
- sistemul de mentenanță adoptat;

- calificarea personalului productiv și de mentenanță;
- tipul de producție (unicat, serie mică, serie mare);
- metoda de organizare a activității de mentenanță adoptată (centralizat, descentralizat sau mixt);
- nivelul de uzură a echipamentelor, utilajelor, instalațiilor, clădirilor;
- motivarea personalului etc.

Fiind unul dintre indicatorii cei mai importanți de caracterizare a firmei, costurile de mentenanță, reflectate în costurile de producție, pot fi orientate prin decizii corespunzătoare astfel încât să nu pericliteze competitivitatea firmei.

7.3. Costurile sistemelor de mentenanță.

Criteriile economice care stau la baza adoptării deciziilor sunt strâns legate de costuri, de determinarea operativă a nivelului acestora. Principiul eficienței economice, așezat la baza procesului conducerii, are în vedere cunoașterea efectelor economice ale cheltuielilor implicate de activitatea de mentenanță.

Informațiile privitoare la cheltuielile și costurile activității de mentenanță sunt valorificate în toate etapele procesului conducerii, începând cu activitatea de planificare și încheind cu cea de recepție a lucrărilor. Calculația costurilor activității de mentenanță îndeplinește rolul de instrument de legătură între două componente: cea materială și tehnică pe de o parte și cea valorică pe de altă parte, fiind un factor de reglare în conducerea operativă. Evidențierea costurilor se poate face pe pe tipuri de mentenanță sau pe utilaj.

Determinarea costurilor sistemelor de mentenanță se realizează cu ajutorul costului total mediu de mentenanță pe unitatea de timp. Ținând seama de faptul că principalele tipuri de sisteme de mentenanță practicate sunt mentenanța corectivă și preventivă, distingem următoarele categorii de costuri:

- Costul total mediu de mentenanță corectivă pe unitate de timp (C_1 , în lei/u.t.).
- Costul total mediu de mentenanță preventivă pe unitate de timp (C_2 , în lei/u.t.).

7.3.1. Costul total mediu de mentenanță corectivă pe unitatea de timp (C_1)

Având în vedere sistemele de mentenanță corectivă existente distingem următoarele categorii de costuri:

➤ **Costul total mediu de mentenanță curativă pe unitatea de timp (C_{11}).**

$$C_{11} = \frac{p + P}{MTBF} \cdot \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (7.1)$$

în care:

p = costul unei intervenții preventive (lei);

P = costul datorat căderii utilajului (lei);

$MTBF$ = media timpului de bună funcționare, respectiv media intervalului de timp dintre două căderi succesive și se exprimă în ore. Acest indicator se determină pe cale statistică.

➤ **Costul total mediu de mentenanță paliativă pe unitatea de timp (C_{12})**

Acest tip de cost se deosebește de cel anterior prin valorile lui p , P și $MTBF$, prin urmare avem:

$$C_{12} = \frac{p + P'}{MTBF'} \cdot \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (7.2)$$

în care:

P' = costul suplimentar, suportat în cazul căderii utilajului;

$MTBF'$ = media timpului de bună funcționare după perioada normată și se exprimă în ore. Acest indicator este mai mic decât valoarea inițială a $MTBF$.

7.3.2. Costul total mediu de mentenanță preventivă pe unitatea de timp (C_2)

În vederea dimensionării activității de mentenanță preventivă pot fi utilizate următoarele categorii de costuri:

➤ costul total mediu de mentenanță sistematică pe unitatea timp (C_{21}):

$$C_{21} = \frac{p + P \times F(t)}{m(t)} \cdot \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (7.3)$$

în care:

$F(t)$ = probabilitatea de defectare a elementului critic considerat în perioada t de serviciu. La sfârșitul acestei perioade va fi necesară o intervenție corectivă.

(în cazul în care $F(t) = 0$)

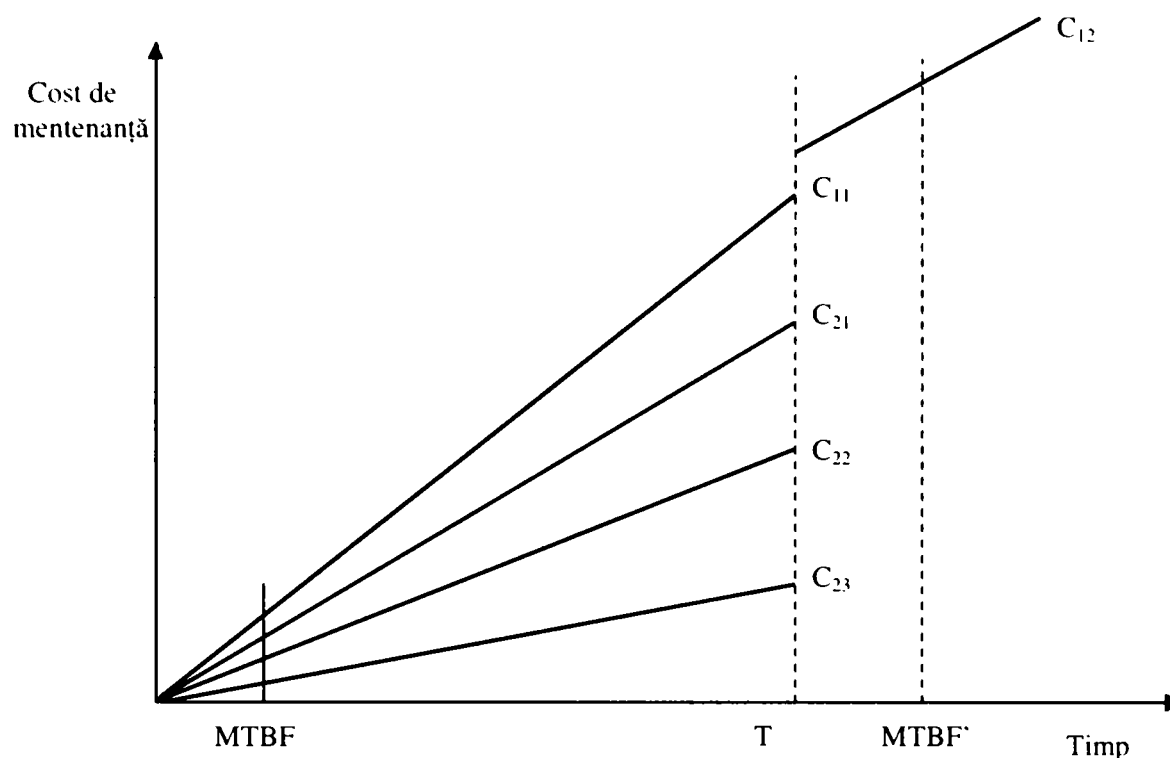


Fig.7.2. Costurile sistemelor de mentenanță [V.07]

$m(t)$ = durata medie de utilizare a elementului critic considerat (în ore). În cazul unei înlocuiri preventive sistematice la sfârșitul perioadei T , se poate exprima ca fiind:

$$m(t) = \int_0^T [1 - F(t)] dt \quad (7.4)$$

Din (7.4) rezultă că durata $m(t)$ este inferioară perioadei T de înlocuire preventivă sistematică. Dacă se ajunge la avarie, ne situăm în cazul mentenanței corective, în care $m(t) = MTBF$.

➤ Costul total mediu de mentenanță condițională pe unitatea de timp (C_{23}):

$$C_{22} = \frac{p + g}{K_c \cdot MTBF}, \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (7.5)$$

în care:

g = costul de aplicare al mentenanței condiționale, exprimat ca sumă a cheltuielilor de achiziționare a captatorilor și senzorilor necesari.

K_c = coeficientul de intervenție condițională, ce crește de regulă $MTBF$

➤ costul total mediu de mentenanță previzionară pe unitatea de timp (C_{25}):

$$C_{23} = \frac{p + g}{K_p \cdot MTBF} , \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (7.6)$$

in care:

K_p = coeficientul de intervenție previzionară, care va mări substanțial MTBF.

În figura 7.2 se prezintă graficul de evoluție a acestor categorii de costuri.

7.3.3. Managementul mentenanței prin costul total mediu de mentenanță pe unitatea de timp

Pentru executarea unor lucrări de mentenanță, de un nivel calitativ ridicat și cu costuri minime, este necesară cunoașterea următorilor factori care influențează costul total mediu de mentenanță pe unitatea de timp:

- costul de înlocuire sau de intervenție preventivă (p);
- costul de intervenție după cădere (P);
- media timpului de bună funcționare (MTBF);
- costul aparatelor de măsură și control folosite în cadrul mentenanței condiționate (g);
- durata normată de utilizare a utilajului considerat (T).

În vederea alegerii politicii optime de mentenanță este utilă reprezentarea grafică a costurilor totale medii pe unitatea de timp, așa cum se prezintă în fig. 7.2; care ne permite formularea următoarelor concluzii:

1) Politica de mentenanță cea mai avantajoasă, sub aspect economic, este cea de tip previzionar, cu condiția ca perioada de utilizare a echipamentului să fie suficient de mare în vederea amortizării echipamentelor suplimentare.

2) Politica de mentenanță cea mai dezavantajoasă din punct de vedere economic este cea curativă, datorită creșterii considerabile a costurilor în timp.

3) Mentținerea în funcțiune a utilajului după depășirea duratei normate de funcționare conduce la creșterea accentuată a costurilor de mentenanță datorită scăderii continue a MTBF'.

4). În condițiile în care echipamentul nu se pretează la dotări cu aparate de măsură și control în vederea aplicării mentenanței condiționate sau previzionare, cea mai avantajoasă metodă de mentenanță din punct de vedere al costurilor este cea sistematică.

5) In cazul utilizării echipamentului pentru o perioadă de timp mai mică decât MTBF, politica de mentenanță cea mai economică este cea curativă, deoarece în această perioadă sunt excluse defectările, din punct de vedere teoretic.

6) Dacă utilajul este menținut în funcțiune după durata normată de utilizare, în condițiile aplicării mentenanței paliative, costurile de mentenanță devin tot mai mari.

Analiza costurilor de mentenanță este prezentată în studiul de caz I din capitolul 9, realizat la S.C. „EUROCONSTIL” S.R.L. Marghita, la o mașină de tip Adller, folosită pentru cusut fețe din piele.

7.4. Costurile ascunse ale mentenanței

Alături de costurile formate din totalitatea cheltuielilor ocazionate de prelucrarea și transformarea materiilor prime și a materialelor în produse finite, a celor pentru achiziționarea și depozitarea stocurilor (materii prime, materiale consumabile, obiecte de inventar, mărfuri, ambalaje etc.) și a cheltuielilor de desfacere (vânzarea produselor, lucrărilor, serviciilor, mărfurilor etc.), oglindite în evidențele contabile, în cadrul firmei apar cheltuieli care nu pot fi evidențiate, datorită caracterului lor ascuns. Cunoașterea lor are importanță datorită influenței pe care o exercită asupra performanței firmei.

Costurile ascunse prezintă o mare varietate, între care amintim:

— *costul non-securității*, datorat lipsei de încredere în privința siguranței în funcționarea utilajelor;

— *consecințele comerciale ale nerespectării termenelor*, apărute ca urmare a nerespectării termenelor prevăzute în contracte;

— *pierderile de productivitate ale utilajelor*, apărute datorită neaplicării politicii optime de mentenanță;

— *pierderea imaginii de marcă*, concretizată în pierderea clienților, datorită nerespectării clauzelor contractuale;

— *pierderile de productivitate a materialelor*, datorate utilizării lor neeconomice, a risipei;

— *pierderile datorate toxicității și noxelor industriale*, apar datorită nerespectării condițiilor de mediu și au drept consecință diminuarea capacităților de muncă ale operatorilor datorită îmbolnăvirii;

— *costul demotivării personalului*, constă în diminuarea interesului operatorilor pentru asigurarea productivității și calității produselor;

— *consecințele comerciale ale non-calității*, apar datorită pierderii unor segmente de piață din cauza nerespectării cerințelor de calitate la unele produse.

Costurile ascunse, neevidențiate în contabilitate în mod distinct, sunt dificil de evaluat datorită caracterului lor; ele se regăsesc în costurile de producție, achiziție, desfacere etc. și influențează profitul firmei.

7.5. Costurile disfuncționalității utilajelor

Noțiunea de disfuncționalitate caracterizează starea unui utilaj care nu funcționează la parametri nominali pentru care a fost proiectat. Utilajul aflat în stare de disfuncționalitate poate funcționa, dar la parametri necorespunzători sau cu o productivitate mai mică. Pierderile de calitate, sau de productivitate influențează costurile de producție, mottiv pentru care se impune evaluarea lor.

7.5.1 Costul disfuncționalității raportat la numărul de ore de funcționare

Costul disfuncționalității utilajului are două componente:

a) costul repunerii în funcțiune, care cuprinde cheltuielile cu piesele de schimb, salariile operatorilor de mentenanță etc., reprezentat de **costul mentenanței corective (C)**, acest cost este caracteristic utilajului;

b) **costul indisponibilității unității de producție (I)**, caracteric liniei tehnologice sau unității de producție, care cuprinde:

— Costurile imediate datorate pierderilor de producție, penalităților aplicate datorită nerespectării contractelor, cât și cele datorită calității necorespunzătoare.

— Costurile fixe, datorate amortizărilor, pierderilor de profit etc.;

— Costul consecințelor grave (defecțiuni critice, accidente etc.).

În consecință, costul disfuncționalității (C_d) are expresia

$$C_d = C + I \text{ (lei)} \quad (7.7)$$

Un indicator mai analitic îl reprezintă *costul disfuncționalității pe oră de utilizare*, exprimat prin relația:

$$C_{do} = \frac{C + I}{TBF + TR} \left[\frac{\text{lei}}{\text{oră}} \right] \quad (7.8)$$

în care:

TBF = timpul de bună funcționare;

TR = timpul de staționare în reparații.

7.5.2. Costul orar mediu de disfuncționalitate, care se poate exprima prin

$$C'_{do} = \frac{C + I}{MTBF + MTR} \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (7.9)$$

în care:

MTBF = media timpului de bună funcționare (ore);

MTR = media timpului de reparații (ore);

Pentru o anumită durată de funcționare a utilajului, calculul costului global de disfuncționalitate, se poate realiza prin utilizarea indicatorului numit **costul cumulat de disfuncționalitate** (C_{dc}), exprimat prin raportul:

$$C_{dc} = \frac{C + I}{MTBF + MTR} \cdot t \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (7.10)$$

în care:

t = durata de utilizare a utilajului, cu condiția ca în acest timp costurile C și I să rămână constante.

Modul de stabilire a costului indisponibilității unui utilaj, cu referire la strungul normal SN 400/1500, este prezentat în cap. 9 la studiul de caz B, realizat la S.C. „METALICA” S.A.

7.6 Pragul de disponibilitate al utilajelor

Prin disponibilitate se înțelege probabilitatea ca un utilaj să fie apt de funcționare, după o durată de timp consumată pentru reparații impuse de căderea ce s-a produs în urma unei anumite perioade de bună funcționare. Această capacitate a utilajului se caracterizează printr-un indicator numit *disponibilitate medie* (D_m) și se exprimă prin raportul:

$$D_m = \frac{\text{Timp de disponibilitate}}{\text{Timp de disponibilitate} + \text{Timp de indisponibilitate}} \quad (7.11)$$

Pragul de disponibilitate al unui utilaj se definește ca fiind valoarea minimă a disponibilității utilajului de la care acesta asigură profit. Noțiunea de disponibilitate poate fi analizată nu numai sub aspectul ei tehnic, legat de capacitatea utilajului de îndeplinire a funcției sale, ci și al celui economic privind raportul venituri/cheltuieli. În acest sens, în exploatarea unui utilaj, obiectivele urmărite vor fi cele legate de stabilirea unei politici de mentenanță corespunzătoare, prin identificarea valorii minime a disponibilității echipamentelor, având în vedere că indisponibilitatea are consecințe negative asupra costurilor.

La determinarea pragului de disponibilitate se admit următoarele ipoteze de lucru (condiții ideale):

- a). Producția realizată este direct proporțională cu disponibilitatea utilajelor.
- b). Pierderile de producție sunt cauzate numai de indisponibilitatea utilajelor.
- c). Nu apar consecințe comerciale ale nerespectării termenelor de livrare a produselor.

➤ În vederea efectuării analizei este necesară cunoașterea datelor privitoare la valoarea serviciilor de mentenanță efectuate și încasate (S), cheltuielile de exploatare a unității de producție (CH) și marja brută a beneficiului (Mb), exprimată prin relația:

$$Mb = S - CH \quad (7.12)$$

Introducem o ipoteză de lucru suplimentară, în sensul că toate aceste mărimi variază direct proporțional cu disponibilitatea utilajului, putând fi reprezentate grafic ca în figura 7.3.

În condițiile precizate, calculul valorii serviciilor (S) se poate realiza cu formula

$$S = a \times D_m \quad (7.13)$$

unde a reprezintă coeficientul de proporționalitate a volumului serviciilor față de disponibilitate.

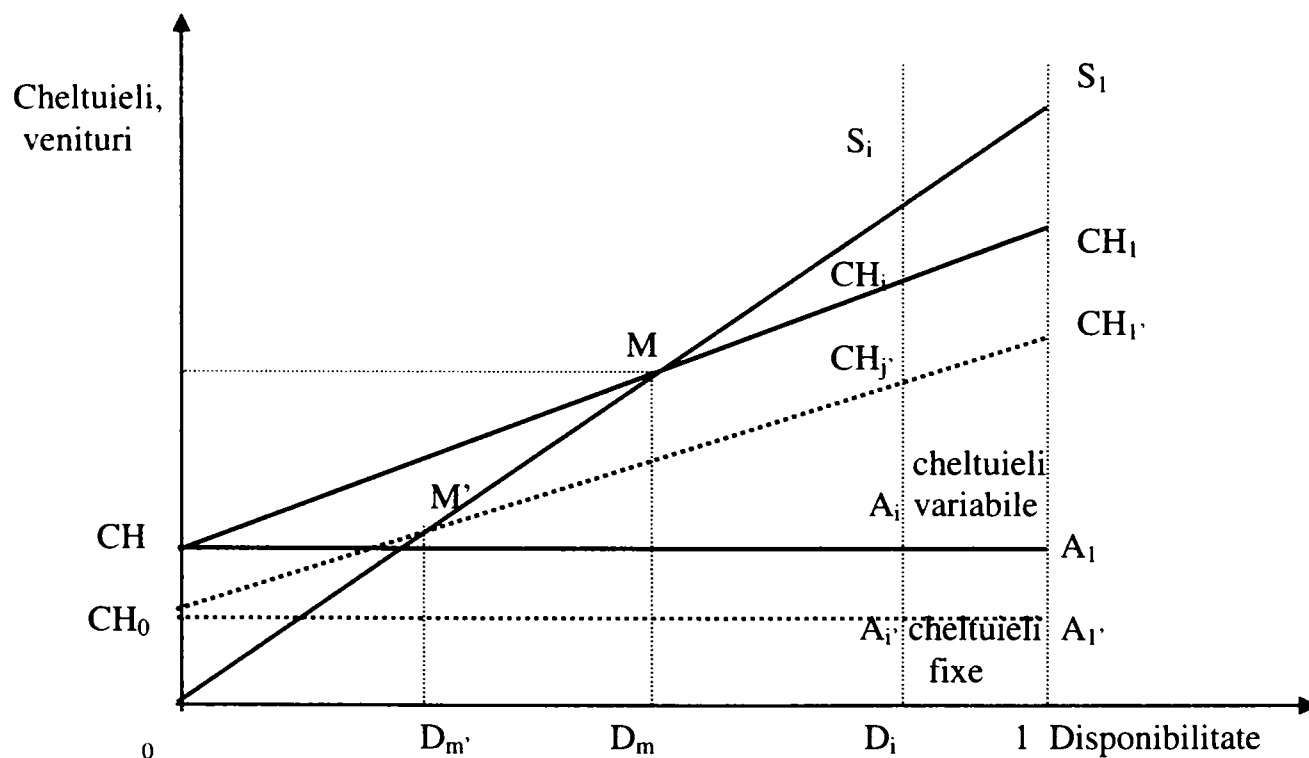


Fig 7.3. Pragul de disponibilitate [V.07]

Calculul cheltuielilor de exploatare a unității de producție CH se poate efectua cu relația:

$$CH = b \times D_m + CH_0 \quad (7.14)$$

în care b reprezintă coeficientul de proporționalitate a cheltuielilor CH față de disponibilitate, iar CH_0 cheltuielile fixe.

Marja beneficiului se poate determina pentru orice valoare a disponibilității (D_i), în funcție de valorile lui i , cu relația:

$$Mb_i = S_i - CH_i = a \times D_i - (b \times D_i + CH_i) \quad (7.15)$$

În graficul întocmit se observă că marja beneficiului $Mb_M = 0$ corespunde punctului de intersecție dintre dreapta cheltuielilor totale CH și cea a veniturilor S , în consecință:

$$a \times D_M - (b \times D_M + CH_M) = 0 \quad (7.16)$$

relație din care rezultă valoarea pragului de disponibilitate D_M :

$$D_M = \frac{CH_0}{a - b} \quad (7.17)$$

din care deducem că întreprinderea va obține profit numai dacă $D > D_M$, în caz contrar se vor înregistra pierderi. Valoarea maximă a profitului corespunde unei disponibilități $D = 1$.

Pentru un manager de mentenanță cunoașterea pragului de disponibilitate al utilajului prezintă importanță în vederea alegerii soluției optime privind menținerea în funcțiune sau înlocuirea utilajului. Se recomandă achiziționarea unui nou utilaj în cazul în care cel vechi are o disponibilitate mai mică decât cea de prag.

Analizând figura 7.3 deducem că diminuarea pragului de disponibilitate, fenomen favorabil întreprinderii, se poate realiza pe două căi:

- prin reducerea cheltuielilor fixe de la CH la CH_0 ;
- prin creșterea valorii veniturilor S .

În consecință posibilitățile de optimizare a mentenanței sunt strâns legate de variația veniturilor și cheltuielilor întreprinderii.

Determinarea practică a pragului de disponibilitate pentru strungul SN 400×1500 este prezentată în studiul de caz D din capitolul 9

7.7 Optimizarea activității de mentenanță prin costuri

7.7.1. Managementul mentenanței funcție de costul global

Costul global (C_g) reprezintă suma cheltuielilor efectuate cu un echipament din momentul achiziționării și până la eliminarea lui. Costul global este alcătuit din: costul de achiziție (diminuat cu valoarea de revânzare), costul de utilizare, costul de mentenanță și costul de eliminare (fig. 7.4).

Cunoscând cantitatea de produse Q obținută pe durata de viață a utilajului, *costul global mediu pe unitatea de produs* (C_M), se definește prin raportul:

$$C_M = \frac{C_g}{Q} \left[\frac{\text{lei}}{\text{produs}} \right] \quad (7.18)$$

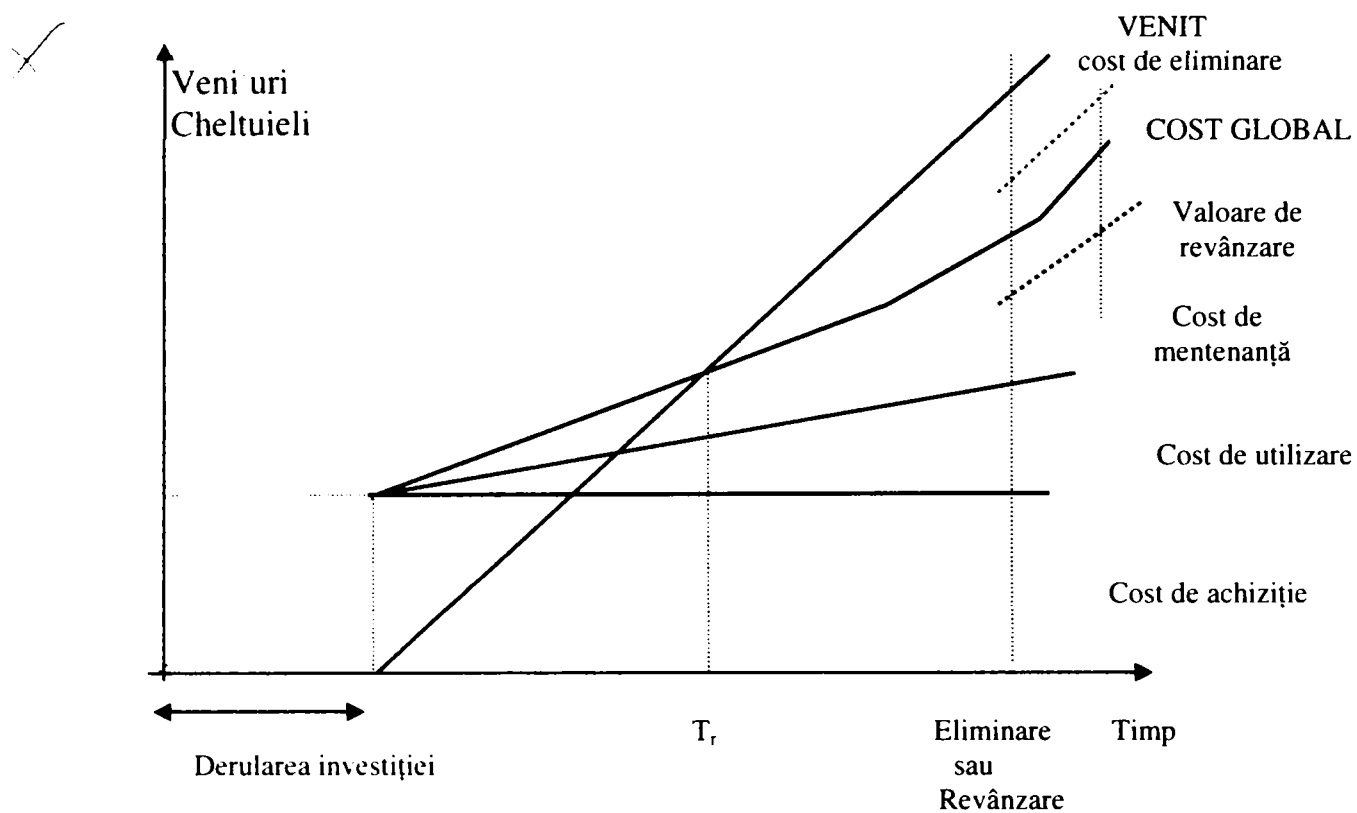


Fig.7.4. Costul global al unui echipament [V.07]

În vederea achiziționării unui utilaj se va opta pentru varianta cu C_M minim, care asigură un beneficiu mai mare, având în vedere faptul că acest cost este inclus în costul de fabricație.

Un alt indicator care ne furnizează informații privitoare la alegerea variantei optime de investiții, în ceea ce privește achiziționarea unui echipament, este *profitul pe ciclul de viață* (R), exprimat astfel:

$$R = V - C_g \text{ (lei beneficiu)} \quad (7.19)$$

în care V reprezintă volumul vânzărilor. Varianta optimă de investiție este cea care asigură un R maxim.

În figura 7.5 este prezentată evoluția profitului cumulat în timp. Analiza graficului dezvăluie următoarele:

— Intervalul de timp (T_r) după care este recuperată investiția și începe obținerea de profit, îl reprezintă abscisa punctului M de intersecție dintre curbele C_g și V.

— Momentul obținerii profitului global maxim t^* , îl reprezintă abscisa punctului N de intersecție dintre curba costului global C_g și tangenta dusă din origine.

Varianta optimă de investiție în achiziționarea unui echipament se va determina pe baza următoarelor criterii:

1). Investiția optimă corespunde unui termen de recuperare T_r , cât mai mic.

2). Vârsta optimă de înlocuire a echipamentului este reprezentată de t^* . După depășirea acestui moment profitul global scade și în consecință se poate pune problema înlocuirii.

3). Se impune înlocuirea echipamentului înainte de o nouă intersecție a curbei costului global C_g cu cea a volumului vânzărilor V , moment în care profitul global devine zero, în caz contrar întreprinderea va înregistra pierderi.

Un alt indicator pe baza căruia se poate determina varianta optimă de investiție îl reprezintă *profitul cumulat pe unitatea de timp* (R_t) exprimat prin:

$$R_t = \frac{R}{T} \left[\frac{\text{lei.beneficiu}}{u.t} \right] \quad (7.20)$$

în care T reprezintă durata de utilizare a echipamentului. Se recomandă alegerea variantei de investiție pentru care se obține un R_t maxim.

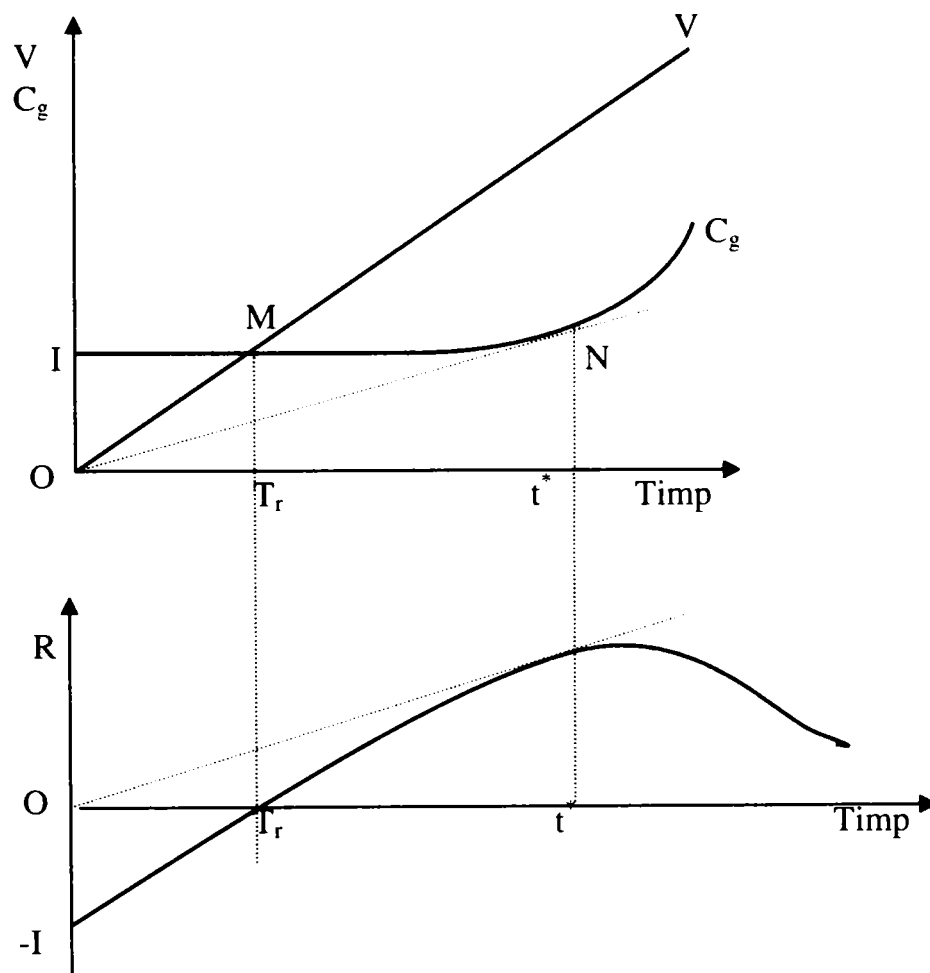


Fig.7.5. Graficul profitului cumulat [V.07]

De asemenea varianta optimă de investiție se poate stabili prin utilizarea indicatorului numit *profitul cumulat pe unitatea de produs* (R_q):

$$R_q = \frac{R}{Q} \left[\frac{\text{lei.beneficiu}}{\text{produs}} \right] \quad (7.21)$$

Varianta optimă de investiție se va alege și în acest caz astfel încât R_q să fie maxim.

7.7.2. Managementul mentenanței funcție de costul global redus

Costul global redus este alcătuit din: costul de achiziție diminuat cu valoarea de revânzare a utilajului, costul cumulat de mentenanță și costul de eliminare. Importanța cunoașterii acestui indicator rezidă în faptul că nu toate componentele costului global influențează vârsta optimă de înlocuire a utilajului, astfel de exemple sunt: costul de utilizare și cel de salarizare.

Corespunzător diferitelor politici de mentenanță „i” și a costurilor acestora C_i , se definește *costul cumulat de mentenanță* C_{cmi} prin relația:

$$C_{cmi} = C_i \times T \quad (7.24)$$

în care T reprezintă durata de viață a echipamentului.

Pentru optimizarea costurilor de mentenanță deciziile vor urmări obținerea unui cost global redus minim pe unitatea de timp sau de produs.

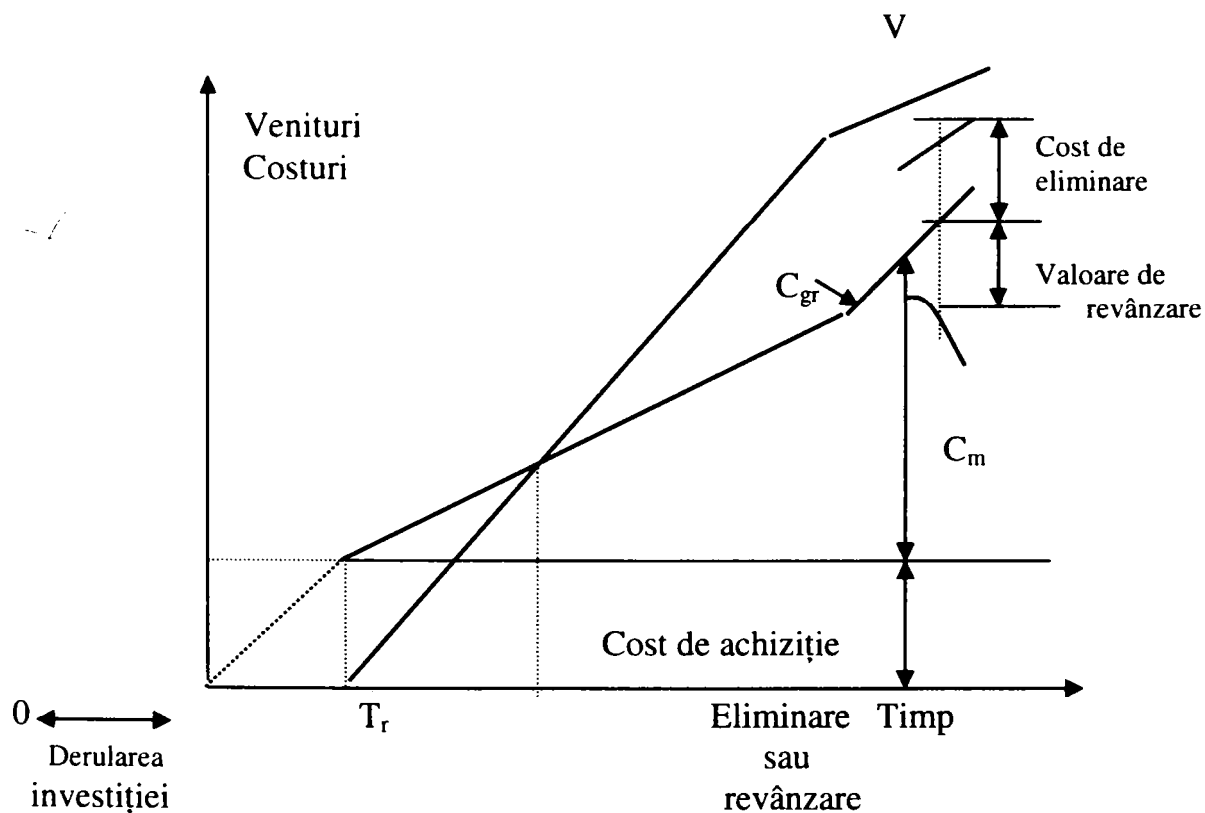


Fig.7.6. Graficul costului global redus [V.07]

Analiza graficului din figura 7.6 scoate în evidență faptul că timpul de recuperare a investiției T_r , are în acest caz o valoare diferită de cea corespunzătoare costului global. Celelalte elemente din grafic, privitoare la investiția optimă și vârsta optimă de înlocuire a echipamentului (t^*) se stabilesc în mod asemănător cu cazul anterior.

Activitatea de mentenanță poate antrena costuri suplimentare de exploatare (C_s) datorită orelor suplimentare și măsurilor paliative. *Costul global redus fără indisponibilitate* C_{gr} se definește ca diferența între costul global redus și supra-costurile de exploatare:

$$C_{gr}' = C_{gr} - C_s \quad (7.25)$$

Acest indicator ne furnizează informații despre costul global în situația în care durata indisponibilității este zero, motiv pentru care C_{gr}' devine un criteriu pentru alegerea variantei de achiziționare a unui echipament:

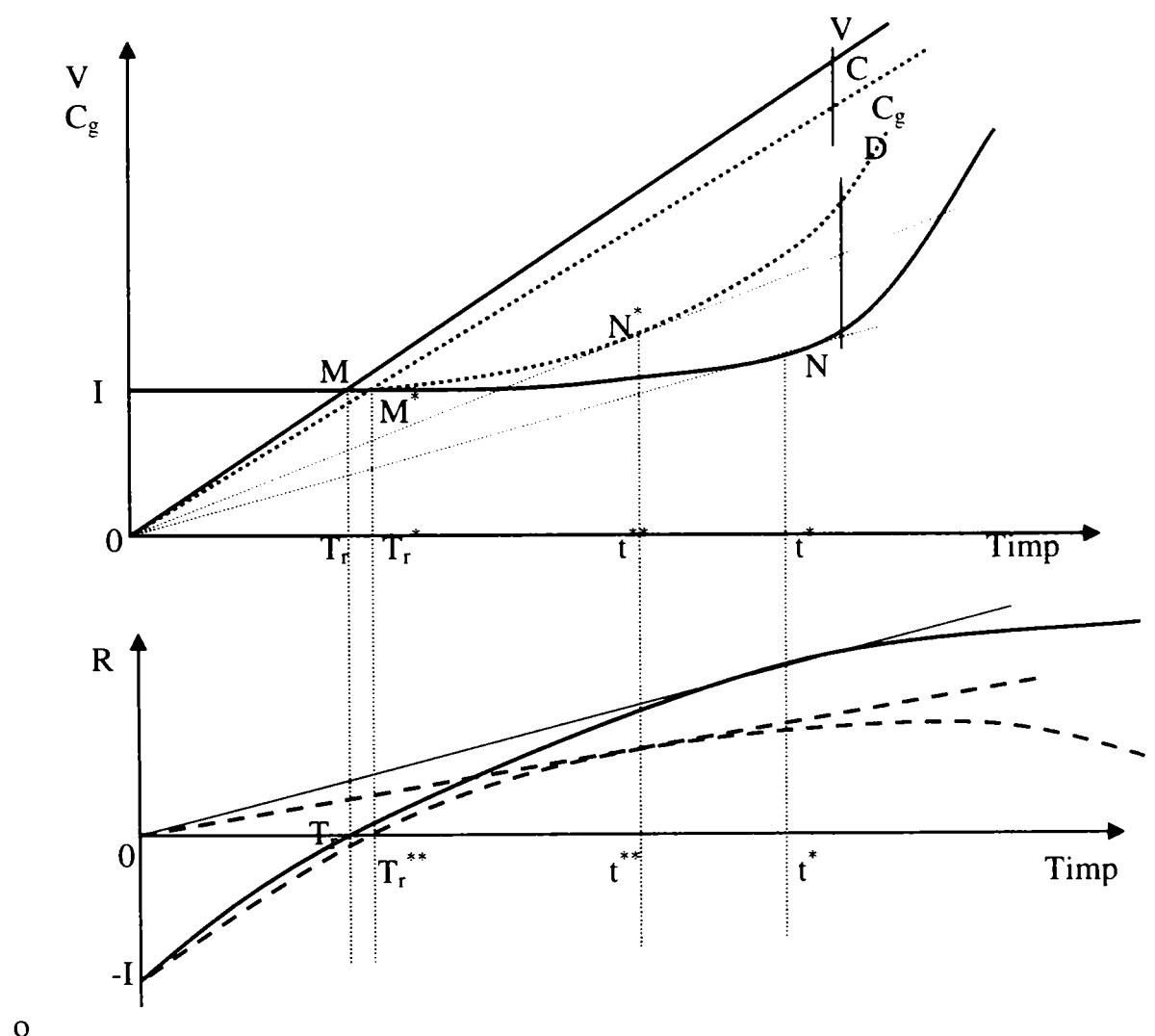


Fig. 7.7. Graficul costului și venitului global, fără pierderi și indisponibilitate 0 [V.07]

În situația în care există pierderi de venit „D”, acestea diminuează profitul pe ciclul de viață R , obținându-se venitul cumulat fără pierderi de producție R' , astfel:

$$R' = R - D \quad (7.26)$$

Graficele de variație a veniturilor și costului global redus se prezintă în acest caz ca în figura 7.7 și se pretează la interpretări. În condițiile în care se înregistrează o diminuare a veniturilor globale cu valoarea D și implicit o creștere a costurilor globale cu valoarea C se constată că:

- 1). Timpul optim de înlocuire a utilajului se reduce de la t^* la t^{**} , deci se produce o reducere a duratei sale de utilizare, soluție neeconomică.
- 2) Se prelungește durata de recuperare a investiției de achiziționare a utilajului de la T_r la T_r' , soluție deasemeni neeconomică.

7.7.3. Vârsta optimă de înlocuire a unui utilaj

Utilajul productiv reprezintă partea cea mai importantă a mijloacelor fixe ale unei întreprinderi, întrucât contribuie direct la desfășurarea proceselor de producție de bază. Acesta este supus în timp atât unei uzuri fizice, cât și unei uzuri morale.

Uzura fizică reprezintă o depreciere a valorii de întrebuințare, care este cauzată atât de funcționarea utilajului, înregistrându-se o uzură fizică dinamică — ce crește odată cu creșterea duratei de funcționare a organismelor în mișcare —, cât și de timpul care se scurge de la achiziționarea utilajului — uzură ce acționează asupra părților statice componente — diminuându-le calitățile inițiale. Spre exemplu la un strung, uzura fizică dinamică se înregistrează la arborele motor, axul port-unealtă, rulmenții și la alte organe în mișcare. Uzura fizică statică se manifestă asupra batiului și a altor componente.

Uzura morală este determinată de apariția unor utilaje cu performanțe mai bune, fie de ieftinirea unor utilaje cu aceleași performanțe. Aceasta se produce independent de gradul de utilizare a utilajului.

Vârsta optimă de înlocuire a unui utilaj poate fi determinată în funcție de costul global sau luând în considerare costul global redus, în acest ultim caz sunt eliminate din calcul anumite cheltuieli cum sunt salariile, costul de utilizare a utilajului etc., care nu caracterizează utilajul.

În vederea determinării vârstei optime de înlocuire, utilizăm datele despre utilaj referitoare la: costul global redus (C_{gr}), costul de mentenanță (C_m), costul marginal (C_g^*) reprezentat de creșterea de cost ca urmare a prelungirii folosirii utilajului cu o unitate de timp,

respectiv de la momentul t la momentul $t + 1$, având ca model matematic derivata costului global în raport cu timpul. Folosim deasemenea noțiunea de cost global redus mediu ($C_{gr\ med}$) anual definit prin relația:

$$C_{gr\ med} = \frac{C_g}{n} \cdot \left[\frac{lei}{an} \right] \quad (7.27)$$

în care n reprezintă durata de viață a utilajului (în ani), precum și valoarea investiției (I):

Acești indicatori, reprezentați grafic ca în figura 7.8, ne permit formularea următoarelor concluzii:

1). Curba costului global redus are o evoluție strict crescătoare, prin urmare utilajul nu va putea fi folosit pe o durată nelimitată.

2) Vârsta optimă de înlocuire T_i este reprezentată pe axa timpului de minimul curbei costului global redus mediu ($C_{gr\ med}$). Până la acest moment costul global redus mediu descrește, după care urmează o creștere a sa. După o durată de utilizare egală cu T_i , echipamentul trebuie înlocuit, deoarece menținerea sa în funcțiune conduce la o creștere a costului marginal peste costul mediu.

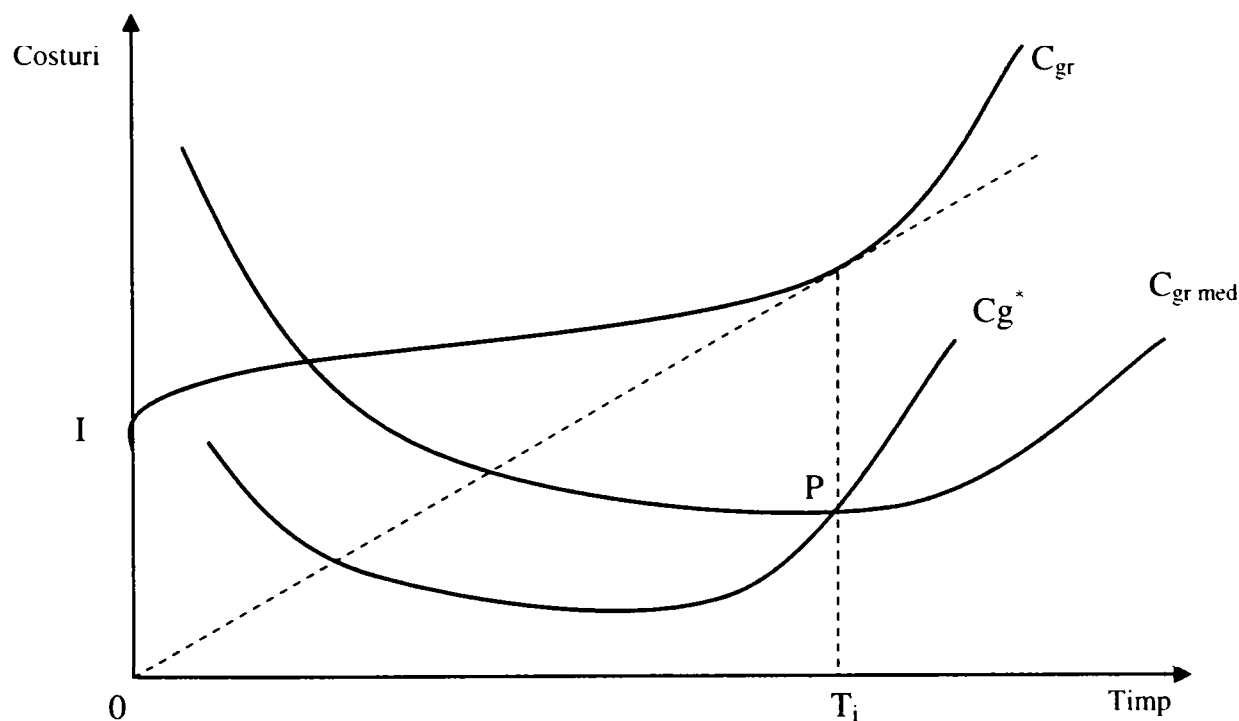


Fig.7.8. Evoluția costului global, a costului mediu și a costului marginal [V.07]

3). Vârsta optimă de înlocuire coincide cu abscisa punctului P de intersecție dintre curba costului marginal și cea a costului redus mediu. Echipamentul poate fi utilizat în

condiții economice doar atât timp cât curba costului marginal se află sub cea a costului mediu.

4) Punctul P reprezintă totodată punctul de intersecție a tangentei dusă din origine la curba costului global redus.

La stabilirea concretă a vârstei optime de înlocuire a unui utilaj se pot ivi dificultăți în privința identificării și evidențierii anumitor costuri.

Pentru determinarea practică a vârstei optime de înlocuire a unui utilaj s-a întreprins cercetarea asupra mașinii de cusut cu două ace utilizată la confecționarea fețelor din piele pentru încălțăminte din cadrul secției de producție a S.C. „EUROCONSTIL” S.R.L. Marghita. Metodologia urmată și rezultatele sunt prezentate în studiul de caz H din cap.9.

Capitolul 8

EFICIENȚA ACTIVITĂȚII DE MENTENANȚĂ

Activitatea de mentenanță presupune efectuarea tuturor operațiilor care contribuie la menținerea stării de conservare tehnologică și productivă a instalațiilor, mașinilor și utilajelor, la un nivel de eficiență compatibil cu vârsta, în vederea asigurării continuității și calității producției. În condițiile în care utilajul înregistrează în timp o diminuare a capacității sale de funcționare, prin activitățile de întreținere și reparații se acționează în direcția îndepărtării sale de starea critică.

Concepția organizatorică privind întreținerea și repararea utilajelor se află într-o evoluție continuă; în prezent prin această activitate se urmărește reducerea la minim a costurilor, cu accent pe activitatea de prevenire a defectărilor, deoarece se constată că este mai economică preîntâmpinarea defecțiunii decât remedierea ei prin activități de mentenanță corectivă. Eficiența activității de mentenanță se caracterizează prin indicatori de natură tehnică și indicatori economici.

8.1. Indicatorii tehnici de eficiență a activității de mentenanță

Prevenirea uzurii premature, a căderilor accidentale și funcționarea utilajelor la parametrii de calitate corespunzători sunt influențate de modul de organizare a intervențiilor tehnice. Indicatorii tehnici de apreciere a activității de mentenanță cuprind: indicatori de disponibilitate, de fiabilitate și de eficiență a timpului de funcționare.

8.1.1. Indicatori de disponibilitate

1). *Disponibilitatea medie (D_M)*. Disponibilitatea reprezintă probabilitatea ca sistemul să fie apt de funcționare după o durată de timp consumată pentru reparații impuse de căderea ce s-a produs în urma unei anumite perioade de bună funcționare. Examinată calitativ, disponibilitatea exprimă capacitatea unui utilaj de a îndeplini funcțiunea pentru care a fost conceput. Noțiunea de disponibilitate se cuantifică prin indicatorul numit disponibilitatea medie D_M , definită prin raportul:

$$D_M = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} \quad (8.1)$$

unde:

MTBF – reprezintă media timpului de bună funcționare,

MTR – reprezintă media timpului de reparații.

Valoarea disponibilității medii trebuie să fie cât mai mare, ea depinde de mai mulți factori, între care:

a). Nivelul de perfecționare constructivă a utilajului, în vederea reducerii timpului necesar efectuării diferitelor operațiuni de întreținere și reparații, astfel încât MTR să devină minim.

b). Modul de exploatare. În cazul mașinilor-unelte depășirea vitezei de așchiere sau a vitezei de avans peste limitele admise conduce la accelerarea fenomenului de uzură și deci la o diminuare a MTBF.

c) Politica de mentenanță adoptată.

d) Vârsta utilajului.

2). *Indisponibilitatea medie (I_M)* – se exprimă prin raportul:

$$I_M = \frac{MTR}{MTBF + MTR} \quad (8.2)$$

și reprezintă mărimea inversă disponibilității medii. Valoarea acestui indicator trebuie să fie cât mai mică.

8.1.2. Indicatori de fiabilitate

1). *Fiabilitatea utilajului (F_U)* - reprezintă aptitudinea unui dispozitiv de a-și îndeplini funcția specificată, în condiții date și de-a lungul unei durate prestabilite. Relația de calcul este următoarea:

$$F_U = \frac{N_p}{TF} \quad (8.3)$$

în care:

N_p = numărul defectelor accidentale apărute în timpul funcționării,

TF = timpul de funcționare

Fiabilitatea reprezintă ansamblul caracteristicilor calitative ale unui sistem tehnic care determină capacitatea acestuia de a fi utilizat în condiții prescrise un timp cât mai îndelungat (MTBF maxim), conform scopului pentru care a fost construit. Valoarea acestui indicator trebuie să fie cât mai mare.

2). *Fiabilitatea liniei tehnologice* F_L – reprezintă capacitatea liniei de a-și îndeplini funcția pentru care a fost creată în condiții date și de-a lungul unei perioade prestabilite.

Acest indicator se exprimă prin raportul:

$$F_L = \frac{N_p}{N_u} \quad (8.4)$$

în care:

N_u = numărul de unități de producție din linia tehnologică.

Fiabilitatea, ca măsură a probabilității de bună funcționare în conformitate cu normele prescrise, exprimă calitatea în timp, care în anumite condiții se poate asigura prin preluarea sarcinilor unui utilaj de către altul similar, fără întreruperea funcționării liniei tehnologice.

8.1.3. Indicatori de eficiență a timpului de funcționare

Pentru definirea acestor indicatori vom avea în vedere faptul că timpul total de funcționare al echipamentului are următoarele componente:

- timpul util de funcționare,
- pierderea de timp datorată non-calității (rebuturi, retușuri etc.),
- ecartul de performanță (pierderea de timp datorată diferențelor între parametrii nominali de funcționare și cei efectiv realizați),
- timpul de oprire a utilajului datorită penelor, înlocuirii pieselor etc.

1. *Rata brută de funcționare RBF* – se definește prin raportul dintre timpul brut și timpul total de funcționare::

$$RBF = \frac{T_{bf}}{T_{tf}} \quad (8.5)$$

în care:

T_{bf} = timpul brut de funcționare

T_{tf} = timpul total de funcționare

Pentru calculul acestui indicator este necesară determinarea timpului brut de funcționare prin eliminarea din timpul total a pierderilor de timp datorate opririlor utilajului din motive tehnice. Dacă pierderile de timp datorită opririlor se reduc atunci valoarea T_{bf} se apropie de T_{tf} .

2. *Rata de performanță RP* – caracterizează eficiența utilizării mașinii la parametrii tehnologici maximi. Se determină cu următoarea relație:

$$RP = \frac{T_{nf}}{T_{bf}} \quad (8.6)$$

în care T_{nf} reprezintă timpul net de funcționare.

Indicatorul caracterizează funcționarea efectivă a utilajului, fără a lua în considerare timpul de oprire a utilajelor scăzut din rata brută de funcționare. Ecartul de performanță, este reprezentat de diferența între timpul brut de funcționare și cel net.

3. *Rata calității în funcționare RCF* – caracterizează calitatea funcționării utilajului prin raportarea timpului util de funcționare la cel net de funcționare:

$$RCF = \frac{T_u}{T_{nf}} \quad (8.7)$$

în care T_u reprezintă timpul util de funcționare.

Timpul util de funcționare se obține dacă din timpul net deducem timpul de funcționare în care utilajul produce piese de calitate inferioară față de cerințe. Indicatorul exprimă măsura în care echipamentul realizează produse corespunzătoare calitativ.

4. *Rata randamentului sintetic* – exprimă totalitatea influențelor ce acționează asupra timpului total de funcționare. Relația de calcul este următoarea:

$$RRS = \frac{T_u}{T_{tf}} \quad (8.8)$$

Constatăm că:

$$RBS \cdot RP \cdot RCF = \frac{T_{bf}}{T_{tf}} \cdot \frac{T_{nf}}{T_{bf}} \cdot \frac{T_u}{T_{nf}} = \frac{T_u}{T_{tf}} = RRS$$

deci între indicatorii enumerați mai sus există relația:

$$RRS = RBF \cdot RP \cdot RCF \quad (8.9)$$

Calculul riguros al unui astfel de indicator sintetic este considerat a fi o activitate de echipă de cercetare, care ar trebui să aibă la dispoziție date privind funcționarea unui anumit utilaj pe o perioadă îndelungată de timp. Din acest motiv în tabelul 8.1 sunt exemplificate câteva posibile valori ale indicatorilor pentru diverse categorii de utilaje [V.07].

Tabelul 8.1.

Tip de activitate (indicator)	Uzinaj	Montaj	Ambalare
RBF	95-98%	95%	90%
RP	54-72%	35-70%	72%
RCF	95%	95%	95%
RRS	51-78%	38-80%	72%

Optimizarea activității de mentenanță se poate realiza prin obținerea unei rate a randamentului sintetic RRS cât mai mare, ceea ce este posibil de realizat prin reducerea categoriilor de timpi care contribuie la reducerea funcționării utile (timpul de oprire datorită penelor, non- calitatea, ecartul de performanță etc.).

8.2. Indicatori economici de eficiență a activității de mentenanță

Având în vedere importanța activității de mentenanță, determinată de influențele pe care le are asupra celor mai importanți indicatori economici ce caracterizează activitatea unei întreprinderi industriale, se impune creșterea eficienței ei.

Mărimea cheltuielilor efectuate în activitatea de întreținere și reparații a utilajelor este influențată de doi factori principali: numărul reparațiilor efectuate și volumul lucrărilor de întreținere profilactică în timpul exploatării. Pentru a se obține o reducere a cheltuielilor de mentenanță este necesar să se acționeze concomitent asupra celor doi factori.

Aprecierea eficienței economice a activității de mentenanță se realizează prin utilizarea a două tipuri de indicatori: curenți și bugetari

8.2.1. Indicatori curenți de calcul ai eficienței economice

1). *Eficiența serviciului de mentenanță* (E_M) este un indicator folosit la dimensionarea bugetului de mentenanță, care se definește ca raport între suma costurilor de mentenanță și valoarea utilajelor întreținute.

$$E_M = \frac{\sum_i C_i}{V_{act}} \quad (8.10)$$

în care:

C_i = costul sistemului de mentenanță de tipul i (curativă sau preventivă);

V_{act} = valoarea din activ a bunurilor de întreținut.

Importanța acestui indicator constă în faptul că el reprezintă un element de referință care permite efectuarea unor comparații privitoare la eficiența activității de mentenanță între întreprinderi de același profil.

2). *Eficiența activităților de mentenanță* E_{AM} – exprimă raportul dintre costul defectării și cel al mentenanței adică relația dintre intervenție și consecințe. Relația de calcul este următoarea:

$$E_{AM} = \frac{C_d}{\sum_i C_i} \quad (8.11)$$

în care:

C_d = costul defectării,

$\sum C_i$ = costul total al activităților corespunzătoare politicilor de mentenanță i .

Reducerea cheltuielilor de întreținere și reparații necesită lichidarea executării reparațiilor de slabă calitate. Calitatea inferioară a reparațiilor mărește volumul total al activității de mentenanță, deoarece operatorii vor adăuga un timp de muncă suplimentar, iar pe de altă parte se va mări durata imobilizării utilajului pentru reparații.

3. *Eficiența activității preventive* E_p – exprimă principiul general conform căruia atunci când costurile de întreținere cresc, costurile reparațiilor și cele determinate de oprirea utilajelor scad. Prevenirea uzurii premature și a întreruperilor accidentale sunt direct influențate de respectarea regulilor de întreținere și de calitatea reviziilor tehnice.

Acest indicator exprimă influența activităților preventive asupra cheltuielilor de mentenanță și se calculează cu relația:

$$E_p = \frac{C_p}{\sum_i C_i} \quad (8.12)$$

unde C_p reprezintă costul mentenanței preventive. Valoarea acestui indicator este de dorit să fie 1.

4. *Eficiența activității curative* (E_c) – exprimă proporția cheltuielilor curative în totalul cheltuielilor de mentenanță. Se calculează cu relația:

$$E_c = \frac{C_c}{\sum_i C_i} \quad (8.13)$$

unde C_c reprezintă costul mentenanței curative.

Valoarea acestui indicator este de dorit să tindă către zero

Între cei doi indicatori, E_p și E_c , există relația:

$$E_p + E_c = \frac{C_p}{\sum_i C_i} + \frac{C_c}{\sum_i C_i} = \frac{C_p + C_c}{\sum_i C_i} = 1 \quad (8.14)$$

Efectuarea reparației utilajului după apariția defectării conduce la creșterea costurilor datorită scoaterii din producție a utilajului în mod neprevăzut, ceea ce duce la dezorganizarea procesului de producție. Sub aspectul costurilor activitatea curativă este acceptabilă în cazul utilajelor folosite rar.

5. *Subcontractarea activității de mentenanță* (S_M) – caracterizează impactul subcontractării asupra mentenanței și se exprimă cu ajutorul relației următoare:

$$S_M = \frac{C_s}{\sum_i C_i} \quad (8.15)$$

în care C_s reprezintă costul activității subcontractate.

O problemă importantă legată de activitatea de mentenanță este aceea de a stabili, pe bază de analiză, care este soluția cea mai eficientă în două situații: efectuarea lucrărilor în cadrul compartimentului propriu de mentenanță, sau prin subcontractare cu unități specializate. A doua soluție se recomandă în situația lucrărilor complexe, care necesită o dotare de nivel ridicat și personal cu calificare superioară.

8.2.2. Indicatori bugetari

1) Pentru a exprima ponderea costurilor de mentenanță în valoarea adăugată producției se poate utiliza indicatorul:

$$I_1 = \frac{C_m}{VA} \quad (8.16)$$

unde VA reprezintă valoarea adăugată.

Acest indicator este util pentru compararea eficienței activității din compartimente de mentenanță diferite și a celor de producție cu activități diferite.

2). Ponderea costurilor de mentenanță în cifra de afaceri a firmei se exprimă prin raportul:

$$I_2 = \frac{\sum C_i}{CA} \quad (8.17)$$

unde CA reprezintă cifra de afaceri.

3). Modul de repartizare a costurilor de mentenanță pe fiecare produs în parte este dat de relația:

$$I_3 = \frac{C_m}{Q} \quad (8.18)$$

unde:

Q – reprezintă cantitatea de produse realizate,

C_m – reprezintă costurile totale de mentenanță exprimate prin relația următoare:

$$C_m = \sum C_i \quad (8.19)$$

4). Consecințele asupra producției, implicate de costul indisponibilității utilajelor, se exprimă prin indicatorul:

$$I_4 = \frac{C_m + I}{CA} \quad (8.20)$$

unde I – reprezintă costul de indisponibilitate.

5). În cazul în care producția este omogenă, modul de repartizare a costului global redus pe fiecare produs și pe tip de utilaj, se definește prin raportul:

$$I_5 = \frac{C_{gr}}{Q_k} \quad (8.21)$$

unde:

C_{gr} – reprezintă costul global redus,

Q_k – reprezintă cantitatea de produse realizată pe utilajul k .

Acest indicator este util pentru determinarea vârstei optime de înlocuire a utilajului, valoarea sa scade pe măsură ce utilajul se apropie de momentul optim de înlocuire, deoarece costul global redus (C_{gr}) crește, iar cantitatea de produse realizate de utilaj Q_k scade.

Capitolul 9

OPTIMIZAREA ACTIVITĂȚII DE MENTENANȚĂ. STUDII DE CAZ

Cazul A. Determinarea nivelului de ordine și a stării de curățenie a utilajelor prin metoda celor „5S”

a) Prezentarea unității.

Studiul a fost realizat la întreprinderea S.C. „METALICA” S.A. Oradea, unitate profilată pe producția mașinilor de gătit cu gaz și a centralelor termice de apartament. Societatea Comercială „METALICA” S.A. provine din fosta cooperativa meșteșugărească „MINSZKI LAJOS” înființată în anul 1949, având ca obiect de activitate producerea în serie mică a unor produse de uz gospodăresc între care: cazane, bidoane etc. În anul 1959 cooperativa se transformă în întreprindere de stat purtând același nume și introduce ca produse noi menghinele și mașinile de găurit, iar în anul 1963 aceasta devine Întreprinderea de Stat „METALICA” S.A

În anii 1965-67 s-au amenajat și dezvoltat sectoarele: galvanizare, mecanică și sculărie, iar între anii 1970-71 s-au construit atelierele de emailare, decapare, presare la rece, montaj aparataje de uz casnic, accesorii și prototip.

Societatea Comercială „METALICA” S.A.Oradea s-a constituit în anul 1991 prin reorganizarea fostei întreprinderi de stat, ca urmare a aplicării Legii 15/1990 privind reorganizarea unităților economice de stat în regii autonome și societăți comerciale, precum și a Hotărârii Guvernului nr.1104/1990 privind înființarea de societăți comerciale pe acțiuni în domeniul producerii și comercializării bunurilor de larg consum. Societatea este înmatriculată la Oficiul Registrului Comerțului a județului Bihor sub nr.J05/128/1991 vol II.

Obiectul de activitate al societății constă în:

a) Fabricarea bunurilor de larg consum, între care:

- mașini de gătit și reșouri cu gaz și electrice,
- piese de schimb pentru mașinile de gătit,
- hote de bucătărie,
- accesorii pentru marochinărie,
- centrale termice pentru apartament,
- scule și matrițe.

b) Proiectarea de produse, SDV-uri, tehnologii și software,

c) Comercializarea produselor, operațiuni de export-import, activități de construcții-montaj,

d) Operațiuni de prestări servicii.

Societatea Comercială „METALICA” S.A. este al doilea producător intern de mașini de gătit cu gaz și electrice. În anul 2002 unitatea a ocupat locul IV. pe țară în topul întreprinderilor mici și mijlocii din ramura producției de aparate electocasnice pe anul 2001.

Capitalul social al societății este de 10.968.025.000 lei împărțit în 718.721 acțiuni nominative, în valoare nominală de 25000 lei fiecare. Structura acționariatului se prezintă astfel:

- Acționari persoane fizice – 49%
- Asociația „METALICA” P.A.S.-51%.

Acțiunile societății, în proporție de 49%, se tranzacționează pe piața extrabursieră RASDAQ. Evidența acțiunilor este ținută de Registrul Independent RIAVEST Timișoara, 80% din acțiunile cumpărate de Asociația „METALICA” P.A.S. fiind gajate de APAPS București.

b) **Obiectul acestui studiu de caz** este de a evalua gradul de implementare a celor „5S” în societatea comercială prezentată mai sus, pentru a stabili care este gradul ei de compatibilitate cu rigorile impuse de principiile mentenanței productive totale T.P.M. În anul 2004 societatea s-a aflat sub auditul societății germane „TÜV” în vederea acreditării privind certificarea calității produselor pentru export.

Sub aspect metodologic, la baza studiului a stat chestionarul din tabelul 9.1, persoanele chestionate fiind membri ai tuturor compartimentelor întreprinderii, de toate specializările și calificările.

Acordarea punctelor s-a făcut de la 1 la 5 în felul următor:

- situație total necorespunzătoare – 1p
- situație necorespunzătoare – 2p
- situație satisfăcătoare – 3p
- situație corespunzătoare – 4p
- situație total corespunzătoare – 5p.

Prelucrarea statistică, pe bază de medii, ne permite să identificăm nivelul general de dezvoltare a celor „5S” în întreprindere, acceptând că 75% din punctajul maxim corespunde nivelului minim admis de T.P.M.

Tabelul 9.1

Activități	Întrebări, puncte de vedere	Punctaj
SEIRI	1. Sunt marcate distinct locurile de depozitare și căile de circulație?	5
	2. Marcajele, inscripționările, etichetele sunt clare, logice și sistematice?	5
	3. Sunt surplusuri de materii prime, materiale auxiliare, dispozitive de măsurare la locul de muncă?	4
	4. Există materiale, accesorii, alte obiecte care nu sunt necesare la locul de muncă?	3
	5. Există lucruri nefolositoare pe utilaje, mese și rafturi?	4
SEITON	1. Depozitarea la locurile desemnate se face corespunzător?	4
	2. Rafturile, locurile de depozitare sunt ținute în ordine? Sunt lucruri inutile pe ele?	3
	3. După utilizare se pun lucrurile în ordine și la locul lor?	3
	4. În timpul lucrului sunt în dezordine sculele și subansamblele?	3
	5. Sunt obiecte personale în dezordine la locul de muncă?	4
SEISO	1. Sunt împrăștiate deșeurile, ambalaje?	3
	2. Pe pardoseală, pe utilaje sunt pete de ulei sau alte murdării?	3
	3. Mesele, bancurile de lucru sunt curate?	2
	4. Calculatoarele, echipamentele de inspecție sunt ferite de praf, murdărie, vătămare (respectiv sunt curățate)?	5
	5. Se întrețin sistematic utilajele?	3
SEIKETSU	1. Este sistematică activitatea conform metodei celor „5 S”?	3
	2. Se poate constata îmbunătățire?	5
	3. Doriți să faceți locul de muncă estetic?	5
	4. Metoda celor „5S” este corelată cu caracterul activității?	5
SHITSUKE	1. Se fumează, se mănâncă numai în locurile marcate?	5
	2. Disciplina angajaților este bună (discuții, plimbări)?	5
	3. Ecusoanele, emblemele, hainele de lucru sunt curate?	3
	4. Panourile de reclamă, mijloacele de transport sunt curate?	3
	5. Spațiile exterioare sunt ținute în ordine?	3

c) **Constatări.** În cadrul studiului întreprins s-au dezvoltat următoarele aspecte:

➤ Pentru SEIRI, punctajele slabe au fost obținute datorită existenței obiectelor nefolositoare la locul de muncă (surplusuri de materii prime și materiale etc). Aspecte

pozitive au fost înregistrate în ceea ce privește marcarea locurilor de depozitare, căilor de circulație etc. La această activitate s-a obținut procentajul $(21:25) \times 100 = 84\%$

➤ Pentru SEITON, s-a acordat un punctaj mic datorită dezordinei în care au fost găsite sculele, subansamblele, obiectele personale etc (cafea, țigări etc). Punctaj 68%

➤ Pentru SEISSO, punctajul obținut a fost cel mai mic datorită neîntreținerii sistematice a utilajelor și a stării necorespunzătoare de curățenie a pardoselii, bancurilor de lucru și a utilajelor. Punctaj obținut $(16:25) \times 100 = 64\%$

➤ Pentru SEIKETSU, s-a acordat un punctaj mare datorită, în special, dorinței personalului de a avea locuri de muncă mai estetice cât și îmbunătățirilor constatate de-a lungul timpului. Punctaj obținut $(18:20) \times 100 = 90\%$

➤ Pentru SHITSUKE, au fost înregistrate aspecte pozitive în ceea ce privește disciplina angajaților. Aspecte negative au fost constatate în ceea ce privește curățenia mijloacelor de transport, a hainelor de lucru cât și a dezordinei în care se află spațiile exterioare. Punctajul realizat $(19:25) \times 100 = 76\%$

Prezentăm mai jos diagrama prin „batoane” cuprinzând rezultatele obținute:

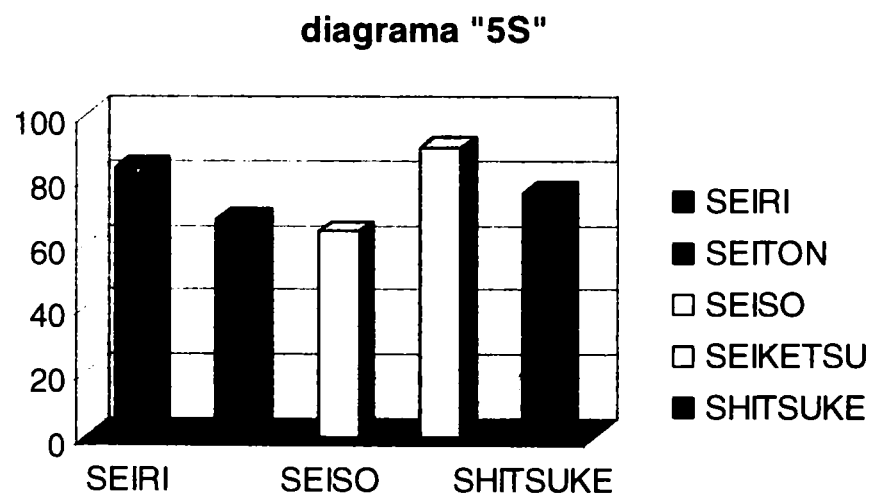


Fig.9.1. Reprezentarea grafică a celor „5S”

Media finală a celor cinci aspecte a fost

$$(84 \% + 68 \% + 64 \% + 90 \% + 76\%) : 5 = 76,4 \%$$

d). Concluzii:

1). Cu o medie de 76,4 % la cele cinci aspecte, unitatea economică se situează cu puțin peste minimul admis de 75 %, dar destul de departe de optimumul care este apreciat la 87 – 90 %.

2). În privința nivelului de ordine și a stării de curățenie unitatea se prezintă peste medie la aspectele SEIRI (aranjare, eliminare lucruri inutile) cu un punctaj de 80 % și la SEIKETSU (curățenie) cu 90 %. Unitatea nu realizează la nivelul minim indicatorii SEISSO (inspecție, control) cu 64 % și SEITON (ordine în operații, metodică) cu un punctaj de 68%.

3). La componentele SEISSO și SEITON unitatea se situează sub nivelul minim admis de 75 %.

e). Măsuri propuse:

1) Stabilirea unui program de inspecție, întreținere și reparații a echipamentelor, conform unei logici bine-stabilite, în vederea aplicării cu succes a mentenanței preventive.

2) Controlul respectării programului de mentenanță.

3) Delimitarea mai precisă a spațiului destinat depozitării fierului vechi și a utilajelor casate, în vederea asigurării ordinii în spațiile exterioare.

4) Formularea cu mai multă exigență a unor cerințe privind curățenia hainelor de lucru și pentru purtarea ecusoanelor.

5) Formularea față de operatori a cerințelor pentru îndepărtarea mai frecventă a șpanului, prafului provenit din pilitură și a resturilor de materiale, în vederea asigurării curățeniei la mesele de lucru.

Cazul B: Determinarea costului indisponibilității unui echipament.

Studiul a fost realizat tot la S.C. „METALICA” S.A. Oradea, unitate a cărei prezentare, în privința istoricului său, este cuprinsă în cazul A.

a) Structura organizatorică a unității.

Societatea are următoarea structură organizatorică:

- I. ADUNAREA GENERALĂ – care asigură conducerea strategică a societății.
- II. CONSILIUL DE ADMINISTRAȚIE – care asigură conducerea administrativă,
- III. CONDUCEREA EXECUTIVĂ – formată din:

- Directorul General,
- Directorul Producție – Aprovizionare,
- Directorul Comercial,
- Directorul Economic.

Structura organizatorică în detaliu este redată în organigrama prezentată mai jos. Din examinarea organigramei se observă că directorului general îi sunt direct subordonate următoarele compartimente:

- Serviciul de Management al Calității,
- Serviciul Organizare,
- Serviciul Tehnic.,
- Oficiul Juridic,
- Serviciul Informatică.

Activitatea de mentenanță este asigurată prin atelierul de **INTREȚINERE MECANO-ENERGETIC-INVESTIȚII**, condus de șeful de serviciu subordonat directorului de **PRODUCȚIE-APROVIZIONARE**. Structura organizatorică a atelierului se prezintă în fig. 9.2.

Pe linia activității de mentenanță, pentru șeful de serviciu, în fișa postului sunt prevăzute următoarele atribuții:

- Asigură întreținerea în bună stare de funcționare a parcului de mașini, instalații și agregate.
- Efectuează analize, încercări, probe și măsurători pentru determinarea calității și a fiabilității produselor.
- Asigură buna întreținere a tuturor mijloacelor tehnice, echiparea lor corespunzătoare cu SDV-uri, atenționează factorii răspunzători pentru luarea măsurilor ce se impun.
- Stabilește piesele de schimb ce pot fi recondiționate în condiții de eficiență economică și siguranță în funcționare și asigură recondiționarea lor.

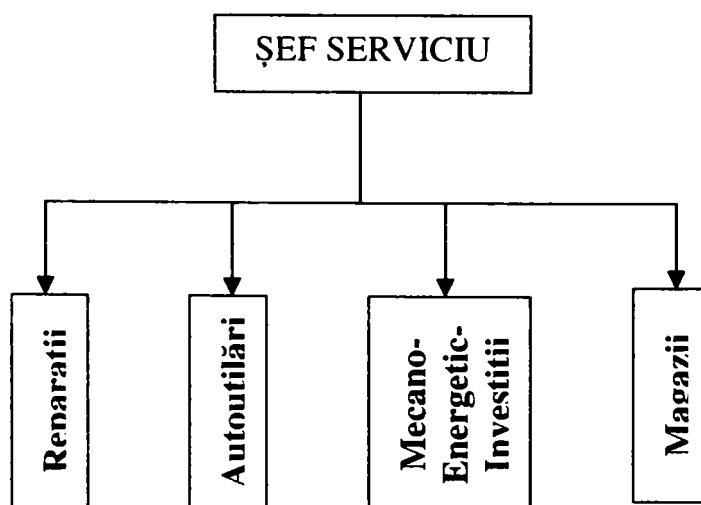


Fig.9.2 Structura organizatorică a atelierului de întreținere

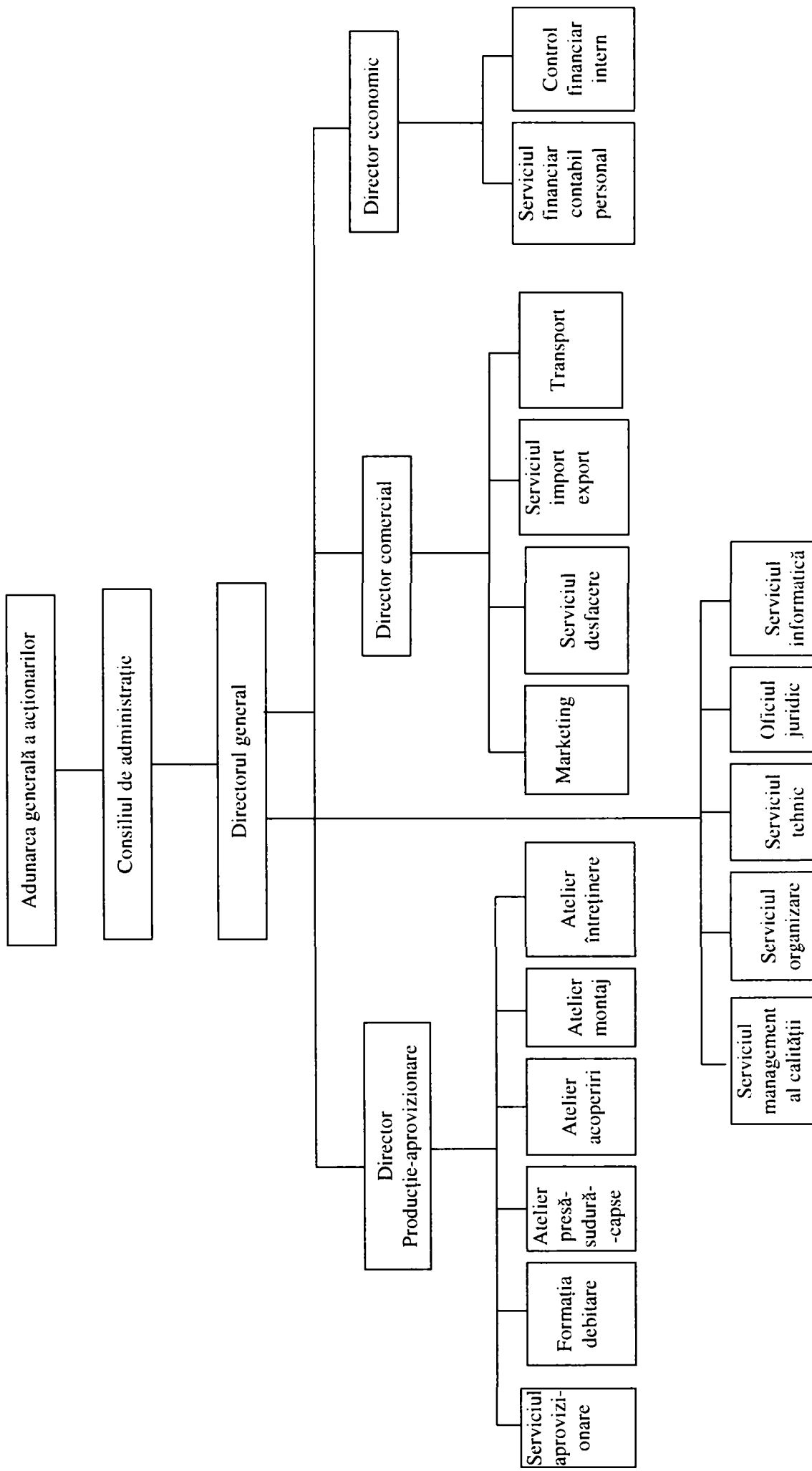


Fig 9.3 Structura organizatorică la S.C. „METALICA” S.A. Oradea

b) **Obiectul studiului.** Ne propunem să determinăm costul indisponibilității unui strung utilizat la producerea în serie a unui șurub cu cap sferic confecționat din .bare de oțel OLC45 cu $\phi 74-76$ pentru berbecul preseii PAI-25. Presa este utilizată la ștanțarea la rece a tablei cu grosimea de până la 4mm., necesară la producerea mașinii de gătit cu gaze lichefiate, la S:C: „METALICA” S.A. Oradea. Șurubul cu cap sferic este una dintre piesele cu fiabilitate redusă a preseii, ceea ce impune confecționarea lui în serie. Stabilirea costului indisponibilității este motivată de faptul că acesta este parte componentă a costului căderii utilajului.

Confecționarea piesei se realizează prin parcurgerea următoarelor operații și faze:

- 1) Debitarea cu ferăstrăul alternativ la lungimea $L = 427\text{mm}$.
- 2) Strunjit frontal $L = 425 \pm 0,1$
- 3) Executarea găurilor de centrare cu burghiul special $\phi 5$
- 4) Strunjit $\phi 66$ pe lungimea $L = 350\text{mm}$
- 5) Strunjit $\phi 60 \begin{smallmatrix} -0,3 \\ 0,2 \end{smallmatrix}$ pe lungimea $L = 280\text{mm}$
- 6) Executarea filetului M60x6 pe lungimea $L = 280\text{mm}$
- 7) Pe strungul universal având bacuri de degajare se fixează piesa în vederea executării capului sferic.
- 8) Strunjit $\phi 72$ pe lungimea $L = 132\text{mm}$
- 9) Strunjit $\phi 50$ pe lungimea $L = 50\text{mm}$
- 10) Degroșarea capului de sferă cu un cuțit de strunjit exterior.
- 11) Executarea sferei cu dispozitivul pentru strunjirea suprafețelor sferice în cazul producției de serie mică sau mijlocie În cazul producției unicat strunjirea capului sferic se poate executa cu un cuțit profilat stânga și unul profilat dreapta.
- 12) Aplicarea tratamentelor termice.
- 13) CTC

Fabricarea unui șurub cu cap sferic pentru berbec pe un strung normal SN400x1500 durează 16 ore și aduce un venit de 400.000 lei. O intervenție corectivă de dificultate medie se realizează de regulă în 48 h, costul acesteia (C) fiind estimat la 20.000.000 lei. În aceste condiții, costul indisponibilității pentru unitatea de producție (I) devine:

$$I = 48 \cdot \frac{400.000}{16} = 1.200.000 \text{ lei}$$

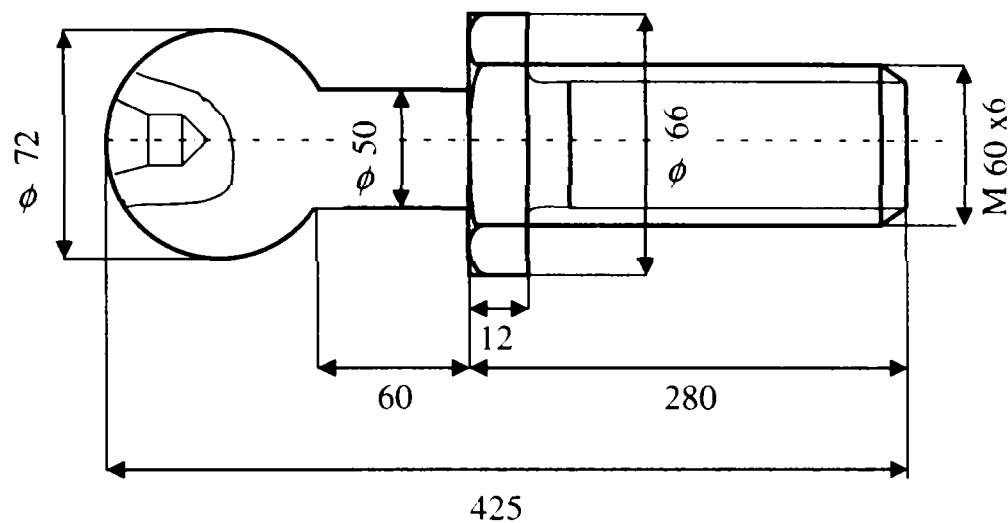


Fig. 9.4 Șurub cu cap sferic

Prin urmare, costul mediu al disfuncționalității pe oră de utilizare C_{do} se va calcula cu relația:

$$C'_{do} = \frac{C + I}{MTBF + MTR} \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right]$$

în care simbolurile reprezintă:

C – costul mentenanței corective a utilajului,

I – costul indisponibilității unității de producție,

MTBF – media timpului de bună funcționare a utilajului,

MTR – media timpului de staționare în reparații,

$$C'_{do} = \frac{20.000.000 + 1.200.000}{1400 + 20} = 14.930 \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right]$$

Dacă utilajul ar fi utilizat pe toată durata normată de funcționare, estimată la 170.000 ore, acest lucru va antrena costuri cumulate de disfuncționalitate C_{dc} care se calculează cu relația:

$$C_{dc} = \frac{C + I}{MTBF + MTR} \cdot t \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right]$$

în care t reprezintă durata de utilizare a utilajului, cu condiția ca în acest timp costurile C și I să rămână constante.

$$C_{dc} = 14.930 \cdot 170.000 = 2.538.100.000 \text{ lei}$$

c) **Recepția lucrării.** După reparare presa a fost supusă probelor de încercare la mers în gol și în sarcină. Controlul asupra pieselor s-a realizat chiar în procesul elaborării lor: prelucrare, ajustare și montare-asamblare.

Materialele folosite la reparații trebuia să corespundă celor indicate în cartea tehnică a mașinii. În lipsa documentației tehnice pentru acest reper, s-au luat probe de material din piesa originală, care au fost supuse analizelor de laborator la S.C. „INFRĂȚIREA” S.A. pentru stabilirea caracteristicilor chimice, fizice și mecanice. Rezultatul analizei s-a consemnat într-un buletin de analiză, pe baza căruia s-a ales materialul cu caracteristici egale sau superioare celor prevăzute în buletinul de analiză.

Calitatea materialului folosit pentru reparații a fost stabilită de tehnologul pentru reparații, în sarcina căruia intră constatarea necesității reparației, stabilirea pieselor care se înlocuiesc cu piese noi din stoc sau se confecționează prin mijloace proprii, cu precizarea tehnologiei de prelucrare și elaborare, tratamentele termice, toleranțele și ajustajele corespunzătoare pentru asamblare și montaj.

Înainte de aplicarea tratamentelor termice s-a verificat finețea de prelucrare și macrogeometria piesei: cilindricitatea și ovalitatea, care nu trebuie să depășească jumătate din câmpul de toleranță aferent.

d) **În concluzie**, fiecare oră de nefuncționare a utilajului aduce o cheltuială de 14.930 lei, conducând în final la costuri pentru întreprindere de 2.538.100.000 lei.

Cazul C: Analiza modului de defectare, a efectului și criticității (AMDEC) pentru strungul normal S.N. 400x1500

a) **Principiul metodei.** Metoda AMDEC este considerată ca fiind de bază în managementul mentenanței, cât și în cel al calității totale. Apariția ei a fost legată de asigurarea unei disponibilități totale a echipamentelor militare strategice, ulterior fiind extinsă în domeniul industriei de automobile, iar mai recent în domeniul activității de mentenanță și de asigurare a calității în domeniul întreprinderilor mici și mijlocii.

Principiul metodei a fost prezentat în § 6.2 și constă în decrierea unui defect pe baza indicelui de criticitate (C), luând în considerare următorii trei factori:

1) *Frecvența de apariție* a defectului (F), care reprezintă probabilitatea de apariție a unui defect, la rândul lui dependent de probabilitatea de apariție a unei cauze. Frecvența poate fi apreciată prin media timpului de bună funcționare – MTBF, cu ajutorul coeficienților cuprinși în tabelul 6.1.

2) *Gravitatea* (G) reprezintă o evaluare a efectului defectării, resimțită de utilizatorul produsului sau utilajului respectiv. Această mărime se poate exprima în funcție de media timpilor de reparații MTR. În tabelul 6.2 se face o modalitate de apreciere a acestui indicator.

3) *Detectabilitatea* (D) reprezintă probabilitatea ca un defect să poată fi identificat atunci când există o cauză de apariție a acestui defect. Exprimarea lui se face pe baza calculelor probabilistice. O propunere de valori ale detectabilității D este prezentată în tabelul 6.3.

Criticitatea defectului se apreciază cu ajutorul relației

$$C = F \cdot G \cdot D \quad (9.1)$$

Conform definiției, AMDEC reunește competențele grupurilor de muncă implicate în procesul de producție, prin constituirea unei echipe multidisciplinare.

b) Obiectul studiului îl constituie analiza modului de defectare a strungului normal SN 400x1500 și a efectelor sale asupra producției la S.C. „METALICA” S. A. Oradea. S-a ales strungul deoarece este un utilaj-cheie din următoarele considerente:

- posibilitățile tehnologice extinse ale acestui utilaj;
- productivitate ridicată și impactul economic decisiv asupra rezultatelor firmei;
- reprezentativitatea ridicată a acestui tip de utilaj în sectorul mecanic al unității.

c) Echipa AMDEC a fost constituită din :

- coordonator,
- maestru din compartimentul producție,
- un operator din compartimentul de asigurare a calității,
- un operator de mentenanță.

d).Constatări. Din dosarul conținând istoricul activităților de mentenanță realizate asupra strungului, cât și din fișa de analiză a defectului au fost extrase datele necesare, iar prin coroborarea acestora cu indicatorii din tabelele 6.1-6.3 și din calculul criticității, au rezultat coeficienții de apreciere din tabelul 9.2.

e) Concluzii. Pe baza rezultatelor din tabel, se pot formula următoarele concluzii:

1) Criticitatea cea mai ridicată o prezintă defecțiunile rulmenților la axul principal care afectează hotărâtor funcționarea strungului. Cauzele principale care duc la deteriorarea rulmenților sunt:

- montarea incorectă a acestora,
- ungerea necorespunzătoare,
- oboseala materialului.

Frecvența cea mai mare a opririlor se datorează uzurii curelei de transmisie.

Tabelul 9.2

Subansamblul	Defecte principale posibile	Cauze principale potențiale	Efecte principale	F	G	D	C
Cutia de viteze	defecte ale rulmenților la axul principal	-ungere necorespunzătoare -uzura prin oboseală	piese ovale	3	7	1	21
	defecte ale pinionului de la cutia de viteze	-ungere necorespunzătoare -uzura prin oboseală	piese defecte	3	5	1	15
	uzura lacătului la cărucior	frecarea	filete defecte	1	5	1	5
	defecte ale cuplajelor electro-magnetice	arderea bobinajului	nefuncționarea motorului electric	1	6	1	6
	defecte ale bușelor la lire	uzura roților dințate	piese defecte	1	5	1	5
	defecte ale papucilor roților baladoare	-șocurile -scule neascuțite -ungere necorespunzătoare	-trepidații -ruperea danturii roților dințate -ruperea penelor -torsionarea arborilor axelor canelate	1	5	1	5
	uzura curelelor de transmisie	-suprasolicitări -tamponare -scurgeri de lubrifianți pe curele	-oprirea utilajului -trepidații	6	3	1	21

Subansamblul	Defecte principale posibile	Cauze principale posibile	Efecte principale	F	G	D	C
Batiul strungului	defecte ale ghidajelor batiului	uzura prin frecare	piese defecte	1	10	1	10
	defecte ale prismei căruciorului	uzura prin frecare	piese defecte	1	6	1	6
	defecte ale păpușii mobile	uzura prin frecare	filete defecte	1	7	1	7
Instalația electrică	contactorii TCA 32/AU=220V	-străpungerea izolației între contacte - formarea unor pelicule izolatoare între suprafețele de contact	oprirea alimentării motorului cu curent electric	1	7	1	7
	rulmenții motorului electric	uzura prin oboseală	oprirea motorului	1	4	1	4
	deteriorări ale înfășurării bobinelor	scurtcircuitarea înfășurării bobinei	oprirea utilajului	1	5	1	5
	defecte ale capacelor motorului electric	-uzura și blocarea rulmenților -distrugerea rotorului și a statorului	-trepidații - oprirea motorului	1	4	1	4

2) Deși se produc rar, defecțiunile ghidajelor – datorate în special uzurii prin frecare – sunt cele mai grave. În acest caz, repunerea în funcțiune a mașinii necesită un timp mai îndelungat (aprox. 2 săptămâni).

f) Recomandări. Ca rezultat final, pentru utilizarea mai eficientă a strungului normal SN 400x1500 este necesar elaborarea unui **plan de ameliorare a calității și mentenanței**, care să conțină minimal următoarele măsuri:

1) folosirea unor uleiuri de calitate superioară pentru creșterea fiabilității rulmenților și a pinionului de la cutia de viteze;

2) dotarea mașinilor cu aparate de măsură și control care să permită determinarea gradului de uzură a componentelor aflate în mișcare;

3) respectarea programelor de mentenanță de nivel I și II și optimizarea acestora (prin MBF – mentenanța bazată pe fiabilitate), în vederea reducerii gravității și frecvenței defecțiunilor la toate subansamblele mașinii.

Cazul D. Stabilirea pragului de disponibilitate a strungului normal S.N.400x1500

a) **Aspectul conceptual** al cazului este legat de noțiunea de *disponibilitate*, prin care se înțelege capacitatea unui utilaj sau a unei instalații de a îndeplini în condiții optime funcțiunea pentru care a fost conceput, și se caracterizează prin indicatorul de eficiență D_m numit disponibilitate medie. Așa cum s-a arătat în § 7.5 disponibilitatea medie se calculează cu relația

$$D_m = \frac{\textit{Timp de disponibilitate}}{\textit{Timp de disponibilitate} + \textit{Timp de indisponibilitate}}$$

În exploatarea unui utilaj interesează disponibilitatea minimă începând de la care firma obține beneficiu. Pentru aceasta este necesar să cunoaștem raportul dintre venituri și cheltuieli pentru anumite valori ale disponibilității, raport pentru evaluarea căruia se folosește noțiunea de *prag de disponibilitate*. Pragul de disponibilitate a unui utilaj reprezintă disponibilitatea minimă începând de la care utilajul asigură un raport pozitiv venituri-cheltuieli.

Cunoașterea sa este necesară deoarece în firmele în care capacitatea de producție nu este acoperită cu comenzi, sau utilajele nu sunt utilizate pe deplin din diverse motive (tehnice, economice sau manageriale), deținerea unei mașini constituie o povară pentru firmă, deoarece aceasta aduce pierderi în loc de câștig.

b) **Obiectul studiului** îl constituie determinarea pragului de disponibilitate a strungului normal SN 400x1500, mașină-unealtă reprezentativă în atelierele de producție ale S.C. „METALICA” S.A. Oradea.

Investiția inițială a fost de aproximativ 3.000.000.000 lei, echivalentă achiziționării unui utilaj nou.

Amortizarea utilajului este prevăzută a se realiza liniar, în 15 ani. Costurile de mentenanță reprezintă 8% din valoarea investiției, în timp ce o valoare egală cu 40% din aceasta se va cheltui pentru regie și diferite taxe.

În urma exploatării utilajului, se va obține un venit anual cumulat de $S = 2.000.000.000$ lei, în condițiile în care cheltuielile de exploatare (CH) sunt de aproximativ 1.700.000.000 lei.

Se pune problema calculului disponibilității minime, începând de la care firma obține profit, respectiv a pragului de disponibilitate.

Cheltuielile fixe CH_0 se pot exprima ca fiind:

$$CH_0 = \left[\frac{1}{15} + \frac{8}{100} + \frac{40}{100} \right] \cdot 3.000.000.000 = 1.640.000.000 \text{ lei}$$

Valoarea „a” a coeficientului de proporționalitate a volumului serviciilor față de disponibilitate se determină din relația

$$S = a \cdot D_m$$

în care S reprezintă valoarea serviciilor de mentenanță efectuate și încasate.

Considerând o disponibilitate de 100%, ($D = 1$), vom avea

$$a = S = 2.000.000.000 \text{ lei}$$

iar din relația

$$CH = b \cdot D_m + CH_0$$

în care:

CH = cheltuielile de exploatare a unității de producție,

CH_0 = cheltuielile fixe,

b = coeficient de proporționalitate a cheltuielilor CH față de disponibilitate.

În cazul de față $CH = 1.700.000.000$ lei și atunci rezultă

$$b = CH - CH_0 = 1.700.000.000 - 1.640.000.000 = 60.000.000 \text{ lei}$$

Urmează că:

$$a - b = 2.000.000.000 - 60.000.000 = 1.940.000.000 \text{ lei}$$

Drept consecință, unei disponibilități de 100% îi corespunde o variație de marjă brută de 1.940.000.000 lei. Ca urmare, o variație de 1 % a disponibilității antrenează o scădere a acesteia cu 194.000.000 lei.

Calculăm pragul de disponibilitate D_M cu relația

$$D_M = \frac{CH_0}{a - b}$$

și obținem:

$$D_M = \frac{1.640.000.000}{1.940.000.000} = 0,84$$

c) **Concluzie.** Conform acestui calcul trebuie să se asigure condițiile tehnice și economice pentru ca strungul să funcționeze efectiv 84% din timpul disponibil pe perioada unui an. În caz contrar, utilizarea strungului va conduce la pierderi pentru unitatea de producție.

Cazul E. Elaborarea rețelei tehnice și umane a mentenantei (RTUM) **la S.C. „ÎNFRĂȚIREA” S.A.**

a) Prezentarea unității.

Actuala Societate Comercială „INFRĂȚIREA” S.A. Oradea s-a dezvoltat în mai multe etape, începând din anul 1902 când s-a înființat Întreprinderea „PHOEBUS”, prin comasarea unui atelier de lăcătușerie cu unul de turnătorie, pe teritoriul actualei S.C. „Electrometal” S.A. Doi ani mai târziu întreprinderea se mută în sediul actual, având ca obiect de activitate producția de pluguri, prese pentru struguri și articole de uz casnic.

În 1911 se construiește vechea hală de prelucrări și montaj, cu o suprafață de 1800 m²; unitatea se dezvoltă după 1920 când acționarii încheie contracte cu statul pentru repararea de locomotive. În perioada următoare se construiesc un atelier de montaj, o turnătorie de fontă și o modelărie. În anul 1936 se înregistrează falimentul acționarilor, iar întreprinderea este cumpărată de Banca Franco-Română care, în anul 1939 a demontat și a mutat tot ce s-a putut la Brăila.

În anul 1945 mai multe întreprinderi mici cu profil de prelucrare a metalelor se grupează în „Societatea pe Acțiuni Phoebos” având ca obiect producția de sobe, broaște pentru uși, cărucioare pentru copii și planoare. Fabricii i se atribuie actualul nume în anul 1949, când se începe producția de mașini-unelte. În anii '50 a început acțiunea de înlocuire a utilajelor cu transmisii prin curele prin mașini cu productivitate și tehnicitate ridicată, urmată de acțiunea de sistematizare a amplasării utilajelor. Societatea Comercială „ÎNFRĂȚIREA” S.A. s-a înființat prin reorganizarea Întreprinderii de Stat „Înfrățirea”, în temeiul Legii 15/1990, a Legii 31/1990 și a Hotărârii Guvernului nr. 1213/1990, iar din 1993 unitatea s-a structurat în:

- Fabrica de Piese Turnate,
- Fabrica Prestări Servicii.

Ponderea activităților în anul 2003 a fost urătoarea:

- Producția de mașini-unelte 18,60 %
- Producția de piese turnate45,98 %
- Prestări servicii 9,60 %
- Comercializarea mașinilo-unelte25,82 %

1) Fabrica de Piese Turnate produce anual 3600 tone piese turnate din fonte cenușii și 18 tone aliaje neferoase (aluminii și bronz), care utilizează ca materie primă pentru prepararea amestecurilor fontă nouă, fontă veche, deșeuri de oțel, cupru electrolitic, blocuri și deșeuri de aluminiu, materiale auxiliare, iar pentru încălzirea cuptoarelor se consumă anual 860 tone combustibil lichid ușor (CLU).

2) Fabrica de Prestări Servicii are ca obiect de activitate :

- fabricarea și comercializarea de bunuri industriale, în principal mașini-unelte pentru prelucrarea metalelor;
- reparații capitale și curente la mașini-unelte interne precum și pentru alte unități pe bază de contracte;
- operații de service în garanție și postgaranție pentru produsele proprii sau fabricate de terți;
- activități de consulting, montaj și punere în funcțiune de utilaje, asistență tehnică, școlarizare, expertiză tehnică și valorică în domeniul industrial;
- efectuarea operațiunilor de aprovizionare din țară și din străinătate cu materii prime, materiale, piese și subansambluri necesare desfășurării activității proprii de producție, precum și pentru alte societăți pe bază de contract.

Sucursala este organizată în birouri (plan producție, contabilitate, transport, aprovizionare), ateliere (reparații, forjă, tinichigerie, mase plastice, sudură, tâmplărie, instalații sanitare, transport uzinal, transport auto, edile).

b) Obiectul studiului a constat în identificarea și analiza sistemului de relații existente între personalul care concură la remedierea unei pene de funcționare.

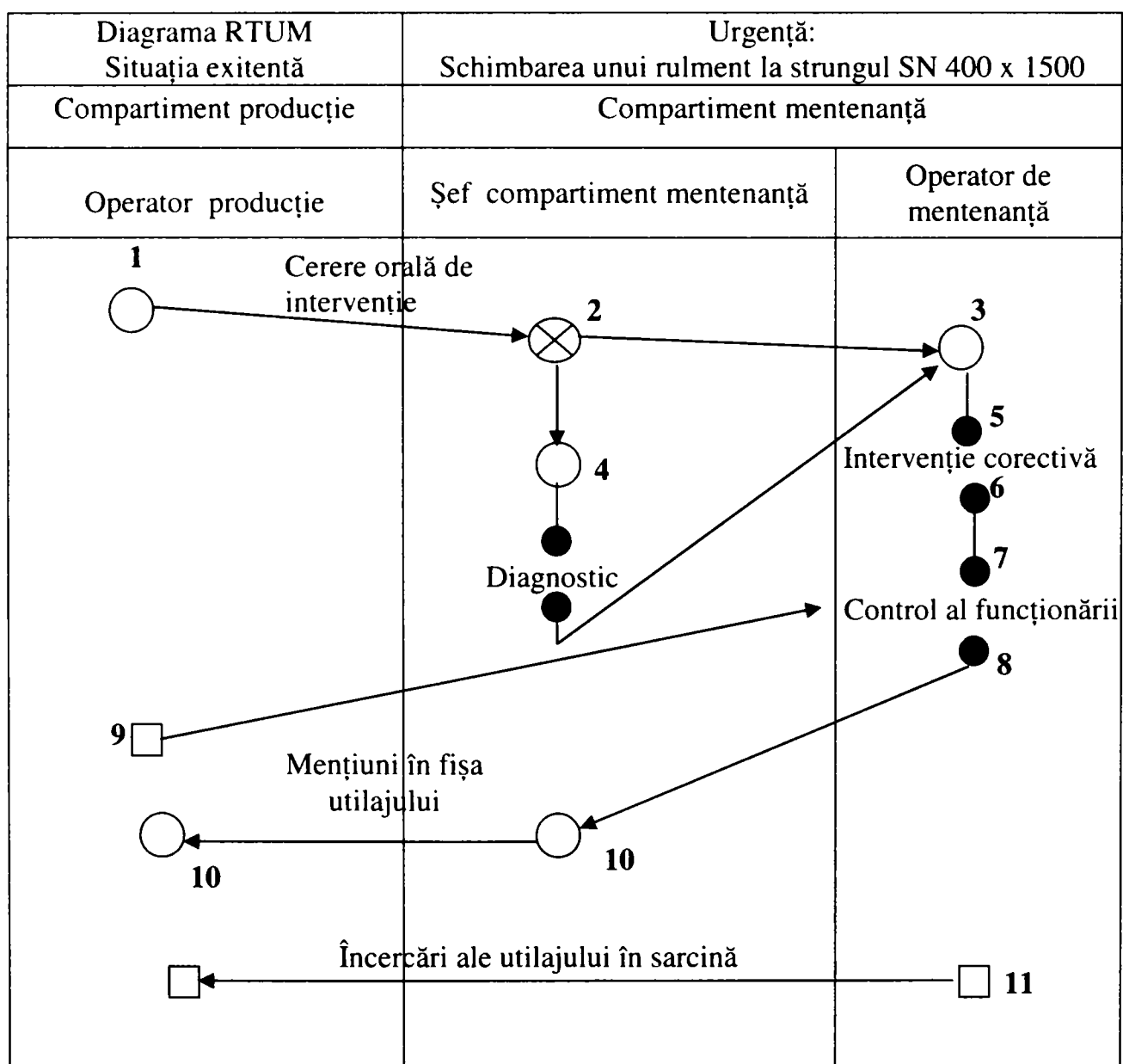
Analizând acțiunea de remediere a unei defecțiuni (schimbarea rulmentului la axul principal a strungului SN 400 x 1500) s-au identificat următoarele acțiuni:

1. Operatorul de producție constată pana de funcționare a utilajului.
2. Operatorul de producție elaborează o cerere fermă de intervenție adresată șefului compartimentului de mentenanță.
3. Operatorul de mentenanță primește și analizează cererea de intervenție.
4. Șeful compartimentului de mentenanță elaborează, împreună cu operatorul de producție, un diagnostic al penei.

- 5-6. Se efectuează intervenția corectivă.
- 7-8. Are loc un control al funcționării.
9. Operatorul de producție împreună cu mentenorii participă la controlul bunei funcționări a utilajului.
10. Șeful compartimentului de mentenanță face mențiuni în fișa utilajului privind exploatarea și întreținerea acestuia.
11. Se face o încercare a funcționării utilajului în sarcină pe o perioadă de 8 – 16 ore.

Utilizând simbolurile menționate în tabelul 9.3 s-au reprezentat convențional relațiile care există între personalul care participă la remedierea penei de funcționare.

Tabelul 9.3



c) Planul de ameliorare al mentenanței:

În urma analizei diagramei RTUM întocmite, împreună cu șeful compartimentului de producție și cu șeful compartimentului de mentenanță, a rezultat că situația existentă se poate ameliora prin:

- dezvoltarea automențenanței, în vederea implicării competente a operatorului de producție în remedierea unor pene de gravitate scăzută.
- Reducerea implicită a numărului de intervenții corective.
- Prezența „pe teren” a mentenorilor și a responsabilului producției.

Cazul F. Determinarea gradului de uzură a unui echipament cu ajutorul lanțurilor Markov

a). Prezentarea atelierului de reparații. Atelierul S.C. „ÎNFRĂȚIREA” S.A. este destinat reparațiilor utilajelor industriale, în special mașinilor-unelte pentru prelucrarea metalelor, reparații capitale și curente, atât pentru uzul propriu cât și pentru societăți.

Ca materii prime, pentru desfășurarea procesului tehnologic, se utilizează laminate de diverse tipuri (OLC, OSC, AUT ; RUL etc.) și forme (bare, țevi, profile etc.): semifabricate din fonte și neferoase primite de la Fabrica de Piese Turnate aparținătoare Societății, precum și piese forjate.

Procesul tehnologic din atelierul de reparații cuprinde următoarele faze :

- debitare laminate,
- prelucrări mecanice constând în : strungire, frezare, rabotare, mortezare, găurire, rectificare, etc., ce se execută pe mașini specifice fiecărei operațiuni.
- tratamente termice și termochimice precum și operațiile de degroșare și acoperiri metalice se execută în cooperare cu S.C. « STIMIN » S.A.,
- montaj mecanic, montaj instalații electrice și electronice,
- vopsire,
- ambalare mașini-unelte.

Depozitarea materialelor și a componentelor ce se achiziționează din exterior se asigură în magazia centrală.

Deșeurile rezultate din tehnologic este de tip șpan, se depozitează în containere și se valorifică prin REMAT.

b) Prezentarea echipamentului. Strungurile normale sunt mașinile-unelte cele mai vechi și în același timp cele mai folosite în industrie. La strungurile normale (fig.9.5),

mișcarea principală de așchiere este executată de piesa fixată în universalul strungului, care se rotește împreună cu axul principal.

Mișcarea principală de așchiere este realizată de lanțul cinematic principal, format din motorul electric de acționare, cutia de viteze CV, axul principal și piesa.

Mișcarea de avans longitudinal a căruciorului este asigurată de lanțul cinematic de avans longitudinal care primește mișcarea din cutia de viteză CV, iar prin roțile de schimb A/B transmite la cutia de avansuri CA și de aici prin intermediul barei de avans BA la cutia căruciorului CC. Din cutia căruciorului mișcarea se transmite, cu ajutorul angrenajelor, la mecanismul pinion-cremalieră care transformă mișcarea de rotație în mișcarea de translație a căruciorului.

Avansul transversal, realizat de sania transversală, se asigură de lanțul cinematic de avans transversal, care este comun cu cel longitudinal până la cutia căruciorului. De aici mișcarea se transmite la șurubul saniei transversale care asigură deplasarea transversală prin intermediul piuliței solidară cu această sanie.

Lanțul cinematic de avans al saniei port-cuțit este acționat în general manual și este format dintr-un mecanism șurub-piuliță pentru transformarea mișcării de rotație în mișcare de translație.

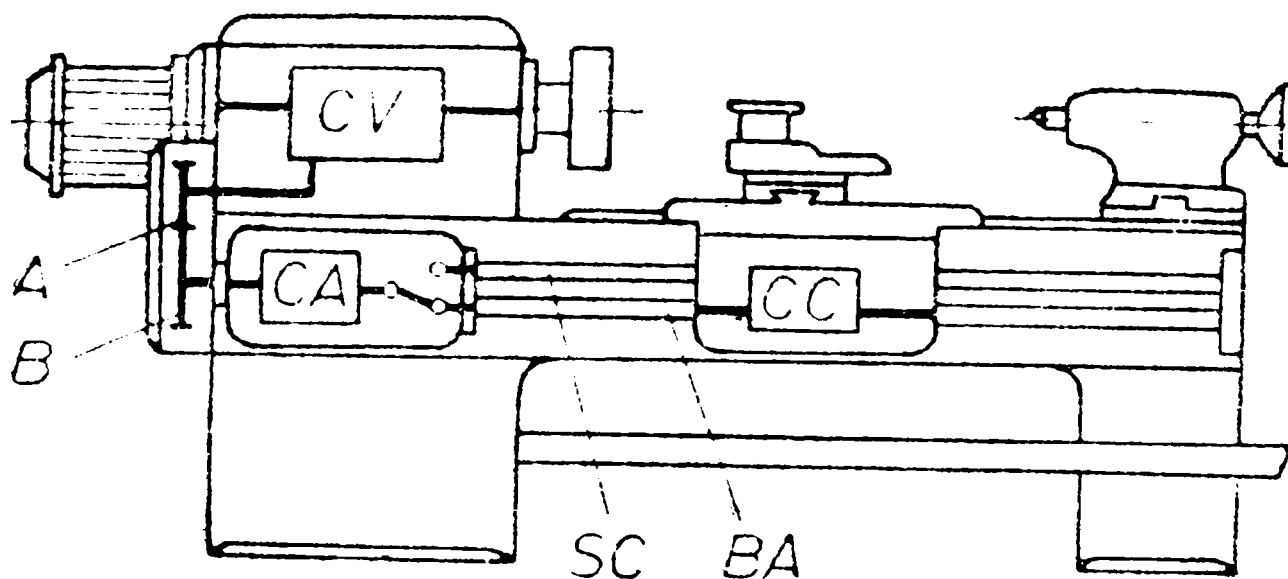


Fig. 9.5 Reprezentarea simplificată a strungului normal SN 400 x 1500

Strungurile normale au și un lanț cinematic de filetare, prin care se asigură deplasarea sculei cu un pas la o rotație a piesei. Lanțul cinematic de filetare este comun cu cel de avans până la cutia de avansuri. De aici mișcarea se transmite la cărucior prin șurubul

conducător ȘC și piulița zăvor (piuliță din două părți, ca să se poată cupla sau decupla de șurubul conducător).

În funcție de calitatea materialului sculei și natura materialului de prelucrat, sunt posibile diferite viteze de așchiere, la diferite turații ale axului principal. Turațiile diferite sunt asigurate de cutia de viteze, formată dintr-o serie de mecanisme cu roți dințate baladoare legate în serie.

Turația dorită la axul principal se asigură prin deplasarea baladoarelor cu ajutorul manetelor de comandă, în funcție de indicațiile înscrise pe plăcuțele aflate în dreptul acestor manete.

c) **Obiectul studiului** îl constituie determinarea probabilității de avarie a strungului normal SN 400x1500, utilizat pe scară largă la această societate, atât în secția de producție cât și în compartimentul de mentenanță.

Studiul „istoricului” și analiza fișelor de reparații a dezvăluit faptul că uzura cea mai pronunțată la acest utilaj se înregistrează la :

- ghidajele batiului,
- lagărul arborelui principal,
- șurubul conducător,
- angrenaje,
- deformații termice în carcasa cutiei de vitezeși în păpușa fixă a strungului,
- la partea electrică : comutatorii, relele, și conductorii electrici,
- instalația hidraulică (mai ales pompele).

Din analiza comportamentului strungului în cursul duratei lui de viață, se poate trage concluzia că **trecerea sa prin diferite grade de uzură, până la avarierea completă, poate fi asociată stărilor din lanțul Markov**. Aparatul matematic utilizat în tratarea problemelor de acest gen a fost înfățișat în paragraful 4.9. Admitem că la strungul prezentat distingem trei grade de uzură și o stare de avarie, cu următoarea matrice a probabilităților de tranziție stabilită empiric :

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & \text{avarie} \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \text{avarie} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,1 & 0,1 \\ 0 & 0,5 & 0,4 & 0,1 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Determinarea probabilității de avarie se realizează cu formula

$$p^{(n)} = \Pi^{(0)} \cdot p^{n-1} \cdot (P - I_M) \cdot e_M \quad (9.2)$$

în care simbolurile au următoarele semnificații :

$p^{(n)}$ – probabilitatea de avarie după „n” etape,

$\Pi^{(0)}$ – probabilitatea ca echipamentul să se afle într-o stare inițială dată,

P – matricea probabilităților de tranziție,

I_M – matricea unitate de ordinul M

e_M – vector coloană

Dacă echipamentul este inițial în starea 1 avem: $\Pi^{(0)} = [0,0, \dots, 1,0, \dots, 0]$, iar probabilitatea de avarie după o etapă este:

$$p^{(1)} = [1,0,0,0] \cdot \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,1 & 0,1 \\ 0 & 0,5 & 0,4 & 0,1 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 0,1$$

Probabilitata de avarie după două etape se determină cu ajutorul formulei (9.2), rezultând:

$$p^{(2)} = [1,0,0,0] \cdot \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,1 & 0,1 \\ 0 & 0,5 & 0,4 & 0,1 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -0,5 & 0,3 & 0,1 & 0,1 \\ 0 & -0,5 & 0,4 & 0,1 \\ 0 & 0 & -0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 0,13$$

Probabilitatea de avarie după trei etape se va obține calculând mai întâi $p^{3-1} = p^2$

$$p^2 = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,1 & 0,1 \\ 0 & 0,5 & 0,4 & 0,1 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,1 & 0,1 \\ 0 & 0,5 & 0,4 & 0,1 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,25 & 0,3 & 0,22 & 0,14 \\ 0 & 0,25 & 0,4 & 0,35 \\ 0 & 0 & 0,25 & 0,75 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Înlocuind apoi în relația (9.2) rezultă:

$$p^{(3)} = [1,0,0,0] \cdot \begin{bmatrix} 0,25 & 0,3 & 0,22 & 0,14 \\ 0 & 0,25 & 0,4 & 0,35 \\ 0 & 0 & 0,25 & 0,75 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -0,5 & 0,3 & 0,1 & 0,1 \\ 0 & -0,5 & 0,4 & 0,1 \\ 0 & 0 & -0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 0,165$$

care exprimă probabilitatea de avarie a strungului după trei etape.

d) În concluzie probabilitatea de avarie a strungului este :

10% după prima etapă,

13% după a doua etapă,

16,5% după a treia etapă de funcționare.

Dacă se continuă calculul lui $p^{(4)}, p^{(5)}, \dots, p^{(n)}$ se obține distribuția de probabilități a avariilor pentru strungul normal SN 400 x 1500.

Cunoscând aceste probabilități se poate determina durata medie de viață a strungului cu ajutorul formulei

$$T_m = \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot p^{(n)}$$

Cazul G. Identificarea prin metoda Pareto a principalelor cauze de apariție a defectiunilor

a) **Prezentarea unității.** Studiul a fost realizat la întreprinderea S.C. „EUROCONSTIL”.SRL, cu sediul în orașul Marghita, unitate profilată pe producția de confecții încălțăminte din piele, pentru bărbați, femei și copii. Societatea a luat ființă în anul 1991.

Unitatea dispune de patru ateliere de producție dotate cu următoarele utilaje importate din Italia:

- mașini de cusut fețe din piele,
- mașini de îndoit fețe,
- mașini de subțiat pielea,
- mașini de tivit,
- mașini de presat pânzeturi,
- mașini de cusut în zig-zag,
- mașini „ADLER” de cusut în „x” (sau în „cruce”),
- mașini de aplicat pânzeturi pe fețele din piele,
- mașini de lipit șnur pe fețe,
- mașini de șampilat anul și luna fabricației, mărimea și numărul articolului (modelul),
- mașini de ars capetele de ață,
- mașini de croit mecanic pentru fețe.

Societatea are 160 de angajați și își desfășoară activitatea în două schimburi. Întreaga sa producție este livrată unei firme din Italia. Conducera societății este asigurată de un administrator și un contabil.

b) **Obiectul studiului** îl constituie identificarea principalelor cauze de apariție a defectiunilor la utilajele din dotare. Pentru asigurarea desfășurării în bune condițiuni a

activității de mentenanță unitatea dispune de un atelier de reparații, deservit de doi operatori de mentenanță.

Principiul care stă la baza metodei Pareto este înfățișat în § 6.7.

Consultând fișele care conțin istoricul defecțiunilor fiecărui utilaj, s-au obținut datele din tabelul 9.4 pe baza cărora, dacă dorim putem face un clasament al defecțiunilor de tip ABC, în care se disting trei zone:

➤ zona A – în care, în majoritatea cazurilor, se constată că circa 20% din defecțiuni reprezintă aproximativ 80% din costurile necesare înlăturării acestor (sau din timpul de staționare), constituind zona de prioritate absolută;

➤ zona B – în această zonă, circa 30% din defecțiunile următoare nu costă (sau nu reprezintă) decât 15% din costurile totale (din timpul de staționare total);

Tabelul 9.4

Tip defecțiune	Ore de întreruperi	Ore de întreruperi cumulate	%	Nr. întreruperi	Nr. întreruperi cumulate	%
Defecțiuni la cutia de mecanisme	3	3	36,45	10	10	3,38
Defecte ale rulmenților motorului	2	5	60,75	10	20	6,77
Defecțiuni disc fricțiune	1	6	72,90	20	40	13,55
Defecte ale tijei acelor	0,5	6,5	78,97	20	60	20,33
Dereglarea transportorului	0,5	7	85,05	20	80	27,11
Graifer zgârâiat	0,33	7,33	89,06	40	120	40,67
Ruperea curelei de transmisie	0,33	7,66	93,07	15	135	45,76
Uzura roții conducătoare	0,16	7,82	95,01	20	155	52,54
Defecțiuni ale mecanismului de tensionare a aței	0,16	7,98	96,96	80	235	79,66
Defecțiuni ale dispozitivului de acționare a ambreiajului	0,16	8,14	98,90	20	255	86,44
Dereglări ale tijei acelor	0,083	8,22	99,87	20	275	93,22
Deteriorarea plăcii acelor	0,01	8,23	100	20	295	100

➤ zona C – zonă în care 50% din defecțiunile rămase nu reprezintă decât 15% din costurile totale (din timpul de staționare).

c) **Interpretarea datelor.** Datele din tabel ne permit întocmirea unei clasificări a defecțiunilor de tip „ABC” (fig. 9.6), după cum urmează:

➤ zona A – în care se constată că 20,33% din defecțiuni reprezintă 78,97% din timpul total de staționare al utilajului;

➤ zona B – în care se constată că 32,21% din defecțiunile constatate nu reprezintă decât 16,04% din timpul total de staționare;

➤ zona C – în care 47,46% din defecțiuni nu reprezintă decât 4,99% din timpul de staționare.

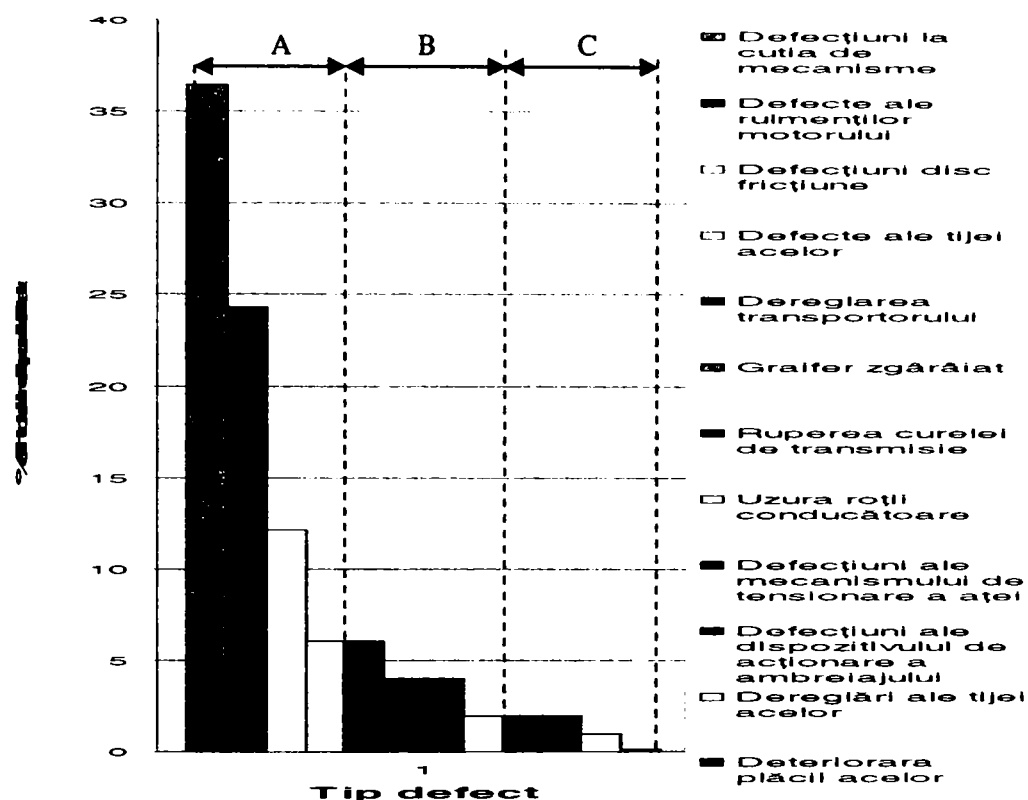


Fig.9.6 Clasamentul „ABC” al defecțiunilor

d) **Concluzii.** Rezultatele de mai sus sugerează luarea unor decizii eficiente în materie de mentenanță, după cum urmează:

➤ defecțiunile incluse în zona A – defecțiuni ale cutiei de mecanisme, defecțiuni ale rulmenților motorului, defecțiuni ale discului de fricțiune și defecțiuni ale tijei acelor – au o prioritate fundamentală; pentru aceste defecțiuni se va implementa o *politică de mentenanță preventivă*.

➤ pentru defecțiunile incluse în zona B – dereglarea transportorului, defecte ale graiferului, ruperea curelei de transmisie și uzura roții conducătoare – exigențele vor fi mult mai scăzute sub aspectul metodelor de prevenire;

➤ pentru defecțiunile incluse în zona C – defecțiuni ale mecanismului de tensionare a aței, defecțiuni ale dispozitivului de acționare a ambreiajului, dereglări ale tijei acelor și deteriorarea plăcii acelor – nu se va aplica nici o metodă de mentenanță preventivă, ci numai acțiuni de *mentenanță după necesități*. Aceste defecțiuni pot constitui obiectul unui contract de mentenanță.

Cazul H. Determinarea vârstei optime de înlocuire a unui utilaj

a) **Prezentarea unității** și a utilajelor cu care sunt dotate atelierele sale de producție este cuprinsă în cazul G. Pentru fabricarea fețelor de încălțăminte se utilizează ca materie primă pielea box naturală, căptușeală din piele, căptușeală din pânză, meșină de ovine și materiale auxiliare.

Principalele operații și faze ale procesului tehnologic sunt următoarele:

- croit mecanic prin ștanțare,
- subțierea marginii fețelor,
- aplicarea pânzeturilor pe piese,
- cusut căptușeala, ștaiful și vipușca,
- cusut decor cu un ac sau cu două ace, după cum cere beneficiarul,
- încheierea carâmbilor cu căputa, la un ac sau la două ace,
- ungerea cu adeziv a fețelor și a căptușelii,
- cusut căptușeala pe fețe,
- capsarea fețelor,
- cusut marginea de jos a fețelor (rezerva),
- curățirea fețelor, CTC etc.

b) **Descrierea utilajului.** În fig.9.7 este reprezentat lanțul cinematic al mașinii de cusut cu două ace, în care: 1, 2 – ax motor; 3, 4 – roți dințate conice; 5, 9 – bare; 6, 7 – roți dințate; 8 – axul de transmitere la transportor; 11, 12, 14, 15 – roți dințate; 8 – axul de roți dințate; 13, 16 – axe; 17 – graifăre; 18 – excentric; 25 – volant; 26 – roțița de transport a materialului; 27 – bara acelor.

Principiul de funcționare a mașinii este următorul: axul 8 de mișcare a graifărelor primește mișcarea de la axul principal 2, iar în apropierea capului mașinii, acest ax prezintă două angrenaje (roțile 3, 4, 6, și 7), care pun în mișcare axele verticale 13 și 16, care la rândul lor dau graifărelor 17, o mișcare de rotație continuă. Pentru reglarea mărimii pasului, mașina este prevăzută cu un mecanism montat pe axul principal al mașinii.

Deplasarea axelor celor două graifăre se face prin deplasarea celor două roțițite dințate 11 și 14, de-a lungul axului 8, păstrându-se angrenajul lor cu roțițele 12 și 15, care dau mișcarea de rotație axelor graifărelor. Acest reglaj fiind mai dificil nu se execută de muncitori, ci de operatorul de mentenanță.

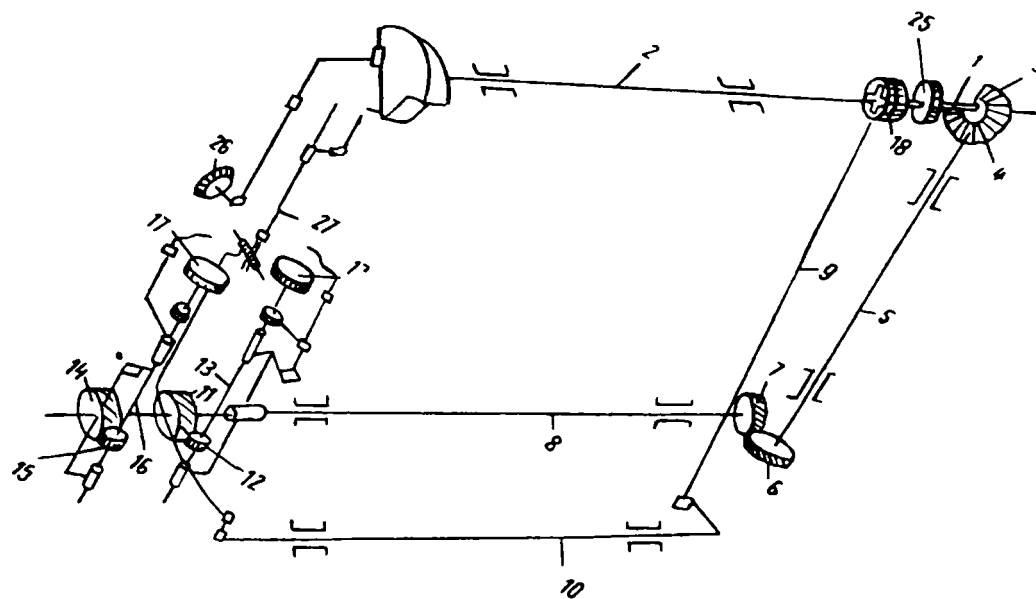


Fig. 9.7 Lanțul cinematic al mașinii de cusut cu două ace

c) **Reguli de întreținere.** Ca rezultat al frecării, organele mașinii de cusut fețe din piele, sunt supuse încălzirii și deformării, cu consecințe asupra productivității și calității produselor. Pentru a preîntâmpina uzura, este necesar ca mașina să fie curățată și unsă la anumite intervale de timp. Principalele etape privitoare la aceste operații sunt:

1) La sfârșitul celor opt ore ale schimbului, muncitorii curăță mașina de praf, de resturile de materiale rămase între organele mașinii și de uleiul murdar.

2) După curățire mașina se pornește și se lasă să meargă câteva minute în gol, pentru a se elimina toate impuritățile.

3) Pentru a se reduce frecarea, mașina se unge din nou, apoi se lasă să meargă în gol pentru a se unge toate organele, sau cele care au fost curățite, și pentru a se elimina surplusul de ulei.

4) În scopul evitării murdării încălțăminte, mașina nu se unge cu surplus de ulei; dacă s-a uns cu pre mult ulei, înaintea de începerea lucrului organele lucrătoare vor fi curățite

d) **Obiectul studiului** îl constituie determinarea vârstei optime de înlocuire a mașinii de cusut fețe din piele pentru încălțăminte.

Studiul a fost realizat la întreprinderea S.C. „EUROCONSTIL”.SRL Marghita, unitate dotată cu mașini de cusut pentru producția de încălțăminte.

Studiul istoricului mașinii, analiza fișelor de reparații și valorificarea datelor din evidența contabilă a unității, au condus la datele cuprinse în tabelul 9.5, în care costurile sunt exprimate în milioane lei, la nivelul anului 2003.

Tabelul 9.5

An	Investiții și revânzări	Costul anual de mentenanță	Costul global redus	Costul global redus mediu	Costul marginal
1	40	-	40	40	40
2		80	42	21	2
3		5	47	15,6	5
4		7	54	13,5	7
5		8	62	12,4	8
6		18	80	13,3	18
7		22	102	14,6	22
8		31	133	16,6	31

Pe baza datelor din tabel s-a făcut reprezentarea grafică din fig. 9.8

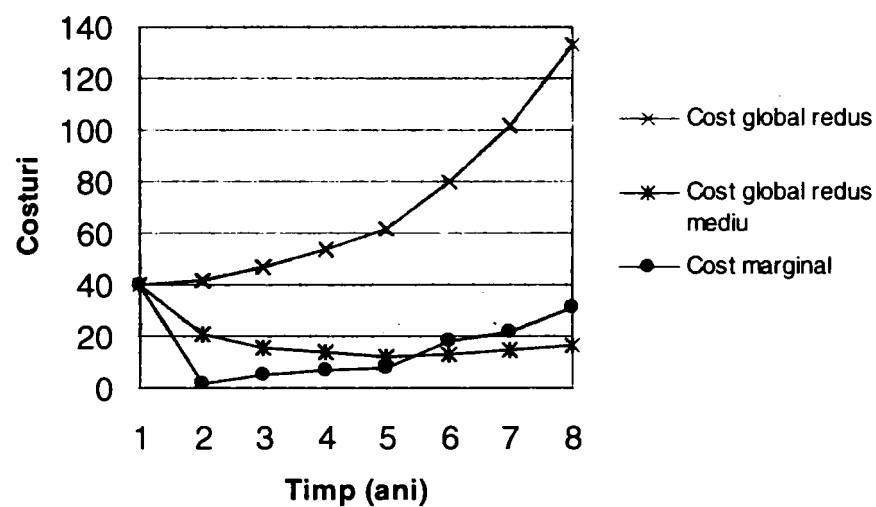


Fig. 9.8 Reprezentarea grafică a costurilor

e) **Constatări.** Din analiza graficului desprindem următoarele aspecte:

1) Costul global redus are o tendință crescătoare, deci utilajul nu va putea fi păstrat pe o perioadă de timp nelimitată.

2) Costul marginal descrește la începutul perioadei, datorită investiției, apoi are o tendință crescătoare.

3) Costul global redus mediu descrește în primii 5 ani, după care prezintă o tendință crescătoare.

4) Începând cu al șaselea an de funcționare, utilajul prezintă un cost marginal mai mare decât costul mediu.

f) **Concluzie.** Având în vedere faptul că în graficul întocmit, curba de evoluție a costului marginal intersectează curba costului global redus mediu într-un punct de abscisă cuprinsă între 5 și 6, deducem că vârsta optimă de înlocuire a mașinii de cusut fețe din piele pentru încălțăminte este de aproximativ 6 ani.

Cazul I. Determinarea metodei optime de mentenanță pe baza costului total mediu de mentenanță

1) **Obiectul studiului** l-a constituit analiza comparativă a costurilor diferitelor politici ce se pot aplica în cazul mentenanței mașinilor Adler de cusut fețe din piele pentru încălțăminte, din dotarea atelierelor de producție a S.C. „Euroconstil” S.R.L. Marghita, în anul 2004, unitate care a fost deja prezentată la un studiu de caz anterior.

2) **Aspectele conceptuale**, teoretice, ale metodei de lucru au fost prezentate în cap. 7 a lucrării și cuprind:

- Costul total mediu de mentenanță curativă pe unitatea de timp (C_{11}):

$$C_{11} = \frac{p + P}{MTBF} \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (9.3)$$

în care:

p = costul unei intervenții preventive (lei);

P = costul suplimentar, suportat în cazul defectării utilajului (lei);

$MTBF$ = media timpului de bună funcționare, respectiv media intervalului de timp scurs între două defectări succesive (determinat statistic) și se exprimă în ore.

- Costul total mediu de mentenanță paliativă pe unitatea de timp (C_{12})

Prin similitudine cu relația (1), se consideră că mentenanța paliativă nu se deosebește de cea curativă decât prin rezultate, respectiv valoarea lui $MTBF$, a lui p și P . Ca urmare, avem următoarea formă de exprimare [V.07]:

$$C_{12} = \frac{p + P'}{MTBF'} \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (2) \quad (9.4)$$

în care:

P' = costul suplimentar, suportat în cazul defectării utilajului;

$MTBF'$ = media timpului de bună funcționare după perioada normată (mult mai mic decât $MTBF$ obținut inițial). Se exprimă în ore.

➤ Costul total mediu de mentenanță sistematică pe unitatea timp (C_{21}):

$$C_{21} = \frac{p + P \times F(t)}{m(t)}, \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (9.5)$$

în care:

$F(t)$ = probabilitatea de defectare a elementului critic considerat în perioada t de serviciu. La sfârșitul acestei perioade va fi necesară o intervenție corectivă (în general $F(t) \neq 0$).

$m(t)$ = durata medie de utilizare a elementului critic considerat (ore). În cazul unei înlocuiri preventive sistematice la sfârșitul perioadei T , se poate exprima ca fiind:

$$m(t) = \int_0^T [1 - F(t)] dt \quad (9.6)$$

Durata $m(t)$ este deci inferioară perioadei T de înlocuire preventivă sistematică. Dacă se așteaptă avaria, se ajunge la cazul mentenanței corective, în care $m(t) = MTBF$.

➤ Costul total mediu de mentenanță condițională pe unitatea de timp (C_{22})

$$C_{22} = \frac{p + g}{K_c \cdot MTBF} \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (9.7)$$

în care:

g = costul de aplicare al mentenanței condiționale, exprimat ca sumă a cheltuielilor de achiziționare a captatorilor și senzorilor necesari și a celor de citire, decodificare și interpretare a datelor culese.

K_c = coeficientul de intervenție condițională, ce crește de regulă $MTBF$

➤ Costul total mediu de mentenanță previzională pe unitatea de timp (C_{23}):

$$C_{23} = \frac{p + g}{K_p \cdot MTBF} \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right] \quad (9.8)$$

în care:

K_p = coeficientul de intervenție previzională, care va mări substanțial $MTBF$.

3) **Datele utilizate** au fost extrase din normativele de funcționare ale utilajului, cartea tehnică a mașinii de cusut, iar cele referitoare la costuri au fost furnizate de către serviciul contabil și de către managerul de producție.

- costul unei intervenții preventive la acest utilaj este de 150.000 lei,
- în cazul în care mașina s-ar defecta (defecțiune de complexitate medie), pe baza evidenței costurilor de mentenanță se constată că repunerea în funcțiune s-ar face cu un cost mediu de 800.000 lei,
- la o durată normată de funcționare de 10.000 h, MTBF este de 250 h,
- în cazul în care s-ar aplica o mentenanță sistematică, probabilitatea de defectare $F(t)$ ar fi de 0,35, corespunzătoare unei durate medii de utilizare $m(t)$ de 320 h,
- pentru mentenanța acestui tip de utilaj se mai poate apela la un dispozitiv de control al parametrilor tehnologici de funcționare pentru principalele subansamble, care costă 600.000 lei, la o durată de funcționare garantată de 2.500 h de funcționare,
- o intervenție condițională este apreciată ca având un cost 40.000 lei, conducând la un coeficient de K_c de 1,5.
- ultimele tipuri de dispozitive de urmărire generală a parametrilor de funcționare costă 4.000.000 lei, dar producătorul garantează, pentru 5.000 de ore de funcționare, un coeficient K_p de 2,5, la același cost de aplicare a metodei,
- o parte din mașinile de cusut sunt cu o durată normată de funcționare depășită, ca urmare, cu toate eforturile, nu se poate obține un MTBF' mai mic de 50 h,
- mașinile noi sunt garantate pentru o durată de funcționare de 1.000 h.

4) **Calculul costurilor.** Conform formulei (10.3), obținem costul total mediu de mentenanță corectivă pe unitatea de timp:

$$C_{11} = \frac{150000 + 800000}{250} = 3.800 \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right]$$

Dacă mașina s-ar utiliza peste durata normată de funcționare costul mediu de mentenanță paliativă pe unitatea de timp ar fi :

$$C_{12} = \frac{150000 + 800000}{50} = 19.000 \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right]$$

Dacă am utiliza o mentenanță sistematică, atunci costul total mediu de mentenanță sistematică (C_2) ar deveni conform (10.5):

$$C_{21} = \frac{150000 + 800000 \times 0,35}{320} = 1.344 \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right]$$

În cazul în care am opta pentru achiziționarea unui aparat de măsură și control, atunci costul de aplicare al mentenanței condiționale g devine:

$$g = \frac{600000}{2500} \times 250 + 10000 = 70.000 \text{ lei}$$

Ca urmare, costul total mediu de mentenanță condițională C_{22} devine conform relației (10.7):

$$C_{22} = \frac{150000 + 70000}{1,5 \times 250} = 587 \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right]$$

Aplicarea metodelor de mentenanță previzionară va conduce la cheltuieli g calculate ca fiind:

$$g = \frac{4.000.000}{5000} \times 250 + 10.000 = 210.000 \text{ lei}$$

Costul mediu de mentenanță previzionară pe unitatea de timp C_{23} va deveni:

$$C_{23} = \frac{150000 + 210000}{2,5 \times 250} = 576 \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right]$$

5).Concluzii. Din analiza rezultatelor obținute putem desprinde următoarele concluzii, care ne permit alegerea alternativei optime privind sistemul de mentenanță de aplicat:

➤ cea mai economică politică de mentenanță este cea previzionară, reprezentând 576 lei/oră. Aceasta implică însă achiziționarea unui A.M.C. care este costisitor, chiar dacă acesta își arată eficiența în timp. În plus, acesta facilitează evitarea costurilor de non-calitate ale produselor obținute;

➤ cu o investiție mult mai mică, se poate însă opta pentru mentenanța condițională, care va conduce de asemenea la costuri reduse, apropiate de cele ale mentenanței previzionare;

➤ dacă nu se dispune de fonduri pentru aplicarea mentenanței condiționale, atunci mentenanța sistematică este cea mai convenabilă din punctul de vedere al costului orar (1.344 lei/oră);

➤ mentenanța corectivă este deosebit de costisitoare, conducând la un cost total mediu de mentenanță de 3.800 lei/oră;

➤ dacă am dori să utilizăm mașina de cusut numai pe perioada de garanție, (în care nu vom avea cheltuieli de mentenanță corectivă, iar MTBF poate fi considerat ca fiind de 1.000 de ore), după care să o înlocuim, atunci cea mai convenabilă alternativă este mentenanța corectivă, costul mediu pe unitatea de timp fiind în acest caz:

$$C_{11} = \frac{P}{MTBF} = \frac{150000}{1000} = 150 \left[\frac{\text{lei}}{\text{ora}} \right]$$

➤ cel mai convenabil cost (150 lei / ora) se obține dacă recurgem la înlocuirea utilajului la momentul MTBF, însă acest lucru va conduce la cheltuieli de investiții deosebit de mari. Această strategie prezintă însă avantajul posibilității de a avea în permanență o dotare de ultima oră, costurile unitare de producție putând fi menținute la un nivel acceptabil pe baza creșterii productivității.

Cazul J. Optimizarea procesului de fabricație a pieselor de schimb

a). Obiectul studiului l-a constituit optimizarea procesului de fabricație a pieselor de schimb produse în compartimentul de mentenanță a S.C. „METALICA” S.A. Oradea pentru următoarele utilaje:

1). La presa PAI-25 utilizată pentru ștanțarea tablei cu grosimea sub 4mm. se înregistrează frecvente căderi datorită uzurii **șurubului și scaunului cu cap sferic**, piesă de antrenare a berbecului. Piesa se schimbă după 6.000 ore de funcționare a presei.

2). Strungul SN 400x750 are ca piesă cu fiabilitate redusă **șurubul cu filet trapezoidal de 24x4 mm.** de la sania transversală și **se confecționează împreună cu piulița** corespunzătoare. Lungimea filetului șurubului este de 250 mm.

3). Programul de mentenanță cuprinde de asemenea confecționarea cu mijloace proprii a **șurubului masă sanie și a piuliței** corespunzătoare pentru freza universală FUS 32.

b). Materialele utilizate pentru realizarea celor trei piese — fiecare având câte două componente — sunt următoarele:

— Pentru confecționarea șurubului cu cap sferic, a șurubului cu filet trapezoidal și a șurubului masă sanie se utilizează bare de oțel OLC45 cu diametrele Φ de 45; 40 și 30 mm., procurat de la Combinatul de Oțeluri Speciale Târgoviște la prețul de 552 € / tonă plus TVA .

— Scaunul sferic de la presa PAI 25 și piulițele pentru cele două șuruburi filetate de la strung sunt confecționate din bare de bronz BZ 14 cu un conținut de staniu de 14%, pe care unitatea îl achiziționează la prețul de 215.000 lei / kg. plus TVA.

c). Principalele faze ale procesului tehnologic cuprind: debitare, centruiere, strunjire de degroșare exterioară, strunjire finisare între vârfuri, filetare etc. pentru piesele din oțel și debitare, găurire, strunjire interioară, frezare la cotă , găurire laterală etc., pentru piulițele din bronz.

La confecționarea scaunului sferic pentru presă fazele parcurse constau în: strunjire frontală, strunjire exterioară, strunjire sferă, degajare și debitare la cotă.

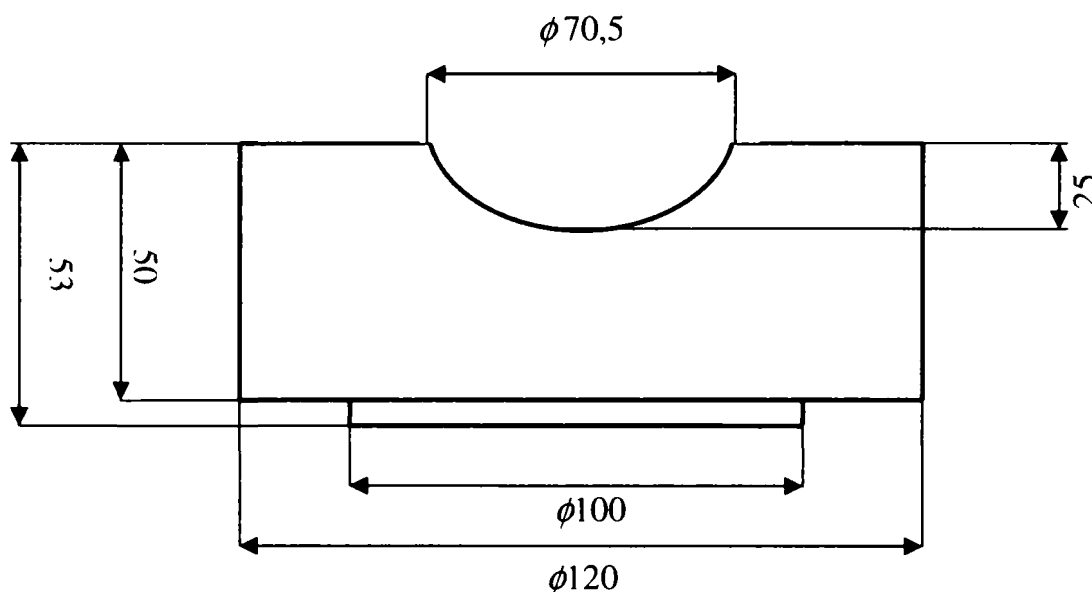


Fig. 9.9 Scaunul sferic de la presa PAI 25

e). **Culegerea datelor** s-a realizat prin studierea cărții tehnice și a fișei utilajelor, analiza costurilor și a beneficiului estimat, ținând seama de costurile materialelor, cheltuielile de regie cât și de faptul că retribuiția medie a operatorilor de mentenanță este de 40.589,60 lei/oră; aceste date sunt cuprinse în tabelul 9.6. Modelul matematic folosit pentru rezolvarea acestei probleme de programare liniară este metoda simplex.

Tabelul 9.6

MATERIALUL \ PIESA	Șurub și scaun cu cap sferic	Șurub filetat la sania transversală	Șurub masă sanie	Disponibil materie primă [kg]
Bară plină oțel OLC 45	10,2	3,1	15,3	3200
Bară plină bronz BZ 14	6,1	1,3	2,2	1000
Profit unitar [milioane lei]	1,2	0,5	1,4	

Variabilele de decizie ale modelului sunt:

x_1 = numărul de șuruburi și scaune cu cap sferic la presa PAI - 25

x_2 = numărul de șuruburi filetate la sania transversală a strungului SN 400×750

x_3 = numărul de șuruburi masă sanie la strungul SN 400 ×750

Funcția obiectiv. În modelul de programare liniară, profitul total maxim se obține prin maximizarea funcției:

$$(\max) z(x) = 1,2 \cdot x_1 + 0,5 \cdot x_2 + 1,4 \cdot x_3$$

Restricțiile modelului sunt:

➤ Pentru bară plină oțel OLC 45:

$$10,2 \cdot x_1 + 3,1 \cdot x_2 + 15,3 \cdot x_3 \leq 3200$$

➤ Pentru bară plină bronz BZ 14:

$$6,1 \cdot x_1 + 1,3 \cdot x_2 + 2,2 \cdot x_3 \leq 1000$$

Restricțiile de nenegativitate:

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, 3$$

$$x_i \in \mathbb{N}$$

f). **Prelucrarea datelor** s-a realizat cu ajutorul produsului informatic SOLVER din biblioteca Microsoft EXCEL și a condus la rezultatele din tabelul 10.7

Tabelul 9.7

Microsoft Excel 10.0 Answer Report
Worksheet: [OPTIM INT.xls]Sheet1
Report Created: 20.05.2005 19:42:23

Target Cell (Max)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$I\$16	OPTIM FC OBJ	0	429,4

Adjustable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$B\$16	OPTIM X1	0	0
\$C\$16	OPTIM X2	0	632
\$D\$16	OPTIM X3	0	81

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$F\$8	RESTRICTII	3198,5	\$F\$8<=\$H\$8	Not Binding	1,5
\$F\$9	RESTRICTII	999,8	\$F\$9<=\$H\$9	Not Binding	0,2
\$F\$10	RESTRICTII	0	\$F\$10>=\$H\$10	Binding	0
\$F\$11	RESTRICTII	632	\$F\$11>=\$H\$11	Not Binding	632
\$F\$12	RESTRICTII	81	\$F\$12>=\$H\$12	Binding	81
\$B\$16	OPTIM X1	0	\$B\$16=integer	Binding	0
\$C\$16	OPTIM X2	632	\$C\$16=integer	Binding	0
\$D\$16	OPTIM X3	81	\$D\$16=integer	Binding	0

Rezultă $x_1 = 0$, $x_2 = 632$ și $x_3 = 81$

g). **Concluzii.** Analiza datelor obținute conduce la concluzia că profitul maxim în valoare de 429,4 mil. lei se obține în condițiile fabricării a 632 șuruburi filetate la sania transversală a strungului SN 400×750 și a 81 șuruburi masă sanie la strungul SN 400×750.

Cazul K. Stabilirea structurii și duratei ciclului de reparații pentru strungul normal SN 320x1000

a). **Obiectul studiului** îl constituie stabilirea structurii și duratei ciclului de reparații în vederea elaborării programului de reparații pentru strungul normal cu diametrul maxim peste batiu de 320mm. având distanța maximă între vârfuri de 1000 mm., utilizat în atelierele S.C. „STIMIN” S.A. Oradea pentru prelucrarea prin așchiere în serie mare și masă a pieselor din oțel carbon de construcție și slab aliat. Strungul are o vechime de 8 ani și este utilizat în două schimburi pe zi.

Normativul unificat pe economie de timpuri pentru întreținerea și repararea mașinilor-unelte așchietoare NT - 84 elaborat de Oficiul de Informare Documentară (București, 1989) prevede pentru strungul cu codul 405.020, având caracteristicile menționate mai sus, executarea în timpul duratei de serviciu a intervențiilor de tipul R_t , R_{C1} , R_{C2} și R_K . Normativul furnizează următoarele informații:

— intervalul dintre două intervenții de același grad (d_i), în ore de funcționare, este de 1.500 h pentru R_t , 3.000 h pentru R_{C1} , 9.000 h pentru R_{C2} și 27.000 h pentru R_K .

— timpul de staționare în reparații, în zile lucrătoare, este de o zi pentru R_t , șase zile pentru R_{C1} , douăsprezece zile pentru R_{C2} și de optsprezece zile pentru R_K .

În aceste condiții studiul a fost orientat spre determinarea următoarelor elemente:

1). numărul de intervenții de același grad, adică numărul de R_t , R_{C1} , R_{C2} și R_K dintr-un ciclu de reparații;

2). întocmirea graficului unui ciclu de reparații;

3). Stabilirea duratei ciclului de reparații (în ani).

2). Calculul numărului total de intervenții.

Structura ciclului de reparații se referă la numărul, tipul și succesiunea executării intervențiilor ce se efectuează între două reparații capitale consecutive.

Pentru stabilirea numărului de intervenții de gradul i , (n_i), se pot utiliza următoarele relații:

a). Determinarea numărului total de intervenții de gradul i , (n_i'):

$$n_i' = \frac{d_{RK}}{d_i}, \quad d_i \leq d_{RK} \quad (9.9)$$

în care:

- d_{RK} reprezintă timpul de funcționare al utilajului între două reparații capitale consecutive (care marchează începutul și sfârșitul ciclului de reparații);
- d_i exprimă timpul de funcționare între două intervenții consecutive de același grad i .

$$n_i^t = \frac{d_{i+1}}{d_i} \cdot n_{i+1}^t \quad (9.10)$$

în care:

- d_{i+1} reprezintă timpul de funcționare între două intervenții
- n_{i+1} exprimă numărul de intervenții de grad imediat superior intervenției de grad i .

Relația (9.10) este valabilă pentru intervențiile de orice grad cu excepția lui R_K , deoarece în structura ciclului de reparații se include o singură reparație capitală (cea care marchează sfârșitul ciclului de reparații).

b) Determinarea numărului de intervenții de gradul i care se includ în structura ciclului de reparații ($n_i^{c,r}$):

$$n_i^{c,r} = n_i^t - \sum n_i^s = \frac{d_{RK}}{d_i} - \sum n_i^s, \quad d_i \leq d_{RK} \quad (9.11)$$

în care n_i^s este numărul de intervenții de grade diferite, superioare intervenției de grad i :

Durata ciclului de reparații (D_{cr}) se determină cu relația:

$$D_{cr} = \left(\frac{d_{RK}}{d_s \cdot n_s} + \sum Z_i \cdot n_i^{c,r} \right) \cdot 1,43 \quad (9.12)$$

în care:

- d_s reprezintă durata unui schimb (de obicei 8 ore);
- n_e , numărul de schimburi de lucru dintr-o zi lucrătoare;
- Z_i , numărul de zile lucrătoare în care utilajul staționează în reparația de gradul i ;
- 1,43 reprezintă coeficientul de transformare în zile calendaristice a zilelor lucrătoare în intervalul considerat (365/256).

Folosind relația (9.9) rezultă:

$$\text{Pentru } i = R_K, \quad n_{RK}^t = \frac{d_{RK}}{d_{RK}} = \frac{27.000}{27.000} = 1$$

$$i = R_{C2}, \quad n_{RC2}^t = \frac{d_{RK}}{d_{RC2}} = \frac{27.000}{9.000} = 3$$

$$i = R_{C1}, \quad n_{RC1}^t = \frac{d_{RK}}{d_{RC1}} = \frac{27.000}{3.000} = 9$$

$$i = R_t \quad n_{R_t}^t = \frac{d_{R_K}}{d_{R_t}} = \frac{27.000}{1.500} = 18$$

Rezultate identice se obțin dacă folosim relațiile (9.10):

Dacă: $i = R_K, n_{R_K}^t = 1$

$$i = R_{C2}, n_{R_{C2}}^t = \frac{d_{R_K}}{d_{R_{C2}}} \cdot n_{R_K}^t = \frac{27.000}{9.000} \cdot 1 = 3$$

$$i = R_{C1}, n_{R_{C1}}^t = \frac{d_{R_{C2}}}{d_{R_{C1}}} \cdot n_{R_{C2}}^t = \frac{9.000}{3.000} \cdot 3 = 9$$

$$i = R_t, n_{R_t}^t = \frac{d_{R_{C1}}}{d_{R_t}} \cdot n_{R_{C1}}^t = \frac{3.000}{1.500} \cdot 9 = 18$$

3) Calculul numărului de intervenții de gradul i care se cuprind în structura ciclului de reparații.

Utilizând relația (9.11) obținem:

$$n_{R_K}^{cr} = n_{R_K}^t - \sum n_{R_K}^s = 1 - 0 = 1$$

$$n_{R_{C2}}^{cr} = n_{R_{C2}}^t - n_{R_K}^s = 3 - 1 = 2$$

$$n_{R_{C1}}^{cr} = n_{R_{C1}}^t - (n_{R_K}^s + n_{R_{C2}}^s) = 9 - (1 + 2) = 6$$

$$n_{R_t}^{cr} = n_{R_t}^t - (n_{R_K}^s + n_{R_{C2}}^s + n_{R_{C1}}^s) = 18 - (1 + 2 + 6) = 9$$

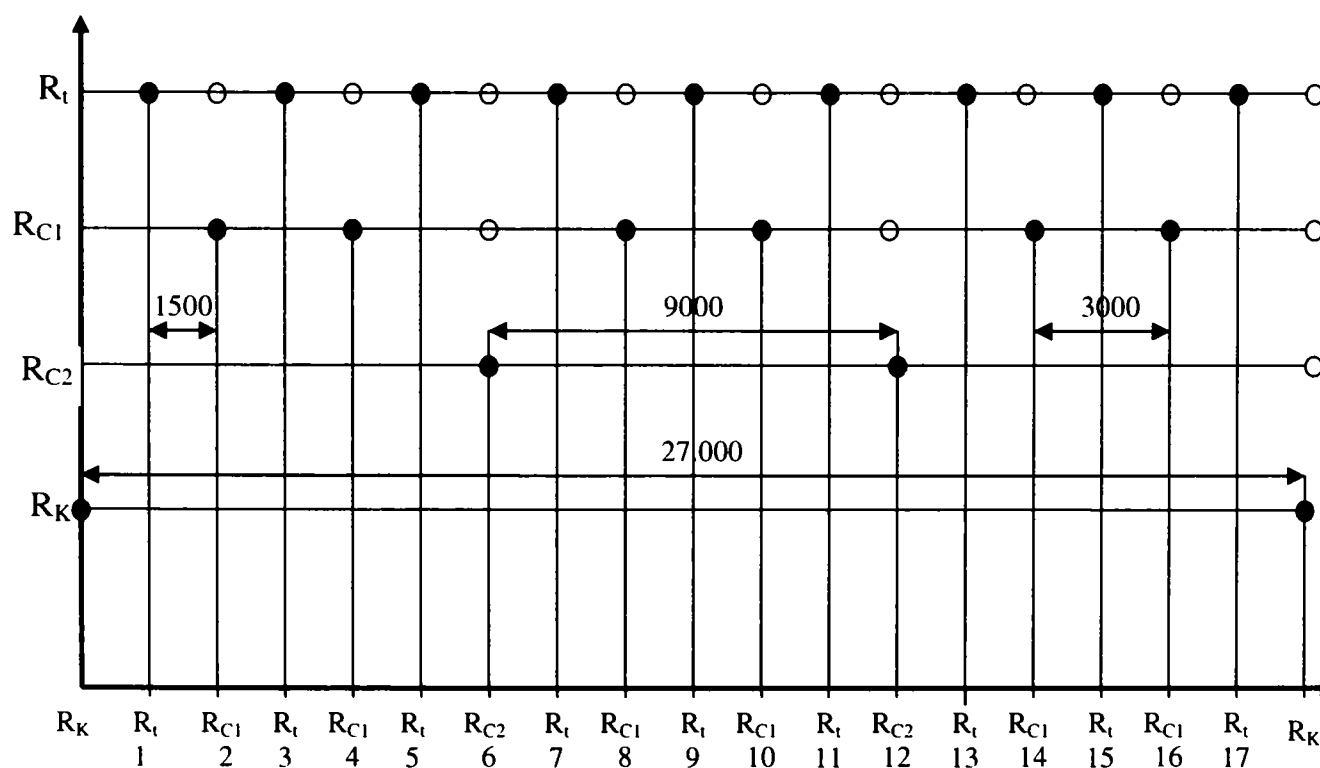


Fig. 9.10. Structura unui ciclu de reparație

Rezultă că în structura ciclului de reparații a strungului SN 320x1000 se includ:

$$9 R_t, 6 R_{C1}, 2 R_{C2}, 1 R_K$$

4). Elaborarea graficului unui ciclu de reparații

Pentru a reprezenta grafic structura ciclului de reparații s-a procedat în felul următor:

— într-un reper cartezian, pe abscisă s-a reprezentat numărul de intervenții din fiecare grad i , iar pe ordonată tipul (gradul) intervenției (R_t, R_{C1}, R_{C2}, R_K);

— s-au identificat momentele de timp în care intervențiile de grade diferite se suprapun (sunt sincrone);

— s-a ales din fiecare mulțime de intervenții sincrone intervenția de grad maxim, aceasta se include în structura ciclului de reparații.

Reprezentarea grafică a structurii ciclului de reparații se prezintă în fig. 9.10

5). Durata ciclului de reparații reprezintă intervalul de funcționare a strungului între două reparații capitale succesive, inclusiv durata de execuție a ultimei reparații capitale și se calculează cu ajutorul formulei (9.12) cunoscând numărul zilelor de staționare în reparații, pentru fiecare tip de lucrări, și structura acesui ciclu.

$$D_{cr} = \left(\frac{27.000}{8 \cdot 2} + 1 \cdot 9 + 6 \cdot 6 + 12 \cdot 2 + 18 \cdot 1 \right) \cdot 1,43 =$$

$$= 1.774,5 \cdot 1,43 = 2.537,535 \approx 2.538 \text{ zile calendaristice}$$

$$D_{cr} = \frac{2.538}{365} = 6,95 \text{ ani}$$

6). Concluzie. În condițiile de funcționare precizate, strungul normal S.N. 320x1000 va suporta o nouă reparație capitală după o perioadă de 6,95 ani, timp în care va fi supus la 9 R_t , 6 R_{C1} și 2 R_{C2} .

10. CONCLUZII

Creșterea fiabilității sistemelor productive are loc prin generații de utilaje, echipamente, repere. Această perfecționare are ca efect, de obicei, o creștere a costurilor de investiții pentru realizarea de structuri noi de producție sau pentru modificarea celor existente. Având în vedere obiectivul unei disponibilități optime, se pune în acest context problema corelării indicatorilor de disponibilitate cu costurile suplimentare pentru optimizarea acestor indicatori prin activitatea de mentenanță.

Este de dorit ca disponibilitatea structurilor de producție să aibă indicatori cât mai mari, dar în condițiile de profitabilitate impuse de economia de piață, costurile pentru realizarea unui plus de disponibilitate trebuie să fie compensate de beneficii, care la rândul lor pot rezulta din plusul de capacitate de producție, respectiv dintr-un plus de calitate a produselor ce se realizează de către sistem și care conferă acestora competitivitate.

Factorii hotărâtori pentru creșterea (optimizarea) indicatorilor de disponibilitate sunt creșterea fiabilității și a mentenabilității structurilor în ansamblu și pe subansambluri.

Pentru a determina locul de acțiune asupra structurilor în condițiile creșterii mentenabilității, se impune determinarea punctelor critice ale sistemelor productive, adică a punctelor care prezintă indicatorii de fiabilitate și de mentenabilitate cu nivelul cel mai scăzut.

11.1). Metodica cercetării.

În studiul întreprins, pe baza contractelor de colaborare încheiate pentru optimizarea mentenanței sistemelor fabricației de serie, au fost utilizați atât indicatorii de evaluare obiectivă: studiul fișei utilajului (Fișa U), analiza istoricului utilajului, participarea directă la faza de diagnoză prin măsurarea amplitudinii și frecvenței vibrațiilor, creșterea temperaturii, operațiile de demontare, înlocuire de subansamble și remontare, precum și observarea utilajului în perioada probelor de funcționare în gol și în sarcină.

În același scop au fost utilizați indicatori de evaluare subiectivă care au constat în analiza testelor aplicate operatorilor de mentenanță, cât și muncitorilor din producție; totodată s-au purtat discuții cu personalul implicat în procesul de mentenanță, pentru a se găsi răspuns la următoarele întrebări:

— În ce măsură se respectă cerința de efectuare ritmică a reviziilor tehnice și a reparațiilor curente, conform normativului unificat pe economie (sau a cărții tehnice a utilajului)?

— Se respectă tipul de lubrifiant și de lichid de răcire prevăzute de producător?

— În ce măsură este afectată reluarea producției de lipsa pieselor de schimb ?

— Piese uzate se înlocuiesc cu piese noi sau cu piese recondiționate?

— Responsabilitățile persoanelor care gestionează stocurile de piese de schimb sunt clar definite?

— Care este frecvența defectărilor la fiecare utilaj?

— Care sunt cauzele căderilor accidentale?

— În ce măsură se respectă regimul de așchiere (viteza se așchiere, adâncimea de așchiere și avansul) la utilizarea mașinilor-unelte?

— Care este motivul pentru care nu se conduce uneori istoricul defecțiunilor utilajului?

— Cum influențează căderile accidentale volumul și calitatea producției?

— Care sunt efectele economice ale căderilor accidentale?

— Câte procente din costul total al producției reprezintă cheltuielile de mentenanță?

S-a studiat activitatea de mentenanță pe un palier mai larg, cuprinzând unități din industria constructoare de mașini, unele producătoare de bunuri de larg consum, inclusiv din ramura industriei ușoare. Studiul documentelor, participarea directă la faza de diagnoză și interpretare a informațiilor obținute de la operatorii de mentenanță, au dezvăluit următoarele:

1) La S.C. „ÎNFRĂȚIREA” S. A., unitate specializată pe activitatea de mentenanță a mașinilor-unelte, subansamblurile cel mai des reparate — punctele critice — au fost următoarele:

a) La strungurile S.N.A.370 x 750, S.N.A. 360 x 1500 și S.N. 400 x 1500 s-a constatat uzura roților dințate, a rulmenților, șuruburilor conducătoare, deformații termice în carcasa cutiei de viteze și în păpușa fixă a strungului, iar cu un efect mai lung de evoluție se manifestă uzura ghidajelor batiului.

b) La mașina de găurit radială, ponderea cea mai însemnată a defecțiunilor o deține instalația electrică, cutia de viteze, sistemul de blocare, cutia de avansuri, sistemul de echilibrare și sistemul hidraulic.

c) La mașina de frezat, pe care de altfel unitatea o și produce, defecțiunile de natură mecanică cele mai frecvente apar la angrenaje, motorul cutiei de avansuri, motorul

cutiei de viteze, cuplaje, rulmenți , axe, precum și la sistemul hidraulic datorită neetanșării cutiei de avansuri și intrării apei. La partea electrică se constată că cedează bobinele electromagnetice, contactorii și releele.

2) La S.C. „STIMIN” S.A. documentarea, pentru alte tipuri de utilaje, a dezvăluit următoarele cauze ale căderilor:

a) La mașina de rectificat R.U.–100, la partea mecanică cele mai frecvente căderi au fost cauzate de curele, capul de rectificat, lagărele de rulmenți, masa, păpușa mobilă și păpușa pietrei. La instalația hidraulică defecțiunile apar la elementele de etanșare, sertărașele distribuitoare, cilindrul de avans a saniei transversale, sania transversală și filtrul. Alte căderi sunt cauzate de instalația electrică , instalația de ungere și cea de răcire.

b) La mașina de găurit verticală cu o coloană, defecțiunile au drept cauză contactorii, butoanele de comandă, releele, firele de alimentare, bobina și lamelele, mecanismul de echilibrare și cel de selectare, altfel spus, instalația electrică este vulnerabilă aproape în totalitate.

3) La S. C. „METALICA” S.A., unitate profilată pe producția de mașini de gătit cu gaz lichefiat, pentru deformări la rece se utilizează presele cu excentric PAI de 6,3; 10; 16; 25, 40; 63 până la 400 tone; la partea mecanică uzurile avansate apar la lagăre, cuzineții-bielă, șurubul sferic, berbec, ghidaje și glisiere. Berbecul se rectifică și se asigură paralelismul. La partea hidraulică se înregistrează uzuri la manșete și segmenti, distribuitoarele hidraulice (D.N.- 6; 10; 16), cilindrul piston, tija piston, acțiunea preventivă constând în schimbarea la termen a uleiului. La componenta electrică defecțiunile cele mai frecvente apar la contactori, rele, rulmenți motor și curele și se soluționează – ca și la strung – cu schimbarea întregului tablou.

4). La S.C. „EUROCONSTIL” Marghita, unitate producătoare de confecții încălțăminte, care lucrează cu mașinile de cusut piele, se constată defecțiuni la cutia de mecanisme, uzura rulmentului motorului, a discului de fricțiune, dereglarea transportorului, ruperea curelei de transmisie, uzura roții conducătoare, defecțiuni ale mecanismului de tensionare a aței și a celui de acționare a ambreiajului precum și deteriorarea tijei și a plăcii acelor.

11.2). Unele aspecte privind întreținerea și repararea mașinilor-unelte.

În studiul întreprins am acordat o atenție specială mașinilor-unelte, datorită ponderii pe care o dețin în atelierele de producție, cât și a efectelor căderilor lor în planul costurilor.

În privința întreținerii, în timpul funcționării mașinilor-unelte, s-a propus muncitorilor care le deservesc să urmărească în mod obligatoriu apariția eventualelor zgomote, pe care le pot produc mecanismele acestora, precum și instalația de ungere, iar atunci când se constată anomalii în funcționare să se ia imediat măsuri pentru remediere, recurgându-se dacă este cazul la oprirea lor.

Deoarece ungerea este un factor esențial de care depinde funcționarea fără întrerupere și sigură a mașinilor, s-a recomandat ungerea corectă și la timp a mașinilor-unelte întrucât pe această cale se micșorează uzura pieselor în frecare, sporește durata de serviciu și se reduce consumul de energie. Pentru ungerea mașinilor-unelte se întrebuițează uleiuri și unsori minerale. S-a convenit ca în timpul ungerii să se acorde o atenție specială lagărelor, pentru a diminua uzura prin frecare și încălzirea lor. S-a constatat că încălzirea lagărelor a fost provocată de următoarele cauze: uleiul a fost debitat pe suprafețele în frecare în cantitate insuficientă sau debitarea lui a fost complet oprită, mașina a fost supraîncărcată sau supratrată, uleiul conținea impurități (pulberi metalice, nisip etc.) sau mașina a fost greșit asamblată (lagărele au fost prea strânse sau ajustajele necorespunzătoare etc).

La mașinile-unelte s-a asigurat evacuarea căldurii produse în timpul așchierii prin trimiterea lichidului de răcire asupra sculei de așchiere. Ca lichide de răcire se întrebuițează emulsiile, de exemplu soluția de 6% emulsol, preparat din ulei mineral 70-80%, săpun 18-20%, alcool 2,5-5% și apă 4-5%. Se constată că trimiterea lichidului de răcire la locul de așchiere cu o pompă este mai eficientă decât prin curgerea liberă a acestuia dintr-un rezervor, fixat mai sus decât mașina-unelte.

În privința reparațiilor curente planificate, s-a procedat la înlocuirea pieselor în mișcare uzate, prin scoaterea din funcțiune a mașinii pe durată scurtă. Reparația curentă (RC1) a cuprins următoarele lucrări caracteristice:

— Demontarea parțială a subansamblurilor mașinii și anume, la *stunguri*: saniile superioare, căruciorul și pompa; la *strungurile revolver*: căruciorul port-cuțit și pompa; la *mașinile de găurit*, axul principal, iar la *mașinile de frezat*, masa și pompa.

— Curățirea filtrelor și a instalațiilor de ungere.

— Răzuirea suprafețelor de frecare.

— Înlocuirea sau repararea pieselor uzate.

— Eliminarea jocurilor.

— Repararea transmisiilor.

—Verificarea și repararea motoarelor electrice și a celorlalte componente electrice.

La reparațiile curente (RC2), considerate reparații medii, având o durată mai lungă, s-au executat:

— Demontarea tuturor subansamblurilor la care au apărut uzuri, și anume: la *strunguri* cutia de viteze și cea de avansuri, axul principal, sania principală și cea transversală, păpușa mobilă, pompele de răcire și de ungere, transmisia individuală; la *mașinile de găurit*: axul principal, cutia de viteză și cea de avansuri, masa de lucru, pompa de răcire și instalația de ungere; la *mașina de frezat*: axul principal, cutia de viteze și avansuri, mecanismul pentru cursa automată a mesei, capul divizor și menghina, pompele pentru răcire și ungere; la *mașina de rabotat*: săniile, căruciorul, mecanismul pentru schimbarea vitezelor de deplasare a mesei și de inversare a sensului de mers a mesei, mecanismul de avans, pompa de ulei, transmisia .

- Rectificarea axelor, răzuirea ghidajelor.
- Repararea ambreiajelor.
- Înlocuirea lagărelor, bucșelor, roților dințate uzate.
- Reglarea cuplajelor cu fricțiune.
- Verificarea și repararea mașinilor electrice și aparaturii electrice.

La reparația capitală (RK) a mașinilor-unelte s-a efectuat demontarea completă a mașinii și s-au înlocuit sau s-a reparat toate piesele uzate, inclusiv organele principale. De asemenea, s-au reglat și s-au verificat toate mecanismele, s-a verificat precizia mașinii, puterea și productivitatea ei.

11.3 Încercările și probele de recepție ale mașinilo-unelte. Probele de încercare și de recepție s-au efectuat după reparațiile curente (RC1, RC2) și după reparația capitală (RK). Prin aceste probe s-a asigurat verificarea dimensiunilor geometrice și a formei pieselor, a pozițiilor și deplasărilor relative ale organelor mașinii, întrucât acestea influențează precizia mașinii.

Verificarea a cuprins toate operațiile statice care privesc planeitatea suprafețelor, coincidența, paralelismul și intersecția axelor, paralelismul și perpendicularitatea dintre axe și suprafețele plane, eliminarea erorilor de divizare, precum și probe de mers în gol și în sarcină, prin care s-au verificat dimensiunile pieselor executate și montate pe mașină. Precizia geometrică a strungurilor s-a verificat pe locul de reparații, în condiții de temperatură și trepidații apropiate de condițiile normale de lucru., mașina funcționând în această situație cel puțin o oră la turația maximă.

Înainte de vericarea în sarcină, strungurile au fost supuse unui control la mersul în gol, prin care s-au verificat modul cum sunt prelucrate ajustajele și suprafețele de contact cu batiul, montarea corectă a organelor de transmisie și de comandă ale mașinii, verificarea obținerii vitezelor și avansurilor la toate treptele de turație, nivelul de încălzire a lagărelor, rulmenților și a altor organe aflate în mișcare, nivelul zgomotului produs, amplitudinea vibrațiilor, jocurile axiale, funcționarea instalației hidraulice. S-a mai verificat dacă toate pompele de ulei debitează, dacă aparatele de măsurat presiunea uleiului funcționează, funcționarea opritoarelor de capăt de cursă precum și nivelul de strângere a curelelor și lanțurilor de transmisie.

La instalarea strungurilor s-a verificat planeitatea cu ajutorul nivelei, admitându-se o abatere de 0,02 mm/1000 mm. La probele de lucru ale mașinii s-au executat cel puțin două piese la fiecare din operațiile obișnuite la această mașină.

11.4 Contributia personală la optimizarea mentenantei sistemelor fabricatiei de serie a constat în rezolvarea următoarelor aspecte:

a) **Planificarea anuală a lucrărilor de mentenanță** prin utilizarea unui pachet de programe pentru calculator care cuprind următoarele activități:

- elaborarea planului de reparații a utilajelor și urmărirea realizării sale;
- planificarea reparațiilor și asigurarea respectării acestuia.

În vederea întocmirii lucrării, s-a pornit de la constatările potrivit cărora actuala planificare a lucrărilor de mentenanță în cadrul întreprinderilor, are anumite neajunsuri:

- Planificarea opririi utilajelor pentru mentenanță se face pe baza normativelor de reparații și a ultimei reparații executate în anul de bază, fără a se face calculele estimative ale costului lucrărilor de reparații planificate; prin urmare nu se iau în considerare toate aspectele economice ale executării reparațiilor.
- Nu se ține seama de capacitatea de producție a subunității de mentenanță, astfel că în realizarea practică a programului de mentenanță pot apare dificultăți datorită lipsei pieselor de schimb, sau a insuficienței forței de muncă.

Pentru optimizarea activității de mentenanță la utilajele unităților industriale se impune elaborarea planului anual de mentenanță, cu detalierea activităților pe trimestre și luni. În elaborarea acestui document s-a ținut seama de multitudinea factorilor care concură la realizarea producției: natura utilajelor, durata lor de funcționare, sistemul de evidență a defecțiunilor și a intervențiilor, experiența personalului cu atribuții de mentenanță. Aplicarea lanțurilor Markov în programarea activităților de mentenanță pentru un atelier de întreținere și reparații de la S.C. Înfrățirea S.A. Oradea, a evidențiat o

diminuare cu 12% a costurilor globale reduse, concretizată printr-o economie de 2.000.000.000 lei/an/utilaj.

Principalele categorii de informații utilizate pentru fundamentarea planului anual de mentenanță au fost următoarele (schema logică din fig. 11.1):

a) informații privind sistemul de mentenanță adoptat de unitate și starea tehnică a utilajelor din dotare;

b) informații privind asigurarea bazei materiale a lucrărilor de mentenanță;

c) informații cu privire la mărimea capacității de producție a subunității de mentenanță a unității industriale;

d) informații privind dotarea viitoare a întreprinderii.

Schema logică privind planificarea anuală a procesului de mentenanță este dată în fig. 11.1.

Volumul mare de informații care trebuie culese, sistematizate și prelucrate, precum și rolul subunității de mentenanță în cadrul structurii de producție, impun perfecționarea sistemului de planificare și evidență a lucrărilor de mentenanță prin utilizarea tehnicii de calcul, cu un soft adecvat. Propun ca model de sistematizare a informațiilor care alcătuiesc baza de date a mentenanței lista fișierelor din anexa 9.

S-a considerat că anumite aspecte ale modalității actuale de planificare trebuie adâncite sau îmbogățite, în scopul optimizării folosirii resurselor existente, precum și a mobilizării rezervelor interne ale subunității de mentenanță. În acest sens este absolut necesară utilizarea următoarelor documente privind funcționarea utilajelor:

1) *Livretul utilajului*, care include informațiile despre punerea în funcțiune, caracteristicile tehnice, piesele de schimb care au o uzură rapidă, evidența reparațiilor executate (felul, data, durata, costul), evidența orelor de funcționare pe ani, iar în cadrul anului pe trimestre, precum și normativele de reparații.

S-a propus ca forma inițială a acestui document să fie completată cu următoarele elemente:

— normativele de reparații să cuprindă, în funcție de sistemul de întreținere și reparații adoptat de unitate, intervalul de timp planificat între două reparații consecutive, orele-om planificate pe categorii de operații (manuale, respectiv prelucrări mecanice);

— detalierea datelor despre funcționarea utilajului, astfel încât documentul să conțină și elemente referitoare la lunile din cadrul trimestrului;

— structura ciclului de reparații să fie adaptată sistemului de întreținere și reparații utilizat de unitate, care poate fi diferențiat pe grupe de utilaje.

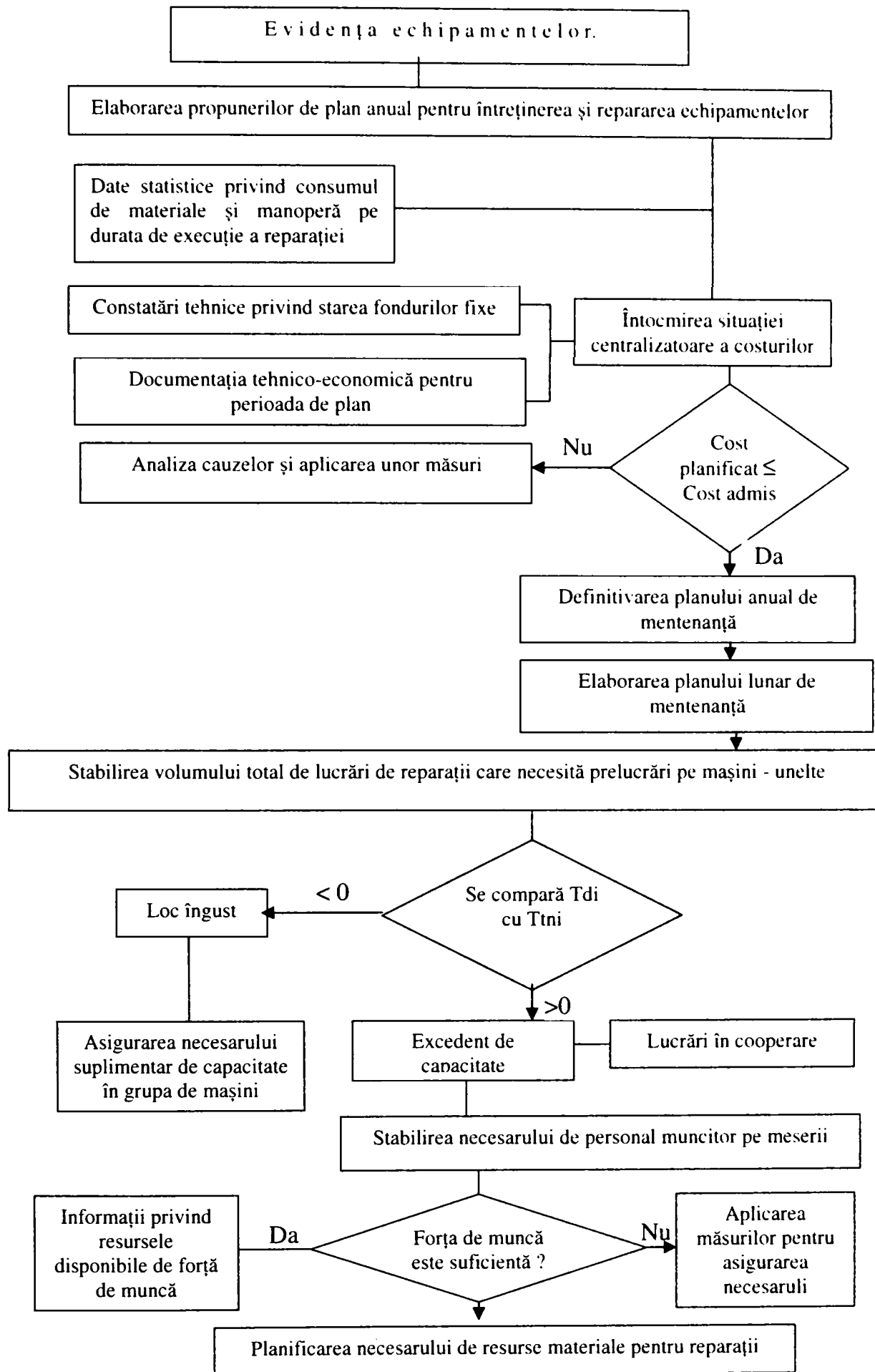


Fig.11.1 Componentele planului anual de mentenanță

2) *Fișa individuală a utilajului (Fișa U)* în care se evidențiază pe zile și schimburi de lucru funcționarea utilajului, precum și perioadele de staționare pentru reparații, cu precizarea cauzelor, s-a propus ca fișele să fie completate cu o frecvență de minim o dată la două zile, pentru ca informațiile culese în vederea întocmirii programului lunar de mentenanță să fie cât mai valide.

3) *Programul lunar de mentenanță* care include informațiile referitoare la luna de plan preluate din planul anual de mentenanță.

4) *Comanda de lucru pentru mentenanță* care se întocmește cu ocazia intrării fiecărui utilaj în reparații, va trebui întocmită cel puțin cu o săptămână înainte de intrarea efectivă în reparație a utilajului; aceasta în vederea asigurării procesului de reparații cu piesele de schimb ce urmează a fi înlocuite; prin aceasta se diminuează costurile cu stocarea pieselor în magazie.

5) *Evidențierea costului* fiecărei comenzi executate, în vederea întocmirii unui buget de mentenanță în care sunt evidențiate toate informațiile privind consumul de materiale și de manoperă realizat cu ocazia fiecărei lucrări de reparații; acestea vor constitui baza de date pentru programări viitoare.

b) Observații desprinse din studiile de caz:

a) Ca o observație cu caracter general, în multe din întreprinderile studiate nu se cunoaște valoarea pentru nici una din categoriile de costuri dezvoltate anterior, și ceea ce este mai grav, nu există nici măcar curiozitatea de a le ști. Este o urmare a lipsei generale de resurse, care se repercutează grav asupra mentenanței, conducând la o involuție a organizării către politicile curative sau chiar paliative.

b) Premiza de la care se pleacă este că, pe durata MTBF, nu ar trebui să se producă nici o avarie, numai că, odată produsă, aceasta devine mult mai costisitor de remediat decât dacă am apela la o altă politică, sistematică de exemplu. Astfel, pe termen scurt există, cel puțin statistic, probabilitatea de a face economii, dar pe termen mediu, odată cu depășirea repetată a MTBF, se poate ajunge la situații dezastruoase.

c). Planificarea operativă a lucrărilor de mentenanță. Pentru desfășurarea ritmică a procesului de producție este necesară executarea lucrărilor de mentenanță la termenele stabilite, programarea operativă a acestor lucrări are ca punct de plecare obiectivele cuprinse în planul anual de întreținere și reparații pe trimestre sau luni, cu precizarea duratelor de imobilizare maxim admise.

Realizarea corespunzătoare a lucrărilor de reparații impune parcurgerea următoarelor etape:

1) preluarea din planul anual de reparații a prevederilor referitoare la luna de plan;

2) întocmirea proiectului de program de producție centralizator al compartimentului de mentenanță pentru luna de programare;

3) eșalonarea lucrărilor de întreținere și reparații din luna de plan pe decade;

4) întocmirea proiectelor de programe pe decade.

Pentru stabilirea succesiunii de lansare a lucrărilor de întreținere și reparații am propus aplicarea criteriului priorităților; putându-se adopta una din variantele:

a) Acordarea priorității acelor utilaje a căror staționare determină cele mai mari cheltuieli pe oră. Mărimea cheltuielilor de oprire a unui utilaj pe oră se compune din cheltuielile orare necesare efectuării lucrărilor de reparații și din pierderile orare generate de scoaterea temporară a utilajului din procesul de producție.

b) Acordarea priorității utilajelor care au cel mai redus timp planificat sau estimat de efectuare a reparațiilor. Potrivit acestei variante, succesiunea de executare a lucrărilor de reparații planificate se poate stabili în ordinea crescătoare a timpului normat pentru efectuarea lucrărilor.

c) Acordarea priorității în reparare acelor utilaje care, pe durata reparării lor, determină la celelalte utilaje, care sunt în așteptare, cele mai mici cheltuieli de oprire.

5) Verificarea pe decade a asigurării cu resurse materiale și umane a lucrărilor din proiectele de programe operative și definitivarea lor.

6) Programarea lucrărilor din cadrul unei decade pe zile și schimburi de lucru, ceea ce implică rezolvarea problemelor legate de următoarele aspecte:

— cunoașterea tehnologiei de executare a lucrărilor, cu precizarea tuturor activităților, succesiunea acestora și relațiile de precedență dintre ele, a duratelor de execuție planificate sau estimate.;

— stabilirea metodei de reparare la fiecare utilaj, stabilirea lucrărilor care merg în paralel.

Contribuția proprie s-a materializat și în elaborarea tehnologiei de fabricație a piesei „șurub cu cap sferic”, piesă cu fiabilitate redusă, care determină frecvente căderi la presa pentru tablă PAI-25 prezentată în studiul de caz B din cap. 9.

BIBLIOGRAFIE

- A-01 Abrudan, Ioan *Sisteme flexibile de fabricație. Concepte de fabricație și management.* Editura Dacia, Cluj- Napoca, 1998.
- A-02 Alexandru, C. Dorin coord. *Probleme statistice ale fiabilității.* Editura Economică, București, 1994.
- A-03 Alexis, Jacques *Metoda Taguchi în practica industrială.* Editura Tehnică, București, 1999.
- A.04 Allaire, Yvan Firșirotu, Mihaela *Management strategic.* Editura Economică, București, 1998.
- A.05 Andronic, Bogdan, C. *Performanța firmei.* Editura Polirom, Iași, 2000.
- A.06 Androniceanu, Armenia *Managementul schimbărilor.* Editura ALL Educațional, București, 1998
- B.01 Badea, Florica Deac, Vasile Bâgu, Constantin *Managementul producției industriale. Studii de caz și aplicații practice complexe.* Editura ALL Beck, București, 1999.
- B.02 Baron, T., ș. a. *Calitate și fiabilitate, vol. I-II,* Editura Tehnică, București, 1998.
- B.03 Băjenescu, Titu *Fiabilitatea, disponibilitatea și mentenabilitatea sistemelor electronice complexe.* Editura de Vest, Timișoara, 1997.
- B.04 Berinde, T. ș. a. *Întocmirea și analiza bilanțurilor energetice în industrie.* Editura Tehnică, București, 1976.
- B.05 Bărbulescu, C. *Cartea mecanicului șef din unitățile industriale.* Editura Tehnică, București, 1983.
- B.06 Bărbulescu, V *Sistemele strategice ale întreprinderii.* Editura Economică, București, 1999.
- B.07 Bărbulescu, C. *Managementul producției industriale. Organizarea și conducerea activităților unităților structurii de producție și concepție ale întreprinderii, vol. I-III.* Editura Sylvi, București, 2000.

- B.08 Băsanu, Gheorghe
Pricop, Mihai *Managementul aprovizionării și desfacerii.* Editura Economică. București, 1996.
- B.09 Bibu, A. Nicolae *Managementul sistemelor flexibile de montaj. O provocare a firmei viitorului.* Editura Sedona, Timișoara, 1998.
- B.10 Borza, A. *Managementul întreținerii și reparării utilajelor.* Editura Economică, București, 1995.
- B.11 Boucly, F. *Maintenance: Les Coûts de la non-efficacité.* Edition Afnor, Paris, 1988.
- C.01 Carabulea, A. *Ingineria sistemelor industriale. Probleme.* Editura Didactică și pedagogică, București, 1977.
- C.02 Carabulea, A. *Modelarea sistemelor economico-inginerești.* Editura Didactică și pedagogică, București, 1979.
- C.03 Carabulea, A. *Managementul sistemelor industriale. Probleme. Studii de caz și aplicații economico-inginerești.* Editura Universității Politehnica București, 1995.
- C.04 Carabulea, A.
Rusitoru, Gh. *Optimizarea conducerii sistemelor industriale.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979.
- C.05 Cârlan, M. *Probleme de optimum în ingineria sistemelor tehnice.* Editura Academiei Române, București, 1994.
- C.06 Ceaușu, I. *Funcționarea, întreținerea și repararea sistemelor hidraulice și pneumatice ale mașinilor, utilajelor și instalațiilor.* OIDICM, București, 1990.
- C.07 Ceaușu, I.
Ghiță, N.
Potârcă, T. *Organizarea și conducerea activităților de întreținere și reparații.* Editura Tehnică, București, 1980.
- C.08 Ceaușu, I. *Terotehnica și terotehnologia.* TT IME. București, 1988.
- C.09 Chivulescu M.
Toma, M. *Ghid pentru diagnostic și evaluare a întreprinderii.* Editura Romfel, București, 1996.
- C.10 Ciobanu, Ioan *Management strategic.* Editura Polirom, Iași, 1998
- C.11 Cocârlea-Vasilescu, A.
Cocârlea-Vasilescu, I. *Introducere în activitatea de cercetare-proiectare de ramură. Construcții de mașini și aparate.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983.

- C.12 Ciocodeică, Mihail *Manualul sistemului calității. Ghid pentru implementarea standardelor internaționale ISO 9000.* Editura Tehnică, București, 1998.
- C.13 Ciurea, S.
Drăgănescu, N. *Managementul calității totale.* Editura Economică, București, 1995.
- C.14 Cociu, N. *Optimizări în conceperea și exploatarea sistemelor de producție.* Editura Eurobit, Timișoara, 1999.
- C.15 Cociu, N. *Optimizarea deciziilor în sistemele de producție.* Editura Eurobit, Timișoara, 1999.
- C.16 Cocârlă, T.
Pocinog, G. *Metode și tehnici moderne folosite în conducerea și organizarea întreprinderii.* Editura Facla, Timișoara, 1983.
- C.17 Constantinescu, Paul *Modelarea unitară a genezei și dezvoltării sistemelor.* Editura Tehnică, București, 1983.
- C.18 Cordașevschi, Cristina *Diagnoza fiabilistă a produselor industriale.* Editura Tehnică, București, 1990.
- C.19 Crainic, N. *Calitatea și fiabilitatea produselor.* Universitatea Politehnică din Timișoara, 1997.
- C.20 Craiu, Virgil *Verificarea ipotezelor statistice.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1972.
- C.21 Crăciunescu, V.
Petrișor, I.
Cazan, I. *Planificarea activităților din întreprinderile industriale. Studii de caz. Probleme.* Universitatea din Timișoara, 1989.
- C.22 Crăciunescu, V.
Dănăiață, I. *Organizarea producției, vol. I, II.* Tipografia Universității din Timișoara, 1983.
- C.23 Cruceru, C.
Maghiar, Th.
Lezeu, A.
Stănilă, V. *Tehnologia reparării și întreținerii utilajelor electromecanice.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
- D.01 Dan, Vasile, coord. *Strategii și structuri industriale competitive.* Editura ALL Educațional, București, 1997.

- D.02 Dalotă, Marius
Mocan, Marian *Managementul afacerilor productive*. Editura Sedona, Timișoara, 1995.
- D.03 Dănăiață, Doina *Informatica în sprijinul managementului. Determinarea consumului de muncă prin prelucrarea automată a datelor*. Editura Mirton, Timișoara, 1998.
- D.04 Deac, Vasile *Managementul mentenanței industriale*. Editura Eficient, București, 2000.
- D.05 Deaconescu, T. *Bazele ingineriei calității*. Editura Transilvania, Brașov, 1998.
- D.06 Deaconu,
Alexandrina *Economia întreprinderii*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1998.
- D.07 Delamarian, Cristian *Manual pentru mentenanță și re tehnologizarea instalațiilor termoelectrice și industriale*. Editura Asociației de Sudură din România. Timișoara, 1999.
- D.08 Dima, I C.
Nedelcu, M. V. *Managementul industrial*. Editura Național, București, 2000.
- D.09 Dinescu, C.
Săvulescu, B.
Vasilii, D. *Metode matematice pentru fundamentarea deciziilor în producție*. Editura Tehnică, București, 1986.
- D.10 Dumitrescu, C.
Fântână, N.
Militaru, C. *Elemente de management general*. Editura Eurobit, Timișoara, 1998.
- D.11 Dumitrescu, C.
Mateia, A. *Introducere în cibernetică*. Editura Dacia Europa Nova, Lugoj, 2002.
- D.12 Dumitrescu, Mihai *Enciclopedia conducerii întreprinderii*. Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1981.
- D.13 Dumitru, Ion
Marșavina, Liviu *Introducere în mecanica ruperii*. Editura Mirton, Timișoara, 2001.
- E.01 Elwood S. Buffa *Conducerea modernă a producției, vol. I, II*. Editura Tehnică, București, 1975.
- E.02 Everett, E. Adam jr.
Ronald, J. Ebert *Managementul producției și al operațiunilor*. Editura Teora, București, 2003.

- E.03 Florescu, Mihail *Ingineria – o știință multidimensională*. Editura Tehnică, București, 1982.
- F.01 Forrester, Jay W. *Dinamica industrială*. Editura Tehnică. București, 1981.
- G.01 Gafițanu, M.
Crețu, Sp.
Drăgan, B. *Diagnosticarea vibroacustică a mașinilor și utilajelor*. Editura Tehnică, București, 1989.
- G.02 Gheghea, Ion
Tabără, Victor
Alexandru, Dorin
Sandu, Aurel *Exploatarea și întreținerea mașinilor-unelte cu comandă după program*. Editura Tehnică, București, 1980.
- G.03 Gheorghe, V. Adrian *Ingineria sistemelor*. Editura Academiei, București, 1979.
- G.04 Gheorghe, Adrian *Ingineria industrială – prezent și perspectivă*. Editura Academiei Române, București, 1990.
- G.05 Gheorghiu, Al.
Mărculescu, D.
Ișfănescu, A.
G.06 Ghiță, Alina *Analiza activității economice a întreprinderilor*. Editura Didactică și Pedagogică. București 1997.
- Ciclul vieții produselor. Opțiuni strategice*. Editura ALL BECK, București, 1999.
- G.07 Ghiță, Mihai *Precizia, controlul și fiabilitatea utilajului tehnologic pentru industria de proces*. Editura Mirton, Timișoara, 1997.
- G.08 Grosu, Vasile
coordonator *Întreținerea și repararea utilajelor siderurgice*. Editura Tehnică, București, 1986.
- H.01 Hohan, I. *Tehnologia și fiabilitatea sistemelor*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
- H.02 Huțu, Carmen-Aida *Cultură organizațională și transfer de tehnologie*. Editura Economică, București, 1999.
- I.01 Iacob, Caius *Matematică aplicată și mecanică*. Editura Academiei, 1989
- I.02 Ionescu, Gh. ș. a. *Modelarea și optimizarea deciziilor manageriale*. Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1999.
- I.03 Ionescu, Mihail *Tehnologia de întreținere, exploatare și reparare a autovehiculelor rutiere*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1997.

- I.04 Ionescu, S.C. *Exceleța industrială. Practica și teoria calității.* Editura Economică, București, 1997.
- I.05 Isaic-Maniu, Al. *Metoda Weibul. Aplicații.* Editura Academiei, București, 1983.
- I.06 Isaic-Maniu, Al.
Vodă, V. Gh. *Manualul calității.* Editura Economică, București, 1997.
- I.07 Izvercian, P.N, ș.a. *Introducere în teoria grafurilor. Metoda drumului critic.* Editura de vest, Timișoara, 1994
- J.01 Juran, J.M.,
Grina, F.M. *Calitatea produselor.* Editura Tehnică, București, 1973.
- K.01 Kecs, Wilhelm *Complemente de matematici cu aplicații în tehnică.* Editura Tehnică, București, 1989.
- K.02 Kaufman, Arnold
Aluja, Jaime Gil
Lafuente, Ana Maria *Creativitatea în managementul întreprinderilor.* Editura AIT Laboratories, București, 1997.
- L.01 Lefter, Chirică *Managementul transferului internațional de tehnologie.* Editura ALL Educațional, București, 1997
- L.02 Lefter, Viorel și
colab. *Managementul resurselor umane.* Editura Economică, București, 1999.
- L. 03 Lugojanu, M. *Montarea, repararea și întreținerea mașinilor și instalațiilor din industria lemnului.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.
- M.01 Malița, M.
Zidăroiu, C. *Incertitudine și decizie.* Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1980.
- M.02 Maniu, Al. Isaic.
Vodă, V. Gh. *Manualul calității.* Editura Economică, București, 1997.
- M.03 Mann, N. R.
Scafer, R.E. *Methods statistical analysis of reliability and life data.* John Wiley and Sons, New York.
- M.04 Manolescu, Mișu-Jan *Fiabilitatea sistemelor economice.* Editura Universității AGORA, Oradea, 2002.
- M.05 Marcus, Solomon *Metode matematice în problematica dezvoltării.* Editura Academiei, București, 1982.

- M.06 Marinescu, R.D.
Marinescu, N.I. *Managementul tehnologiilor neconvenționale vol.I.* Editura Economică, București, 1995.
- M.07 Matei, Lucica *Managementul întreprinderilor mici și mijlocii.* Editura Fundației „România de Mâine”, București, 1998.
- M.08 Mathis, Robert
și colab. *Managementul resurselor umane.* Editura Economică, București, 1997.
- M.09 Maynard, H. B. *Manual de inginerie industrială, vol. I-III.* Editura Tehnică, București, 1977.
- M.10 Mărăcine, Virginia *Decizii manageriale. Îmbunătățirea performanțelor decizionale ale firmei.* Editura Economică, București, 1998.
- M.11 Mereuță, C. *Analiza diagnostic a societăților comerciale în perioada de tranziție.* Editura Tehnică, București, 1994.
- M.12 Mihai, Ioan *Analiza asigurării și utilizării resurselor de muncă ale agenților economici.* Editura Mirton, Timișoara, 1998.
- M.13 Mihoc, Gh. coord. *Bazele matematice ale teoriei fiabilității.* Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1976.
- M.14 Mihoc, Gh.
Urseanu, Veniamin
Urseanu, Emiliana *Modele de analiză statistică.* Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1982.
- M.15 Militaru, C. *Fiabilitatea și precizia în tehnologia construcțiilor de mașini.* Editura Tehnică, București, 1989.
- M.16 Moldoveanu, George *Managementul operațional al producției.* Editura Economică, București, 1999.
- M.17 Monchy, F. *La fonction Maintenance-Formation a la gestion de la maintenance industrielle,* Edition Masson, 1987.
- M.18 Moțica, Minerva
Adriana *Cercetări numerice de rezistență, rigiditate și vibrații la batiuri.* Editura Mirton, Timișoara, 1998.
- M.19 Muțiu, T. *Optimizarea fiabilității sistemelor complexe în corelație cu eficiența acestora.* Al IV-lea Simpozion internațional de management, Timișoara, 4-6 iulie 1997 ,
- M.20 Muțiu, T. *Analiza relației între costul mentenanței și echipament.*

- Al III-lea Simpozion internațional de management, Timișoara, 24-26 noiembrie 1994.
- M.21 Muțiu, T. *Mentenanța productivă totală și ameliorarea randamentului global al echipamentelor.* Al III-lea Simpozion Internațional de Management, Timișoara, 24-26 noiembrie 1994.
- N.01 Negoită, C.V.
Ralescu, D.A. *Mulțimi vagi și aplicațiile lor.* Editura Tehnică, București, 1974.
- N.02 Negrilă, Adrian *Restructurarea întreprinderilor aflate în dificultate.* Editura Mirton, Timișoara, 2003.
- N.03 Niculae, Mihai I.
Ciobanu, Romeo M.
Dumitru, Camelia
Tuscu, Ovidiu *Dinamica producției.* Editura Tehnopress, Iași, 1997.
- N.04 Nițu, Nicoale
Stana, Ion *Îndrumătorul electricianului de întreținere din întreprinderile industriale.* Editura Tehnică, București, 1984
- N.05 Nițu, V.I. *Fiabilitatea instalațiilor energetice.* Editura Academiei, București, 1973.
- N.06 Noyé, Didier *Ghid practic pentru controlul calității. Principii. Metode. Mijloace.* Editura Tehnică, București, 2000.
- O.01 Olaru, M. *Managementul calității.* Editura Tehnică, București, 1994.
- O.02 Olaru, M. *Managementul calității totale.* Editura Economică, București, 1995.
- O.03 Oprean, A. ș. a. *Fiabilitatea mașinilor-unelte.* Editura Tehnică, București, 1979.
- P.01 Panait, V.
Munteanu, R. *Control statistic și fiabilitate.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
- P.02 Parker, Graham *Costurile calității.* Editura Codex, București, 1998.
- P.03 Pașa, Florin
Pașa L., Mihaela *Productivitatea, indicator de eficiență a muncii.* Editura Polirom, Iași, 2003.

- P.04 Pavelescu, Dan *Tribologie*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1997.
- P.05 Pocinog, Grigore *Inginerie industrială și marketing*. Universitatea Tehnică, Timișoara, 1993.
- P.06 Pollard, A.
Rivoire, C. *Fiabilite et statistique previsionnelle. Methode de Weibull*. Eyrolles, Paris, 1971.
- P.07 Popa H.
Dumitrescu, C.
Ioanovici, F.
Muțiu, T. *Inginerie industrială. Manual pentru uzul studenților*. Universitatea Politehnică, Timișoara, 1993.
- P.08 Popovici, Paraschiva
Teodor, Radu *Graph Search. Tehnici fundamentale de traversare a grafurilor neorientate*. Editura Mirton, Timișoara, 1998.
- P.09 Precup, Radu-Emil *Soluții de conducere fuzzy a sistemelor cu fază neminimă*. Editura „Orizonturi Universitare”, Timișoara, 2000.
- P.10 Pricop, M.
Bășanu, G. *Managementul aprovizionării și desfacerii*. Editura Economică, București, 1997.
- R.01 Rădoi, M. *Recondiționarea pieselor*. Editura Tehnică, București, 1986.
- R.02 Rosaler, R.C.
Rice, J.O. *Industrial Maintenance Reference Guide*, Mc Graw-Hill, Maidenhead-UK, 1983.
- R.03 Roșca, C. *Strategia reparațiilor în sistemele industriale*. Editura Scrisul Românesc, Craiova, 1981.
- R.04 Russu, Corneliu *Managementul întreprinderilor mici și mijlocii. Suport de curs. Studii de caz. Aplicații*. Universitatea Româno-Americană, Editura Sylvi, București, 2001.
- S.01 Sandu, Petru *Management pentru întreprinzători*. Editura ALL Educațional, București, 1997.
- S.02 Stan, Sorin *Evaluarea întreprinderilor. Metode și uzuanțe*. Editura Teora, București, 1999.
- S.03 Stănescu, C.
Ișfănescu, A.
Băicuși, A. *Analiza economico-financiară. Aplicații în societățile comerciale industriale de construcții și transporturi*. Editura Economică, București, 1996.
- Ș.01 Șaramet, C. Ctin.
Bejan, Mircea *Inginerul – confident și vizionar*. Editura Agir, București, 1999.

- Ș.02 Șuteu, Virgil ș.a. *Tehnologia întreinerii și reparării mașinilor și utilajelor.* Editura Dacia, Cluj - Napoca, 1984.
- T.01 Tăroată, Anghel
Hoancă, Radu *Conceperea și proiectarea sistemelor de producție.* Editura Eurobit, Timișoara, 1995.
- T.02 Tăroată, Anghel
Hoancă, Radu
Tămășilă, Mihai
Tăucean, Ilie *Inginerie economică.* Editura Politehnica, Timișoara, 2001
- T.03 Toma, Marin
Chivulescu, Marius *Ghid pentru diagnostic și evaluare a întreprinderii. Evaluatorul și privatizarea.* Editura CECCAR, București, 1994.
- T.04 Triker, Ray *ISO 9000 pentru întreprinderi mici și mijlocii.* Editura ALL BECK, București, 1999.
- T.05 Tudor, A.
și colectiv. *Durabilitatea și fiabilitatea transmisiilor mecanice.* Editura Tehnică, București, 1999.
- T.06 Turban, Efrain
Meredith, Jack R. *Fundamentals of Management Science.* Irwin Inc., Illinois, 1994.
- Ț.01 Țăran, Nicolae *Managementul inovației.* Editura Amarcord, Timișoara, 1995.
- V.01 Vasilescu, Gh. .
coord. *Analiza statistico-economică în industrie.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1997.
- V.02 Vasilescu, Ion
Botezatu, Mihai *Investiții. Studii de caz.* Editura Economică, București, 1999
- V.03 Vasilica, Gheorghe
Biță, Olga *Procese de lubrificație, frecare și uzură la suprafețele metalice.* Editura Academiei, București, 1977.
- V.04 Văduva, I.
Dinescu, C.
Săvulescu, B. *Modele matematice de organizarea și conducerea producției* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1974.
- V.05 Vărzaru, Mihai *Organizarea funcțională a întreprinderii.* Editura CERTI, Craiova, 1995.
- V.06 Verboncu, Ion *Ghid metodologic pentru manageri.* Editura Tehnică, București, 1999.

- V.07 Verzea, I.
Gabriel, M.
Richet, D *Managementul activității de mentenanță*. Editura Polirom, Iași, 1999.
- .V.08 Verzea I. *Analiza strategiilor de mentenanță adoptate de întreprinderile românești*. Editura Ankarom, Iași, 1997.
- W-01 Weber, Francisc *Comportarea materialelor metalice la solicitări statice și dinamice*. Editura Mirton, Timișoara, 2001.
01. * * * *Terotehnica 84. Conferința specialiștilor în frezare, ungere și uzare*, vol. I-IV. Institutul Politehnic Iași, 1984.
02. * * * *Normativ tehnic pentru repararea fondurilor fixe, cod 405 – pentru mașini, utilaje și instalații pentru construcții de mașini și prelucrarea metalului; cod 416 – pentru mașini, utilaje și instalații comune; cod 65—pentru utilaje și instalații de transport și ridicat*. Institutul de Cercetări și Proiectări Tehnologice pentru Industria Construcțiilor de Mașini, București, 1978.
03. * * * *Normativ unificat pe economie de timp pentru întreținerea și repararea mașinilor- unelte așchietoare*. Ministerul Industriei Electrotehnice, Oficiul de Informare Documentară, București, 1989.
04. * * * Contract de colaborare nr. 28/2003 cu S.C „Înfrățirea” S.A. Oradea.
05. * * * Contract de colaborare nr. 51/2005 cu S.C. „Metalica” S.A. Oradea.

**Lista lucrărilor susținute și publicate
pe parcursul elaborării tezei de doctorat**

1. Marius Romocea *Aspecte privind prelucrarea statistică a datelor rezultate din încercări tribologice.* Revista „Aletheia” nr.12/2001, Oradea.
2. Marius Romocea *Dependența indicatorilor de fiabilitate de condițiile de solicitare.* Analele Universității din Oradea. Fascicola Managementul și economia tranziției, mai, 2003. Oradea.
3. Marius Romocea *Istoria și evoluția activității de mentenanță.* Analele Universității din Oradea. Fascicola Managementul și economia tranziției, mai, 2004.
4. Marius Romocea *Importanța și evoluția activității de mentenanță în cadrul unităților industriale.* Revista „Aletheia” nr. 15/2004, Oradea.
5. Marius Romocea *Aspecte matematice privind mentenanța sistemelor complexe.* Școala Națională de Științe Politice și Administrative, sesiunea iunie 2004, București.
6. Marius Romocea *Tipuri de sisteme de întreținere și reparații practicate în România.* Analele Universității din Oradea. Fascicola Managementul și economia tranziției, mai 2005, Oradea.
7. Marius Romocea *Stabilirea structurii și duratei ciclului de reparații pentru strungul normal SN 320x1000.* Analele Universității din Oradea. Fascicola Managementul și economia tranziției, mai 2005, Oradea.
8. Dumitrescu, C
Romocea, M.
Bob, C. *The determination of the parameters of the products' availability.* Universitatea din Krusevatz, Serbia-Muntenegro, sesiunea septembrie, 2005.

A N E X E

LEXIC DE CONCEPTE CHEIE

Analiza modului de defectare, a efectului și criticității (AMDEC)	— metodă de analiză, care încearcă să pună în comun competențele grupurilor de muncă implicate într- un proces de producție, în vederea elaborării unui plan de măsuri ce are ca scop creșterea nivelului calitativ al produselor, proceselor de muncă și a mediilor de producție.
Arborescența defectării	— metodă de cercetare sistematică a cauzelor și combinațiilor de evenimente care afectează funcționarea unui sistem. Utilizează ca instrument reprezentarea grafică.
Automențința	— reprezintă implicarea competentă a personalului de producție în activitățile de mentenanță a mijloacelor de producție utilizate în procesul de fabricație.
Cele șase mari pierderi	— denumire consacrată pentru pierderile de timp datorită activității de mentenanță: 1) timpul de oprire accidentală, 2) timpul necesar pentru schimbarea, reglarea și adaptarea utilajului, 3) timpul consumat cu micro-opririle utilajului, 4) timpul încetirii funcționării, datorită funcționării utilajului sub parametri nominali, 5) cel al defectelor de calitate, 6) cel al defectelor de demaraj, timp în care se reglează mașina.
Diagrama ISHIKAWA	— mod de întregire a metodei celor „5M” printr-o reprezentare grafică arborescentă
Disponibilitatea	— probabilitatea ca sistemul să fie apt de funcționare după o durată de timp consumată pentru reparații impuse de căderea ce s-a produs după o anumită perioadă de bună funcționare.
Evoluția mentenanței	— mentenanța tinde să evolueze din domeniul tehnic unde era responsabilă în principal de aspectele tehnice ale întreținerii și reparării utilajelor, spre latura strategică a activității întreprinderii.
Fiabilitatea	— aptitudinea unui dispozitiv de a-și îndeplini funcția specificată, în condiții date și de-alungul unei durate prestabilite.
Fișa istorică	— cuprinde toate intervențiile corective suferite de un echipament după punerea sa în funcțiune

Life Cycle Cost (LCC)	— costul ciclului de viață — concept de origine americană care cuprinde totalitatea costurilor ocazionate de procesele de cercetare, proiectare, construcție, exploatare și mentenanță, pe toată durata de viață a unui echipament. Obiectivul urmărit este unul economic — minimizarea costurilor.
Matricea de criticitate calitate-securitate-disponibilitate (CSD)	— una din metodele cele mai utilizate în identificarea punctelor „nevralgice” ale mentenanței sistemelor tehnice.
Media timpilor de bună Funcționare (MTBF)	— raportul dintre durata totală de funcționare a unui grup de elemente și numărul total de elemente în perioada de timp considerată.
Mentenabilitatea	— aptitudinea unui echipament de a fi menținut sau restabilit, în condiții date de de utilizare, în stare să îndeplinească funcția cerută, dacă mentenanța este realizată conform metodelor stabilite, cu procedurile și mijloacele prescrise.
Mentenanța condițională	— tip de mentenanță preventivă realizată prin urmărirea parametrilor de uzură a elementelor sau subsansamblurilor-cheie ale utilajelor, prin intermediul unor instrumente specifice (analizoare de uzură, de vibrații, de ulei etc).
Mentenanța corectivă	— ansamblu de activități realizate după defectarea (căderea) unui mijloc de producție sau după degradarea funcției sale în mod neprevăzut. Cuprinde două tipuri de intervenții: depanarea și reparația.
Mentenanța curativă	— activități de mentenanță corectivă, care au ca obiect repunerea unui mijloc de producție într-o stare specifică de funcționare, care îi permite îndeplinirea funcțiilor sale.
Mentenanța industrială	— ansamblu de măsuri și activități tehnico-organizatorice care asigură prevenirea, buna menținere sau restabilirea unui echipament într-o stare prevăzută, sau în măsură să asigure un serviciu determinat în condițiile minimizării costurilor de producție.
Mentenanța paliativă	— reprezintă mentenanța aplicată echipamentelor complet amortizate, „îmbătrânite”, dar care sunt menținute în procesul de producție din anumite motive, în special din cauza imposibilității achiziționării unor noi echipamente datorită lipsei mijloacelor financiare.
Mentenanța preventivă	— mentenanța care are ca obiect reducerea probabilităților de defectare sau degradare a unui bun sau serviciu.

Mentenanța previzionară	— mentenanța preventivă subordonată analizei de evoluție, urmărită de parametrii semnificativi ai degradării utilajului, ce permite planificarea intervențiilor.
Mentenanța productivă totală (TPM)	— concept de origine japoneză care are ca obiectiv maximizarea randamentului global al echipamentului de producție și presupune participarea tuturor persoanelor implicate în buna funcționare a acestuia: proiectanți, utilizatori (personalul de producție), personal de mentenanță, de la muncitori până la managerul general
Mentenanța sistematică	— mentenanța preventivă realizată prin activități de întreținere, reparații curente, revizii și reparații capitale, constituite într-un plan tehnic normat de intervenții, specific fiecărui tip de utilaj în parte.
Metoda celor „5M”	— metodă specifică managementului calității, care se bazează pe studiul raportului cauză-efect. Metoda grupează componentele activității studiate în cinci categorii: M âna de lucru, M ijloace de muncă, M ediu, M etode, M ateriale. Admite variantele: „6M” și „7M”.
Metoda centralizată	— presupune executarea tuturor lucrărilor de evidență, planificare, programare, pregătire și executare a activității de mentenanță în mod centralizat de către compartimentul de mentenanță.
Metoda descentralizată	— presupune executarea lucrărilor de mentenanță de către compartimentul din subordinea verigilor de producție de bază.
Metoda Pareto (ABC, 80/20).	— metodă (a se vedea 80/20) de a cauzelor principale de apariție a defecțiunilor și de a orienta eficient resursele mentenanței spre înlăturarea acestora. Principiul care stă la baza metodei constă în faptul că 80% dintre defecțiunile de funcționare ale utilajelor sunt urmare a 20% din cauze.
Metoda standard	— constă în introducerea echipamentului în reparații după un anumit număr de ore de funcționare, indiferent de starea tehnică a utilajului și înlocuirea unor piese, fără a se ține seama de starea lor tehnică.
Pragul de disponibilitate.	— disponibilitatea minimă începând de la care utilajul asigură un raport pozitiv venituri-cheltuieli.
Rata căderilor	— indicator care furnizează informații legate de fiabilitatea unui produs la un moment dat
Rata timpilor de reparații (MTR).	— indicator care se exprimă prin raportul dintre timpul total de reparații și numărul ciclurilor de reparație.

**Rețeaua tehnică și umană
a mentenanței (RTUM)**

— metodă de management a ansamblului de relații, activități, proiecte și informații specifice unei funcții a întreprinderii

**Tabloul de bord al
mentenabilității**

— reprezintă un ansamblu de informații, prelucrate și reprezentate astfel încât să caracterizeze starea și evoluția sistemului condus la un moment dat.

Cei „5S”

— concept japonez introdus de Nakajima care se referă la curățenia mașinilor și aspectul ordonat al uzinelor, fiind unul din rezultatele cele mai spectaculoase ale T.P.M. Cei „5S” cuprind **SEIRI** (aranjare, eliminarea lucrurilor inutile), **SEITON** (ordine, metodă), **SEISSO** (inspecție, control), **SEIKETSU** (curățenie), **SHITSUKE** (disciplină, educație morală, respect față de alții).

CONTRACT DE COLABORARE

Nr.....51..... data 23.05.2005

I. PĂRȚILE CONTRACTANTE:

1. S.C.METALICA S.A., cu sediul în Oradea, str. Uzinelor nr 10, înregistrată la Registrul Comerțului Bihor, sub poziția J 05/128/1991, cod fiscal R51179, telefon 059-152512, 059-163296, fax: 059-154667, reprezentată prin ec. HERDEAN MOISE - director general, și

2. d-nul ROMOCEA MARIUS - în calitate de lector la Facultatea de Electronica și Informatica din cadrul Universității Oradea, cu domiciliul în Oradea, str. Transilvaniei, nr. 4, Bl F9, Ap 13, identificat cu C.I. seria XH nr. 185482, eliberat de Poliția Oradea,

II. OBIECTUL CONTRACTULUI

Obiectul contractului constituie optimizarea mentenanței sistemelor fabricației de serie la S.C. METALICA S.A.

III. OBLIGAȚIILE ȘI DREPTURILE PĂRȚILOR

- Societatea se obliga:
 - să îi confere d-lui ing. Romocea Marius accesul la planul anual și la planul operativ de mentenanță vizând întreținerea și repararea utilajelor,
 - să permită participarea directă a d-lui ing. la efectuarea operațiilor de diagnoză, reparații și recepția lucrărilor precum și la probele de mers în gol și în sarcină în vederea evaluării calității lucrărilor.
- Dl. ing. Romocea Marius se obliga:
 - să contribuie cu sugestii la optimizarea activității de mentenanță din unitate,
 - să prezinte un mod practic de organizare și efectuare a unor RK la utilajele conducătoare din S.C. METALICA S.A.
 - să respecte regulamentul de ordine interioară a societății,
 - să păstreze secretul asupra conținutului cooperării,
 - societatea are dreptul de a beneficia de serviciile colaboratorului iar colaboratorul are dreptul de a-și însuși cât mai multe date și cunoștințe în domeniul optimizării mentenanței sistemelor de fabricație în serie

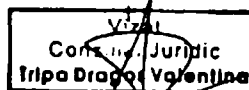
IV. DURATA CONTACTULUI

Prezentul contract se derulează fără obligații financiare și este valabil până la revocare.

COLABORATORI

S.C.METALICA S.A.
EC. HERDEAN MOISE




 viza
 Conf. Juridic
 Tripa Dragos Valentin

ING. ROMOCEA MARIUS

Romocea

FIȘA DE ANALIZĂ A DEFECTULUI

Dăm mai jos un exemplu de fișă de analiză a defectului, întocmită în atelierul de reparații ale S.C. „METALICA” S.A. Oradea, pentru repararea strungului SN 400x1500, la care s-au înlocuit rulmenții NN 2020 K (2 buc.) la axul principal.

Întocmită de (nume.prenume.funție)		Data.....	
IDENTIFICARE			
Den. echipament..SN 400 x 1500		Cod.....	Tip.....
NATURA			
mecanic <input checked="" type="checkbox"/>		electronic <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> pneumatic
electric <input type="checkbox"/>		hidraulic <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> alta
Diagnostic			
Cauze externe - accident <input type="checkbox"/> - exploatare necorespunzătoare <input type="checkbox"/> - întreținere necorespunzătoare <input type="checkbox"/> - intervenții anterioare greșite <input checked="" type="checkbox"/> - curățenie necorespunzătoare <input type="checkbox"/> - alte cauze <input type="checkbox"/>		Cauze interne - materiale necorespunzătoare <input type="checkbox"/> - proiectare greșită <input type="checkbox"/> - execuție greșită <input type="checkbox"/> - montaj greșit <input type="checkbox"/>	
Mod de defectare în funcționare - uzura <input checked="" type="checkbox"/> - deformații termice <input type="checkbox"/> - vibrații <input type="checkbox"/> - alte cauze <input type="checkbox"/>			
Viteza de evoluție a defectului			
		mică <input checked="" type="checkbox"/> medie <input type="checkbox"/> mare <input type="checkbox"/> bruscă <input type="checkbox"/>	
Consecințe			
Tabel de criticitate - critică <input type="checkbox"/> - majoră <input checked="" type="checkbox"/> - minoră <input type="checkbox"/>	Securitatea persoanelor - riscuri grave <input type="checkbox"/> - răniri posibile <input type="checkbox"/> - fără consecințe <input checked="" type="checkbox"/>	Protecția mediului - riscuri mari <input type="checkbox"/> - riscuri mici <input type="checkbox"/> - fără riscuri <input checked="" type="checkbox"/>	Durata de staționare - mare <input type="checkbox"/> - mijlocie <input checked="" type="checkbox"/> - mică <input type="checkbox"/>
			Costuri directe - mari <input type="checkbox"/> - medii <input checked="" type="checkbox"/> - scăzute <input type="checkbox"/>
			Producție - oprită <input type="checkbox"/> - redusă <input checked="" type="checkbox"/> - fără influență <input type="checkbox"/>
Posibilitatea de a fi detectată			
		- captatori <input type="checkbox"/> - revizii tehnice periodice <input checked="" type="checkbox"/> - alte măsuri preventive <input type="checkbox"/>	
Expertiza			
Descrierea defectului: uzura rulmenților la axul principal Descrierea condițiilor de manifestare: apariția zgomotelor și a vibrațiilor precum și scăderea preciziei de prelucrare în timpul funcționării utilajului			
Mentenanța corectivă			
Măsuri preconizate pentru punerea în funcțiune: înlocuirea rulmenților Măsuri preconizate pentru evitarea reapariției defectului: respectarea programului de mentenanță preventivă, montare corectă și lubrifiere corespunzătoare			

FIȘA ISTORICĂ A ECHIPAMENTULUI

Istoricul echipamentului..... Nr.inv.....					Indice de criticitate..... Data punerii în funcțiune.....				
Cod de montaj									
A grup funcțional..... B grup funcțional..... C grup funcțional.....				D grup funcțional..... E grup funcțional..... F grup funcțional.....					
Data	Ore de funcționare	Ordin de muncă	Cod de afectare a defectului	Descrierea intervenției	Durata(ore)		Coduri de imputare		
					Intervenție	De staționare			
							a	b	c

Cod a : cauze defectări:

- 0 – accident imprevizibil
- 1 – cauză internă detectabilă
- 2 – cauză internă nedetectabilă
- 3 – defect datorat întreținerii necorespunzătoare
- 4 – intervenție anterioară greșită
- 5 – exploatare greșită
- 6 – alte cauze

Cod b: natura cauzelor

- 0 – origine mecanică
- 1 – origine electrică
- 2 – origine electronică
- 3 – origine hidraulică

Cod c: gravitatea

- 0 – defecte critice
- 1 – defecte majore
- 2 – defecte minore

Întocmit,

.....

DOSARUL ECHIPAMENTULUI

Den. echipament.....	Nr. inventar.....	Indice criticitate.....
01	Cuprins	
02	Contract de comandă	
03	Proces verbal de recepție	
04	Caracteristici, fișe tehnice	
05	Codificare arborescență; Demontaj părți componente	
06	Plan de ansamblu, detalii, scheme;	
07	Instrucțiuni de instalare, de punere în funcțiune	
08	Instrucțiuni de securitate	
09	Instrucțiuni de lubrefiere	
10	Instrucțiuni mentenanța de rond	
11	Lista generală de componente	
12	Listă piese de schimb	
13	Schițe piese de schimb	
14	Planificarea vizitelor preventive	
15	Lista vizitelor preventive	
16	Gama tip de operații repetitive	
17	Lista căderilor posibile previzibile	
18	Schema de diagnostic - depanare	
19	SDV – uri specifice de intervenție	

Întocmit,

ANALIZĂ DE COSTURI NRdin.....

COMANDA

PRODUS R.K. S.N. 400 x 1500

BUCĂȚI LANSATE.....1.....

BUCĂȚI PREDATE.....1.....

DATA LANSĂRII.....

DATA TERMINĂRII.....

Articole de calculație	Antecalcul		Post calcul	Diferențe	%
	1.Buc	C-DA			
Materiale	60.000.000		66.022.233	+22.233	
Ch.Tr.Aprovizionare	10%		10%		
Total materiale	66.000.000		72.684.962	+6.684.962	
Regie P.M	ore	150	150		
	lei/h	142.800	142.800		
	regie	21.420.000	21.420.000		
Regie Munt	ore	500	550		
	Lei/h	142.800	142.800		
	regie	71.400.000	71.400.000		
Total regii	92.820.000		99.960.000	+7.140.000	
S.D.V.			3.500.000	+3.500.000	
Piese normalizate	8.500.000		8.000.000	- 500.000	
Cotă service					
Rebut					
Total	167.320.000		184.144.962	+16.824.962	
Colaborări	F.PT				
	Forjă				
	Tinichigerie	3.000.000		3.000.000	
	Alte cheltuieli				
Cost total	170.320.000		187.144.962	16.824.962	
Beneficiu	10%		10%		
Preț producție	187.352.000		205.859.452	18.507.452	

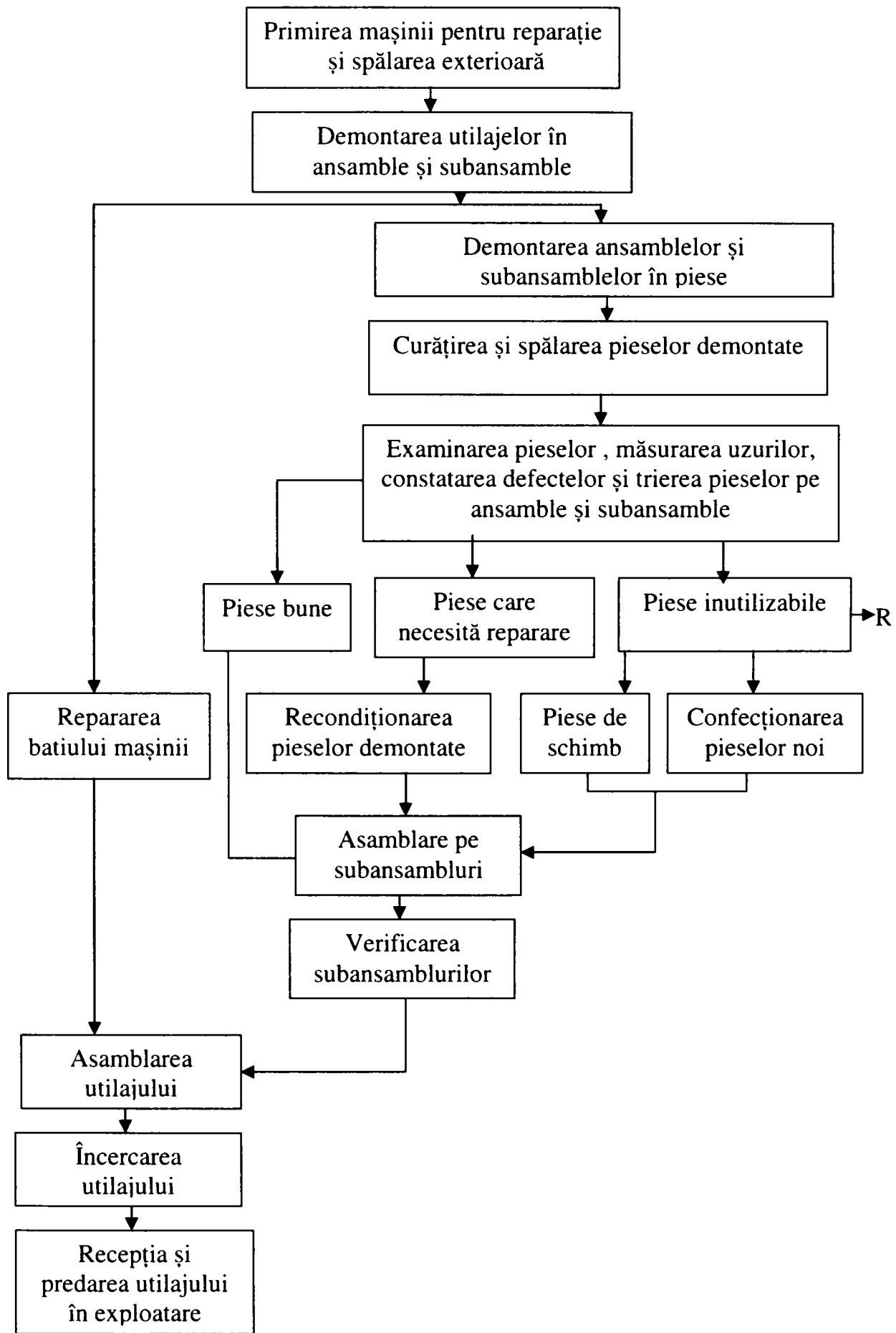
Întocmit,

.....

MODEL DE FIȘĂ DE UNGERE

Întreprinderea.....				Denumirea utilajului.....				
Secția.....							
				Nr. de inventar.....				
FIȘA DE UNGERE								
Nr. crt. al punctelor de ungere conform schemei	Denumirea pieselor ce se ung	Nr. locurilor ce se ung	Felul lubrifiantului STAS	Capacitatea băii	Periodicitatea ungerii	Consum lunar litrii	Sistemul și mijloacele de ungere	Obs.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Lagăr	2	RUL S140	15	trim	10	Pompă de ungere	
2	Ghidajele	4	Ulei	-	zilnic	8	Normal cu cană de ulei	
3								
etc								
Resp. cu lubrifiții			Maistru mec. secție			Aprobat		
						Șef de secție întreținere și reparații		
.....								

**SCHEMA PROCESULUI TEHNOLOGIC GENERAL
AL UNEI REPATAȚII CAPITALE**



BAZA DE DATE A MENTENANȚEI

cuprinde propuneri de fișiere cu informații privitoare la următoarele aspecte:

- 1) Evidența utilajelor și a instalațiilor pe secții și linii de fabricație, care cuprinde inventarierea pe secții sau fluxuri de fabricație a tuturor utilajelor din dotare.
- 2) Fișier cu subansamblurile și piesele componente, care cuprinde nomenclatoarele de subansambluri și piesele componente pe fiecare utilaj, instalație etc.
- 3) Fișier cu subansambluri și piese de schimb pentru utilaje..
- 4) Fișier cu ciclurile de întreținere-reparare, pe tipuri de utilaje.
- 5) Evidența lucrărilor de mentenanță.
- 6) Periodicitatea lucrărilor de mentenanță, norme de timp pentru echipamente.
- 7) Fișier cu programarea mentenanței.
- 8) Fișier cu comenzile lucrărilor de mentenanță.
- 9) Fișier cu lansarea bonurilor de lucru.
- 10) Fișier cu resursele de muncă.
- 11) Fișier cu necesarul de subansambluri, piese de schimb, corelat cu planul de reparații.
- 12) Fișier cu întreprinderile furnizoare și cu unitățile potențial producătoare.
- 13) Fișier cu grupele de piese tipizate.
- 14) Fișier cu comenzile de repere și subansambluri.
- 15) Fișier cu locurile de depozitare și cu stocurile de siguranță
- 16) Fișier cu documentația tehnologică și cu instalațiile, utilajele care produc piese de schimb.
- 17) Fișier cu evidența S.D.V.-urilor și cu execuția acestora.
- 18) Fișier cu timpii de oprire și de avarii, istoria mentenanței, istoria achiziționării sau producerii pieselor de schimb.
- 19) Fișier cu circulația subansamblurilor, istoria schimbării utilajelor.