

**PETROM EPS Mentenanta**



# **“TEACHER”**

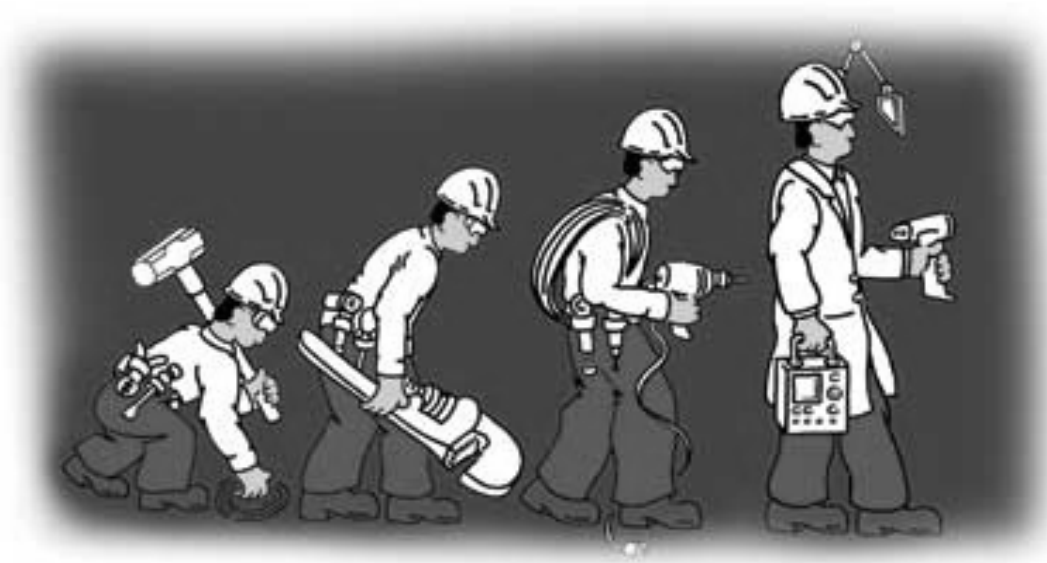
## **PROGRAM DE PERFECTIONARE PROFESIONALA**



**Tema 1: Fiabilitate si Mentenanta**

**2009**

# **INTRODUCERE IN FIABILITATEA SI MENTENANTA ECHIPAMENTELOR**



**Material pentru perfectionare profesionala**

**Traducere, compilare si redactare: Ing. Paul Popescu**

**Coordonator Operatiuni**

## **CUPRINS**

- 1. Introducere**
  - 1.1 Menenabilitate, fiabilitate si mentenanta – termeni utilizati**
  - 1.2 Scurt Istoric**
- 2. Introducere in Ingineria Fiabilitatii**
  - 2.1 Importanta Fiabilitatii**
  - 2.2 Definitile Fiabilitatii**
  - 2.3 Calculul Fiabilitatii**
  - 2.4 Redundanta**
  - 2.5 Fiabilitatea in fabricatia echipamentelor**
  - 2.6 Fiabilitatea mecanica**
  - 2.7 Instalarea si operabilitatea**
  - 2.8 Costurile Fiabilitatii**
  - 2.9 Fiabilitatea echipamentelor in Petrom**
- 3. Menenabilitatea**
  - 3.1 Nevoia de menenabilitate**
  - 3.2 Menenabilitate si Fiabilitate**
- 4. Raportarea Defectelor**
- 5. Introducere in Ingineria Menenantei**
  - 5.1 Nevoia de Menenanta**
  - 5.2 Menenabilitate si Menenanta**
  - 5.3 Obiectivele Menenantei**
  - 5.4 Siguranta in Menenanta**
  - 5.5 Calitatea in Menenanta**
  - 5.6 Metode de Management al Menenantei**
  - 5.7 Menenanta Predictiva**
  - 5.8 Alte metode de imbunatatire a menenantei**
  - 5.9 Menenanta echipamentelor in Petrom**
- 6. Concluzie**
  - Raspunsuri la intrebarile de autoevaluare**
  - Bibliografie**

## 1. Introducere

Acest material se adreseaza tehnicienilor de mentenanta avand ca scop prezentarea, intr-un limbaj accesibil, a unor concepte de baza, utilizate de ani buni in industrie, dar care au patruns abia acum in activitatea noastra, cum sunt fiabilitatea, mentenabilitatea si mentenanta echipamentelor.

Materialul a fost intocmit astfel incat sa reprezinte o introducere pentru cei care nu detin cunostinte in aceste zone, acoperind aspectele de baza, comune domeniilor electric si mecanic.

### 1.1 Mentenabilitate, fiabilitate si mentenanta - termeni utilizati

Aceasta sectiune prezinta termenii frecvent utilizati in ingineria mentenabilitatii, fiabilitatii si mentenantei:

- **Mentenabilitate:** Probabilitatea ca un echipament sau o componenta avariata sa fie readusa la starea initiala de functionare.
- **Mentenanta:** Toate activitatile necesare pentru a mentine sau a readuce o componenta sau un echipament la starea initiala de functionare.
- **Fiabilitate:** Probabilitatea ca o componenta sau un echipament sa realizeze functiunile cerute, in conditii specificate, pentru o anumita perioada de timp si cu un nivel de incredere dat.
- **Disponibilitate:** Durata de timp in care utilajul functioneaza, exprimata ca procent din timpul total in care ar fi trebuit sa functioneze.
- **Timpul de functionare:** Timpul in care echipamentul functioneaza la intreaga capacitate.
- **Timpul mediu de oprire:** Durata media a opririlor utilajului
- **Timpul de oprire:** Timpul in care utilajul nu functioneaza.
- **Timpul mediu de reparare:** Timpul mediu in care utilajul este reparat.
- **Timpul logistic:** Portiunea din timpul de oprire ocupata cu asteptarea pieselor sau sculelor.
- **Defect(Avarie):** Incapacitatea unei componente sau echipament de a functiona in limitele prescrise.
- **Media timpului de buna functionare(MTBF):** Timpul mediu intre defectarile unui utilaj.
- **Serviceabilitatea:** Gradul de dificultate in care o componenta sau echipament poate fi readus in conditii de functionare.
- **Redundanta:** Existenta a mai mult de un mijloc care poate indeplini o anumita functiune.
- **Mod de defectare(avarie):** Anormalitatea in functionarea unei componente sau echipament, care determina considerarea acesteuia ca defect.
- **Fiabilitate umana:** Probabilitatea indeplinirii cu succes a unei sarcini in orice faza a operarii unui sistem, intr-un timp minim necesar.

- **Durata de viata utila:** Durata in care un produs isi indeplineste functiunea cu un nivel acceptabil al ratei de defectare.
- **Concept de mentenanta:** Formularea unui concept general al specificatiilor sau politicii care controleaza tipul actiunilor care se realizeaza pentru mentenanta unui produs.
- **Mentenanta corectiva:** Reparatia sau mentenanta neplanificata efectuata pentru readucerea unei componente sau echipament intr-o anumita stare.
- **Performanta umana:** O masura a functionalitatii si actiunilor umane in conditii specificate.
- **Eroare umana:** Esecul in realizarea unei sarcini specifice, care poate avea drept consecinta perturbarea unor operatii planificate, afectarea proprietatii sau echipamentului.
- **Inspectie:** Observarea calitativa a starii sau performantei unui echipament.

## 1.2 Scurt istoric

### Mentenabilitatea

O prima referire la mentenabilitate poate fi gasita in anul 1900, in Contractul Corpului de Armata american pentru dezvoltarea aeroplanului fratilor Wright, in care se prevedea ca avionul trebuie sa fie usor de operat si intretinut. Intr-un context modern, inceputurile disciplinei se regasesc in perioada dintre cel de-al doilea Razboi mondial si anii 1950, cand au fost initiate mai multe actiuni privitoare la mentenabilitate. Un exemplu al acestor eforturi este seria de articole aparute in revista Machine Design, care acopera probleme legate de proiectarea echipamentelor pentru mentenabilitate si recomandari privind accesul in echipamente, pentru realizarea mentenantei.

In 1960, Fortele Armate Aeriene ale SUA au initiat un program pentru dezvoltarea unei abordari eficiente a mentenabilitatii, concretizat in specificatii privind mentenabilitatea tehnicii militare americane.

Prima carte disponibila comercial despre mentenabilitate (Electronic Maintainability) a aparut in 1960, fiind urmata, de-a lungul anilor, de multe alte cercetari si dezvoltari ale acestui concept.

### Mentenanta

Desi omul a simtit nevoia de a-si intretine uneltele inca din vechime, inceputurile ingineriei mentenantei moderne poate fi considerata ca fiind dezvoltarea motorului cu abur de catre James Watt (1736-1819), in 1769, in Marea Britanie. In 1886, a fost publicata o carte privind mentenanta cailor ferate. In anii 1950 a fost inventat termenul de mentenanta preventiva iar in 1957 a fost publicata o agenda a ingineriei mentenantei.

De-a lungul timpului, in aria ingineriei mentenantei au avut loc numeroase dezvoltari, iar in prezent, universitatile ofera programe academice pe aceasta tema.

## **Fiabilitate**

Istoria ingineriei fiabilitatii incepe in timpul celui de-al doilea Razboi Mondial, cand Germanii au anuntat ca au introdus pentru prima data conceptul de fiabilitate pentru a imbunatati fiabilitatea rachetelor V1 si V2. In 1950, Departamentul Apararii al SUA a stabilit un comitet pentru fiabilitate, care, in 1952, a fost transformat intr-un grup permanent numit Comitetul Consultativ pentru Fiabilitatea Echipamentelor Electronice(AGREE), al carui prim raport a fost publicat in 1957.

In 1954 un simpozion national de fiabilitate a avut loc in SUA, iar in 1957, Fortele Aeriene ale SUA au intocmit prima specificatie militara:”Programul de Asigurare a Fiabilitatii pentru Echipamentele Electronice”. Ulterior si acest concept a beneficiat de dezvoltari, ajungand obiect de studiu in majoritatea universitatilor tehnice.

## **2. Introducere in Ingineria Fiabilitatii**

### **2.1 Importanta fiabilitatii**

Echipamentele electronice, electrice si mecanice sunt folosite in industrie, tehnica IT, tehnica medicala, energia nucleara, comunicatii, transporturi terestre, navale si aeriene si in multe alte domenii. Este esential ca aceste echipamente sa fie sigure in functionare in conditiile in care sunt utilizate. In transporturile aeriene, domeniul militar sau al energiei atomice, avariile pot provoca catastrofe. Sisteme foarte complicate incluzand un mare numar de componente, asa cum sunt sistemele avionice sau aerospatiale, sunt utilizate din ce in ce mai mult. Cum fiecare componenta este predispusa la defect, fiabilitatea globala va scadea daca fiabilitatea fiecărei componente nu este imbunatatita.

Sa presupunem, de exemplu, ca se cunoaste faptul ca o componenta din jumatate de milion se defecteaza la fiecare ora. In acest caz, o piesa dintr-un echipament care foloseste 100000 astfel de componente se va defecta la un interval mediu de 5 ore.

### ***Intrebare de autoevaluare 2.1***

*Testele au relevat ca, in medie, o piesa a unui echipament care utilizeaza 1000 de componente similare se defecteaza dupa o perioada de 100 ore. Daca numarul componentelor ar fi reduce la jumatate, care ar fi intervalul de timp la care apare o defectiune?*

Nevoia de fiabilitate este diferita pentru fiecare aplicatie. In cazul cablului transatlantic, de exemplu, amplificatoarele subacvatice trebuie sa functioneze minim 20 de ani fara defect, deoarece costul ridicarii cablului pentru repararea unui defect ar fi de cca 500000 lire sterline. Adaugand la acesta, pierderea veniturilor datorata opririi, pierderile totale ar ajunge la mai mult de un milion

de lire. In cazul unui echipament care controleaza o uzina chimica sau un proces industrial complex, costul opririi poate fi enorm.

Este esential ca, inca din faza de proiectare, sa fie asigurata fiabilitatea si aceasta sa fie verificata prin suficiente teste si incercari.

Disponibilitatea sau timpul in care echipamentul functioneaza corect din timpul in care este in folosinta depinde atat de fiabilitate, cat si de mentenabilitate. Fiabilitatea este definita ca o masura a capacitatii echipamentului de a functiona in conditiile date, in timp ce mentenabilitatea este o masura a rapiditatii cu care pierderea de functionalitate este detectata, diagnosticata si refacuta.

Fiabilitatea este, desigur, un factor important in siguranta unui echipament, dar nu singurul. Un sistem sau echipament poate sa-si indeplineasca functiile dar sa fie nesigur. Exista dezastru majore, bine documentate, cauzate nu de defectiuni electrice sau mecanice, ci de greseli umane. Aceste greseli umane pot fi datorate operatorilor, echipelor de mentenanta sau managementului.

Avariile si dezastru pot apare din deficientele managementului de a stabili propriile proceduri de operare si regulamente. Partea din responsabilitate care revine managementului pentru defecte a fost estimata la aproape 50%. Acestea pot apare, de asemenea, din cauza deficientelor de operare, accidentale sau deliberate, in respectarea procedurilor si instructiunilor. Rezultatele defectelor pot fi admise, prin anticiparea, in timpul fazei de proiectare, a posibilelor greseli de exploatare si introducerea de protectii. Oricum, este imposibil ca toate avariile cauzate de nerespectarea deliberata a procedurilor de operare sa fie anticipate, drept pentru care este esential sa se explice operatorilor si echipelor de mentenanta, in timpul instruirilor, importanta urmarii procedurilor si regulilor.

## **2.2 Definitii fiabilitatii**

Datorita multitudinii cerintelor de operare si mediilor de utilizare variate, "fiabilitatea" inseamna ceva diferit pentru oameni diferiti. Definitia general acceptata a fiabilitatii este:

**Fiabilitatea - caracteristica unui echipament sau componenta, exprimata prin probabilitatea de a indeplini functiunea ceruta, in conditii stabilite, pentru o anumita perioada de timp.**

Un defect(avarie) este incapacitatea unei componente sau echipament de a-si indeplini functionalitatea.

O componenta poate fi orice parte, subsistem, sistem sau echipament care poate fi individualizat si testat separat.

O componenta se poate defecta in mai multe feluri, acestea fiind clasificate dupa urmatoarele criterii:

a. Cauza defectului

- i) Defect de utilizare - Defect atribuit aplicarii unei solicitari mai mare decat cele specificate.
  - ii) Defecte ascunse sau oboseala datorata functionarii normale
- b. Momentul aparitiei:
  - i) Defect subit - Defect care nu poate fi anticipat prin examinare anterioara.
  - ii) Defect gradual - Defect care poate fi anticipat prin examinare anterioara.
- c. Intinderea defectului:
  - i) Defect partial - Defect rezultat din modificarea caracteristicilor dincolo de limitele specificate, dar nu indeajuns incat sa se piarda complet functionalitatea.
  - ii) Defect complet - Defect rezultat din modificarea caracteristicilor dincolo de limitele maxime specificate, astfel incat este pierduta complet functionalitatea.
- d. Combinatii de defecte:
  - i) Catastrofice - Defecte care sunt atat subite, cat si complete.
  - ii) Degradari - defecte care sunt graduale si partiale.

***Intrebare de autoevaluare 2.2***

*Analizati fiecare din scenariile urmatoare si clasificati defectele folosind tabelul de mai jos:*

- a. Un set motor de masina are cuzinetii uzati si necesita inlocuirea acestora la 15.000km.*
- b. Un bec montat intr-o lampa de masa se arde cand este aprins, dupa 18 luni de folosire intermitenta.*
- c. O siguranta fuzibila de 3A, montata la un incalzitor electric dublu0.5/1KW 220V, se arde cand incalzitorul este trecut pe pozitia "MAX".*
- d. Lampa galbena se arde intr-unul din cele patru semafoare dintr-o intersectie.*

	<b><i>Cauza</i></b>		<b><i>Moment</i></b>		<b><i>Intindere</i></b>		<b><i>Combinatie</i></b>	
	<i>Utilizare</i>	<i>Oboseala</i>	<i>Subit</i>	<i>Gradual</i>	<i>Partial</i>	<i>Complet</i>	<i>Catastrofic</i>	<i>Degradare</i>
<b><i>a.</i></b>								
<b><i>b.</i></b>								
<b><i>c.</i></b>								
<b><i>d.</i></b>								

Un criteriu important care trebuie cunoscut de catre utilizator sau tehnicianul de mentenanta este cat de des o componenta se defecteaza, acest lucru putand fi definit in doua moduri.

1. Media Timpului de Buna Functionare - MTBF



Acesta se aplica sistemelor reparabile si inseamna ca, daca o componenta se defecteaza, sa zicem, de cinci ori intr-o perioada de folosinta totalizand 1000 de ore, timpul mediu intre defectiuni va fi 1000 impartit la 5 sau 200 ore.

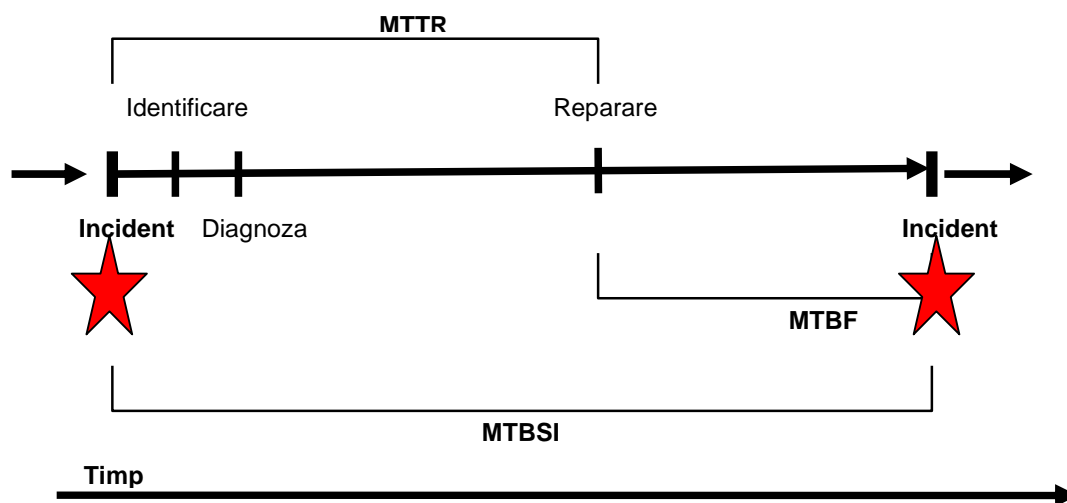
## 2. Timpul Mediu Pana la Defectare - MTTF(Mean Time To Failure)

Se aplica componentelor nereparabile si reprezinta durata medie in care o componenta este asteptat sa functioneze inainte de a se defecta. Se determina prin aplicarea asupra unui mare numar de componente de acelasi fel a unor solicitari identice(electrice, mecanice, umiditate, etc.), iar dupa o anumita perioada impartind durata incercarii la numarul de defecte aparute in acest timp.

MTTR - Timpul Mediu de Reparare → **Mentainabilitate(Serviceabilitate)**

MTBF - Timpul Mediu de Buna Functionare → **Disponibilitate**

MTBSI - Timpul Mediu intre defectiuni → **Fiabilitate**



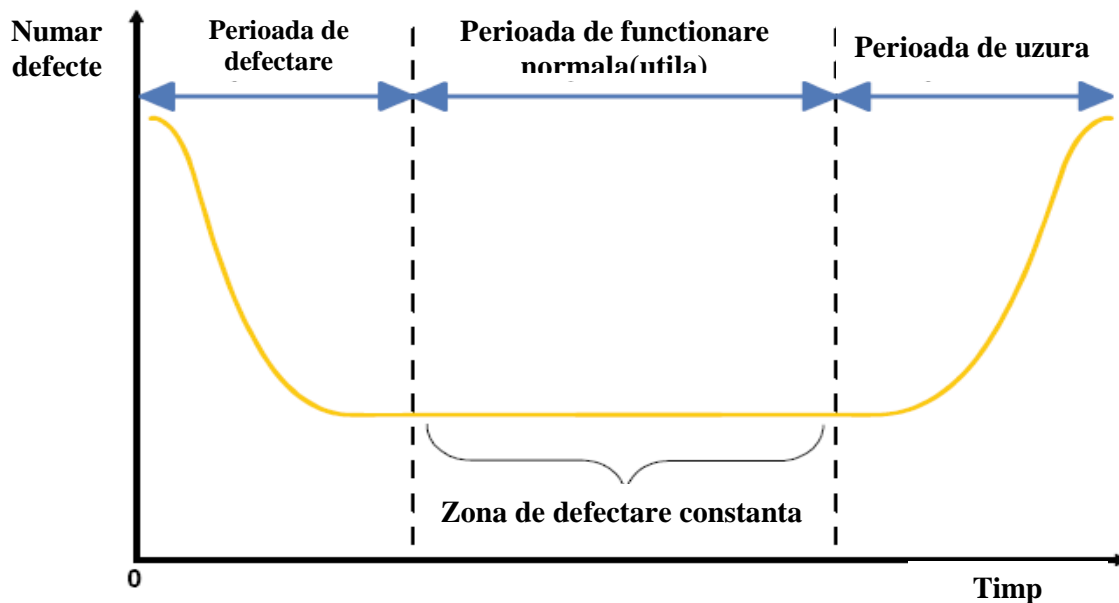
### **Defectarea echipamentelor in timpul vietii acestora.**

Atunci cand se achizitioneaza un echipament nou, fie ca este o masina, un radio, masina de spalat, avion sau tank, pot apare defecte premature. Acestea pot fi cauzate de defecte de fabricatie, deficiente de proiectare sau utilizare gresita. Rata defectarii premature poate fi relativ mare, dar scade odata cu inlocuirea componentelor slabe. Urmeaza o perioada in care rata de defect este mica si relativ constanta iar, in final, rata de defectare creste din nou, odata cu uzura componentelor(fig2.1). Desi rata constanta este deseori prezentata ca o linie dreapta, in practica este ondulata si pentru echipamentele fiabile poate fi o durata mare pana cand perioada de uzura este atinsa. Cele trei parti sunt reprezentate in curba “cada”:

**Perioada de defectare prematura**, avand un anumit inceput si durata, in care numarul defectelor scade rapid.

**Perioada de defectare constanta**, in timpul careia defectele apar aproape uniform.

**Perioada de defectare datorata uzurii**, in care numarul de defecte creste rapid, datorita procesului de uzura.



**Fig. 2.1 Curba "cada" a defectarii echipamentelor**

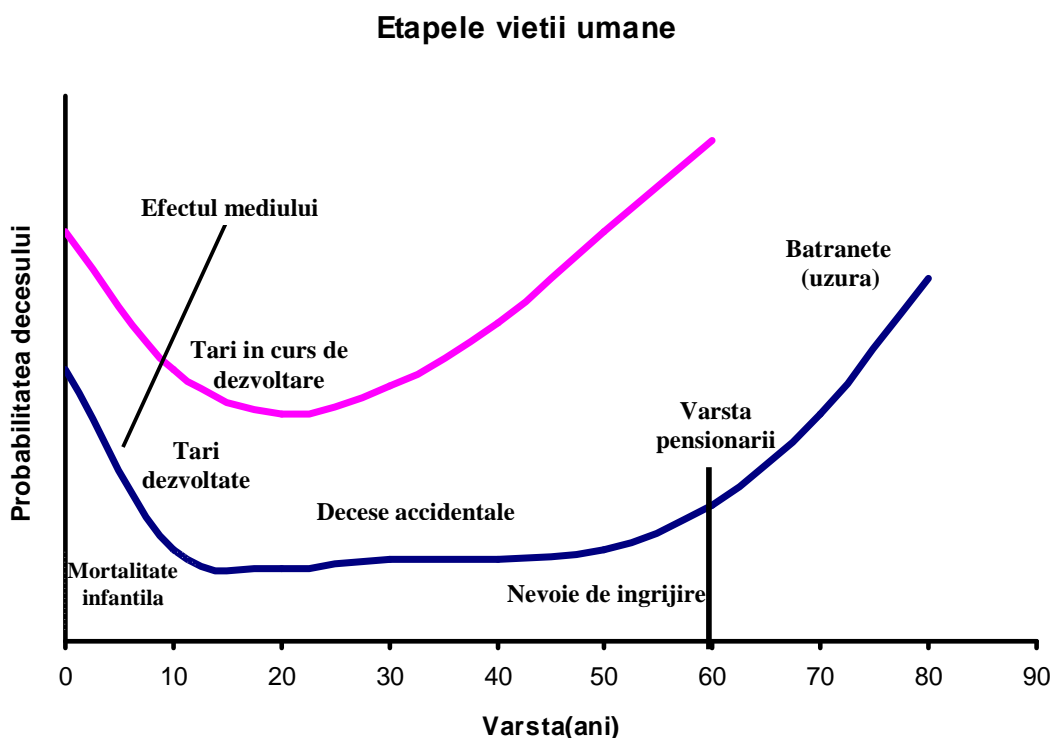
In practica exista mai mult interes in privinta fiabilitatii din perioadele "de inceput" si "de uzura", decat cea din perioada de defectare constanta. Exista cateva motive pentru aceasta:

- a. Pentru majoritatea circuitelor echipamentelor, numarul defectiunilor in timpul perioadei de defectare constanta este mic, aproape neansemnat, in comparatie cu alte probleme sau preocupari.
- b. Utilizatorii sunt preocupati ca perioada de uzura sa nu apara mai devreme decat perioada prevazuta, de invecinare a echipamentului.
- c. Defectele aparute in perioada de inceput sunt percepute mai negativ decat cele mai tarzii, iar in multe cazuri, in special pentru echipamentele electronice durata de viata este atat de scurta incat, practic, este acoperita de perioada de defecte premature.

Pentru a scadea numarul de defectari in perioada de inceput a vietii echipamentelor, in special a celor foarte complexe, care incorporeaza un numar mare de componente, producatorii folosesc o procedura de testare numita "ardere interna" a elementelor, in care acestea sunt incercate individual, anumite perioade de timp, sub solicitari mult mai severe decat in conditii de functionare normala. Scopul este de a provoca, in acest mod, aparitia defectelor premature, inainte ca elementele sa fie integrate in ansamblu. Este o procedura costisitoare dar, pe ansamblu, este compensata de reducerea interventiilor in termen de garantie si cresterea satisfactiei clientului.

In figura 2.2 este prezentata o comparatie a vietii organismelor vii cu viata echipamentelor industriale. Graficul ilustreaza, de asemenea, efectul mediului asupra fiabilitatii (sau vietii).

Echipamentele instalate in diverse zone ale lumii trebuie sa functioneze in conditii climatice diverse, care pot avea efecte considerabile asupra fiabilitatii. De exemplu, in climatul umed si cald de la tropice, umiditatea este foarte mare. In zonele desertice, temperatura este mare iar umiditatea scazuta. In zonele arctice, temperatura este foarte scazuta. S-a constatat ca temperatura si umiditatea sunt principalii factori climatici care afecteaza fiabilitatea. Umiditatea ridicata poate forma pelicule pe materialele electroizolante, producand pierderi electrice, patrunde in echipamente si schimba caracteristicile acestora si reduce proprietatile mecanice prin favorizarea coroziunii. Echipamentele utilizate la tropice sunt, de obicei, bine etansate, desi acest lucru poate produce supraincalzire sau incalzite continuu, pentru eliminarea umiditatii.



**Fig. 2.2 Etapele vietii umane**

Functionarea in climate calde produce, de asemenea, probleme. Majoritatea echipamentelor sunt disipatoare de caldura, iar daca, peste aceasta, se suprapune caldura mediului, incalzirea totala poate afecta fiabilitatea echipamentului. Unsurile se pot topi, iar anumite componente realizate din materiale plastice, ca polietilena, se pot inmuia. Dilatarea diferita a diferitelor materiale poate cauza deformarea elementelor in miscare.

Temperaturile scazute pot afecta, de asemenea, echipamentele, desi, in multe cazuri, acestea functioneaza in incinte incalzite datorita operatorului uman.

### **Intrebare de autoevaluare 2.3**

Un lot de 100 lampi de lunga durata pentru proiectoare sunt testate o perioada de 11000 ore. Rezultatele sunt cele din tabelul urmator.

Timpul(ore)	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000
Numar lampi functionale	100	85	77	71	65	60	55	51	47	43	38	32

a. Calculati rata de defectare in fiecare perioada a cate 1000 de ore(folosind relatia:

$$\text{Rata de defect} = \frac{\text{Numar de defecte in perioada de 1000 ore}}{\text{Numar de componente functionale la inceputul perioadei}} \times 100 (\%)$$

b. Trasati diagrama cada(numar de defectari, in timp)

c. Estimati durata defectelor timpurii

d. Estimati rata defectelor pe termen mediu(in timpul perioadei de defectare constanta)

e. Estimati timpul de incepere a perioadei de uzura

### **2.3 Calculul fiabilitatii**

Este important de stiut ca nimeni nu poate calcula exact perioada in care un echipament va functiona fara a se defecta. Tot ce se poate face este sa se calculeze probabilitatea ca un anumit echipament sa functioneze fara a se defecta o anumita perioada de timp.

Conceptul de probabilitate este fundamental in intelegerea fiabilitatii, deci este necesar sa se clarifice, mai intai, ce inseamna "probabilitatea".

Sa presupunem ca avem un sac continand acelasi numar de bile albe si negre, bine amestecate. Daca introduceti mana in sac, probabilitatea va fi reprezentata de aceea ca, daca extrageti un anumit numar de bile, veti extrage un numar egal de bile negre si albe. Cu cat mai multe bile extrageti, cu atat va fi mai mare probabilitatea ca numarul celor negre si albe sa fie egale. Dar aceasta este doar o probabilitate; este ceea ce ne asteptam sa se intample. Deci nu putem sa stabilim, de exemplu, ca putem extrage toate bilele negre la inceput.

Daca sacul contine de doua ori mai multe bile albe decat negre, atunci probabilitatea va fi ca, dupa un anumit numar de bile extrase, vom avea de doua ori mai multe bile albe decat negre. Din nou, cu cat extragem mai multe bile, cu atat va fi mai mare probabilitatea ca numarul bilelor albe extrase sa fie de doua ori mai mare decat cel al bilelor negre extrase dar, nu este nici o certitudine ca se va intampla astfel.

In fiabilitate, perioada medie in care un echipament va functiona fara defect este cel mai adesea reprezentata de durata medie de functionare intre defectiuni(Mean Time Between Failures) sau, intr-o exprimare a carei prescurtare coincide cu cea a originalului: Media Timpului de Buna Functionare. Dar, nu exista nici o certitudine ca nu va apare nici un defect

inainte de sfarsitul acestei perioade; echipamentul se poate defecta intr-o perioada mult mai scurta sau poate functiona mai mult timp fara defect. Totusi, ca si in cazul bilelor, cu cat vom merge mai departe, cu atat este mai mare probabilitatea de adevar de-a lungul intregii perioade; aceasta inseamna ca, daca un echipament functioneaza o perioada care este mare, in comparatie cu MTBF-ul sau, cu atat mai apropiat de realitate este ca MTBF sa reprezinte perioada medie intre defectari. Insa, trebuie retinut ca nu este acelasi lucru sa spunem ca timpul scurs intre defectiunile individuale va fi mai apropiat de MTBF, la sfarsitul unei perioade lungi de functionare, decat a fost la inceput.

**Speranta de viata** = durata medie de viata = MTTF

Este interesanta comparatia intre sperantele de viata ale catorva obiecte sau fiinte bine cunoscute si cea a unui circuit integrat modern:

Fluture	2 saptamani
Bec casnic obisnuit	1 an
Motor de autoturism	10 ani
Cablu subacvatic	40 ani
Omul	75 ani
Casa	100 ani
PC	4 ani
Circuit integrat	Sute de ani

Intr-o firma cu 500 angajati, unul va deceda, in medie, in fiecare an.

## 2.4 Redundanta

In general, redundanta inseamna o modalitate de a indeplini o functie ceruta. Poate lua diverse forme: partiala, activa, stand-by, etc.

Redundanta partiala poate fi ilustrata de spitele rotii unei biciclete; chiar daca una dintre acestea se defecteaza, roata nu este scoasa din functiune. Un lift este suspendat in mai multe cabluri, asa incat, daca unul cedeaza, liftul functioneaza. Un alt exemplu este cel al unui avion cu patru motoare, care poate zbura si cu trei dintre acestea.

In cazul echipamentelor folosite in misiunile spatiale, sateliti de comunicatii, sisteme militare complexe, cand defectiunile pot avea efecte majore, redundanta este utilizata. Aceasta inseamna ca o parte sau un intreg echipament este dublat, in scopul reducerii probabilitatii pierderii functiunilor sistemului. Un exemplu simplu de redundanta este folosirea generatoarelor electrice de rezerva(stand-by) intr-un spital, pentru a asigura continuitatea alimentarii cu energie in cazul unei avarii. Un sistem de acest tip este cunoscut ca redundanta stand-by, in care, in eventualitatea defectarii echipamentului A, atunci echipamentul de rezerva B este conectat la sistem manual sau automat(Fig.2.3)

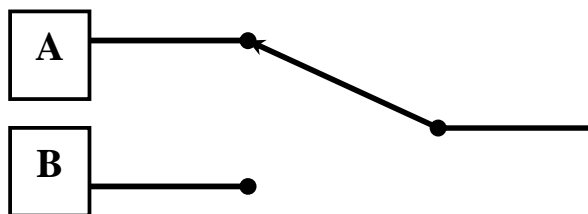


Fig. 2.3 Redundanta Stand-by

O alta forma, frecvent utilizata, este redundanta paralela. In fig. 2.4, A si B sunt echipamente identice, ambele capabile sa functioneze independent. In eventualitatea defectarii oricareia dintre cele doua, functiunea sistemului nu este pierduta.

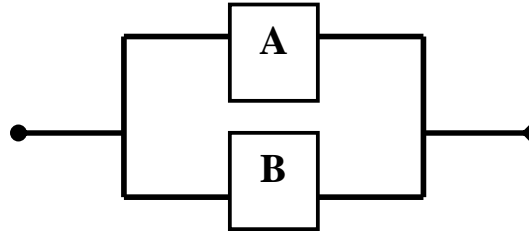


Fig. 2.4 Redundanta paralela

## 2.5 Fiabilitatea in fabricatia echipamentelor

Odata ce un echipament a trecut din faza de dezvoltare in cea de productie, cele mai multe, daca nu toate deficientele de proiectare ar trebui sa fi fost eliminate. In conditii ideale, defectele pot apare numai intamplator, iar MTBF-ul ar trebui sa fie cel determinat prin calcule de predictie; acesta reprezinta fiabilitatea globala, potentiala a echipamentului. Orice eroare de fabricatie, cum ar fi lipituri proaste, blocaje, suruburi lipsa, etc., vor reduce MTBF-ul de la valoarea previzionata. “Arderea interna” poate elimina multe din aceste probleme dar, in practica, s-a constatat ca acesasta procedura nu este intotdeauna economica. Din aceasta cauza, numai controlul strict al calitatii, incluzand inspectii riguroase, este esential in atingerea MTBF-ului potential al echipamentului.

### Controlul calitatii

Calitatea oricarui produs fabricat este determinata de concepie(proiectare), materialele din care este facut si procesele folosite pentru realizarea sa. Definitia formala a calitatii este **”Totalitatea paricularitatilor si caracteristicilor unui produs sau serviciu care determina capacitatea acestuia de a satisface o nevoie data”**. Aceasta inseamna ca produsul trebuie sa satisfaca specificatiile. Cat de bine satisface aceste specificatii se traduce prin **“conformitate”**, definita ca **“capacitatea unui element de a-si atinge performantele prevazute si/sau cerintele caracteristice, a caror existenta nu depinde esential de trecerea timpului”** Acesta este elementul “zero” al calitatii, pe cand elementul “viitor” este fiabilitatea.

Asadar, calitatea unui produs este determinata de conformitate si fiabilitate.

## 2.6 Fiabilitatea mecanica

Accidente binecunoscute, ca cel al navetei spatiale Challenger sau Centrala Nucleareoelectrica Cernobyl, pun in evidenta necesitatea fiabilitatii mecanice.

Cladiri, poduri, cai ferate, roboti, structuri marine, conducte sau rezervoare de titei, turbine cu abur, lagare, etc., toate au moduri specifice de defectare, care

le afectează fiabilitatea. Există însă și moduri comune de defectare mecanică, cum sunt:

1. Defectare prin coroziune
2. Defectare prin oboseală
3. Defectare prin uzură
4. Defectare prin gripare
5. Defectare prin deformare
6. Defectare prin lovire

Acestea pot fi considerate modurile principale de defectare, dar există, desigur multe altele, cum sunt ruperea prin alungire, soc termic, frecare, fisurare, exfoliere, radiații, etc.

### **Defecte mecanice generale**

Există multe cauze ale defectelor. Unele dintre acestea au fost considerate ca și cauze principale:

1. Proiectare defectuoasă
2. Aplicație greșită
3. Defect de fabricație
4. Uzură
5. Instalare incorectă
6. Defectarea altor elemente din sistem
7. Deteriorare progresivă

### ***Intrebare de autoevaluare 2.4***

*In fiecare din scenariile urmatoare, incadrati cauzele in cele sapte tipuri prezentate.*

- a. Bratul unei macarale turn se rupe brusc, atunci cand este ridicata o greutate de doua ori mai mare decat cea maxima admisa.*
- b. Franele unui autoturism devin mai putin eficiente, cu cat se apropie de sfarsitul duratei de viata.*
- c. Imbinarile conductelor dintr-un sistem de incalzire casnic incep sa curga, daca asamblarile sunt realizate de o persoana necalificata.*
- d. Lagarul unui motor incalzeste si se gripeaza datorita folosirii unui lubrifiant necorespunzator.*
- e. O cladire se prabuseste cand un element de structura, incorect amplasat, se rupe.*
- f. Suspensia fata a unei motociclete este distrusa, atunci cand motocicleta loveste o bordura, cu viteza.*

Sursele producerii defectiunilor, ca și ponderile acestora pot fi diferite:

1. Industria oțelului. Fabricație(34%), proiectare(58%) și servicii(8%)

2. Motoare. Fabricatie(20%), proiectare(40%), utilizare(30%) si alte cauze(10%)
3. Industria camioanelor. Fabricatie(12%), proiectare(55%) si materiale(33%)
4. Industria electrotehnica. Fabricatie(37%), proiectare(37%) si service(26%)

Pentru realizarea unei fiabilitati crescute a echipamentelor, inca din faza de proiectare, trebuie respectate cateva principii de baza:

1. Proiectul trebuie sa fie cat se poate de simplu.
2. Sa fie evitate economiile in detrimentul fiabilitatii.
3. Sa existe toleranta pentru greselile umane.
4. Sa fie folosite piese si materiale a caror calitate a fost probata.
5. Noile proiecte sa fie testate.
6. Atentie la datele primite din teren pentru modificari sau imbunatatiri.
7. In cazul parametrilor critici, sa se considere limitele de siguranta de trei, pana la sase ori abaterile standard.
8. Se va lua in considerare diagnoza componentelor critice.
9. Se vor include facilitati pentru inspectii, in proiect.
10. Se vor introduce redundante, atunci cand este necesar.
11. Se va acorda atentie mentenantei pentru pastrarea fiabilitatii(Mentenanta activa).
12. Se va tine seama de efectele transportului, manipularii si depozitarii.
13. Se vor folosi cat mai multe elemente standardizate.
14. Se vor avea in vedere aspectele de fabricatie care afeteaza fiabilitatea.

Fiabilitatea umana este deseori luata in calcul si este o realitate ca, in afara razboaielor, cele mai multe pierderi de vietii omenesti sunt cauzate de accidente de masina. Acestea, la randul lor, sunt produse datorita erorilor de judecata, facand astfel ca principala cauza a defectiunilor sa fie lipsa fiabilitatii umane.

### ***Intrebare de autoevaluare 2.5***

*O mica firma de proiectare este solicitata sa realizeze proiectul pentru un cric de masina. Cricul trebuie sa fie fiabil, usor de manevrat si ieftin. Alegeti sase principii, din lista de mai sus, pe care le considerati cele mai importante in proiectarea cricului pentru masina.*

## **2.7 Instalarea si operabilitatea.**

### **Instalarea**

Felul in care instalarea unui echipament sau masini poate afecta fiabilitatea acesteia, poate sa nu fie evident, in special atunci cand metodele si mijloacele de fixare si punere in functiune au fost des utilizate inainte. Exista anumite zone in



functionare, legarea si interconectarea utilitatilor necesare cum sunt electricitatea, aerul, apa, etc., in care urmatoarele aspecte, de exemplu, trebuiesc urmarite:

1. Trebuie avut in vedere ca, conductele, cablurile si conexiunile sa nu fie afectate de vibratiile care ar putea sa apara. Acestea pot fi deteriorate prin frecare de suportii, de echipament sau unul fata de altul. De exemplu, cablurile electrice care trec prin gauri de acces sau suportii, trebuie protejate prin mansoane sau alte mijloace.
2. Cablurile amplasate pe podea trebuie positionate astfel sa nu se circule pe ele, atat in timpul instalarii, cat si ulterior, lucru valabil in special in cazul montarii utilajelor in spatii limitate.

Daca instalarea trebuie realizata in conditii dificile, posibilitatea erorilor creste. In stabilirea modului in care un echipament va fi instalat, este necesar, deci, sa se acorde o atentie deosebita spatiului in care se efectueaza lucrarile. Deoarece instalarea implica acelasi tip de operatii efectuate in mentenanta si reparare, sunt valabile aceleasi consideratii privind factorul uman si conditiile de lucru.

### **Operabilitatea**

Nici operabilitatea si nici mentenabilitatea nu sunt caracteristici ale fiabilitatii. Cu toate acestea, slaba operabilitate poate conduce la defectarea echipamentelor, iar mentenabilitatea proasta poate reduce timpul de functionare normala a acestora. Pentru aceste motive, ambele sunt prezentate in acest material.

Orice echipament trebuie sa fie controlat de un operator uman. Daca echipamentul nu isi indeplineste functiunile specifice, rezultatul este o defectare sau o lipsa a fiabilitatii. Pentru a fi fiabile, echipamentele trebuie deci, sa fie astfel proiectate incat probabilitatea ca operatorul sa greseasca sa fie cat mai mica posibil; aceasta caracteristica se numeste operabilitate.

Pentru a realiza un proiect bine adaptat operatorului uman trebuie sa fie cunoscute datele relevante asupra capacitatilor si limitelor omului. Aceste date provin din investigari in zona "ergonomiei", respectiv studiului omului in relatie cu munca. Proiectul si specificatiile fiintei umane, adica modul in care isi controleaza si misca membrele, reactioneaza la diferiti stimuli, sunt aceleasi, desi oamenii sunt foarte diferiti intre ei dar si foarte adaptabili. Aceasta caracteristica trebuie avuta in vedere in proiectarea echipamentelor cu control uman iar ergonomia sau "ingineria omului", asa cum mai este numita, a stabilit reguli care impun ca acestea sa fie realizate in modul cel mai usor de operat posibil, dar si pentru un mediu de lucru cat mai confortabil, sub aspectul iluminarii, zgomotului, vibratiilor, pozitiei corpului, etc.

### **2.8 Costul fiabilitatii**

Un aspect important al oricarui echipament este, normal, costul acestuia. Comenzile sunt transmise furnizorului, care poate aduce echipamentul sau

utilajul cu specificatiile cerute, la un cost initial minim si nu exista nici o indoiala in mintile celor care indeplinesc responsabilitati financiare, ca este modul cel mai economic de a face afaceri.

Cu toate acestea, aceasta este, de cele mai multe ori, o abordare gresita, deoarece ia in considerare numai costurile initiale, neglijand cheltuielile cu pastrarea in stare de functionare a echipamentului, odata ce acesta a fost achizitionat. Cat de mult vor costa mentenanta si reparatiile depinde de fiabilitatea echipamentului; cu cat un echipament este mai fiabil, cu atat va fi mai ieftina factura de mentenanta si reparare, desi costul initial poate fi mai mare.

In costul unui echipament sunt incluse trei tipuri de factori - costul proiectarii(inclusiv dezvoltarea), costul productiei si costul reparatiilor si mentenantei. Cu cat fiabilitatea unui echipament creste, costul proiectarii si productiei creste, in timp ce costul reparatiilor si mentenantei scade.

Pentru a produce un echipament mai fiabil, costul initial poate creste. Aceasta crestere poate fi uneori cu mult mai mare decat poate fi compensat prin economiile realizate in reparatii si mentenanta.

Atunci cand un echipament se defecteaza, exista o pierdere de productie si, deseori, de goodwill, fiecare implicand o forma de pierderi financiare directe sau indirecte. Daca efectele unei defectiuni sunt majore, poate apare necesitatea inlocuirii unor componente. Cu cat fiabilitatea este mai scazuta, cu atat este necesara mai multa manopera, piese, scule si dispozitive pentru reparare.

Costul mentenantei poate sa nu insemne numai costurile mentinerii unui echipament in stare de functionare. Pot fi costuri adaugate costului initial, in pretul de vanzare, pentru acoperirea cheltuielilor cu reparatiile in termen de garantie. Cu cat echipamentul este mai putin fiabil, cu atat aceasta suma va fi mai mare.

Deseori, cumparatorii sunt interesati numai de costul initial al echipamentului, in locul costului in ciclul sau de viata, sau costul total, adica costul cumpararii echipamentului si mentinerii acestuia in functiune pe intreaga durata a vietii utile. Platind mai mult initial, pentru a obtine un echipament mai fiabil, costurile mentenantei pot fi scazute si costul total redus. Acest lucru este ilustrat in fig. 2.5, care arata cum cresc costurile de proiectare si productie cu cresterea fiabilitatii, dar, in acelasi timp costul mentenantei si reparatiilor scade. Suma acestor trei componente reprezinta costul total al echipamentului. Daca costul total este reprezentat, acesta scade initial cu cresterea fiabilitatii, apoi creste din nou; atinge un cost minim la o anumita valoare a fiabilitatii.

Fiabilitatea optima economic, respectiv nivelul de fiabilitate pentru care costul total este minim, este dificil de obtinut in practica, pentru ca implica estimarea modului de variatie a costurilor de proiectare, productie si mentenanta in functie de fiabilitate.

Relatia intre fiabilitate si cost ilustreaza bine cunoscuta regula ca "ai ceea ce platesti". Prin neplata fiabilitatii incluse in produs cresc costurile necesare pentru mentenanta acestuia.

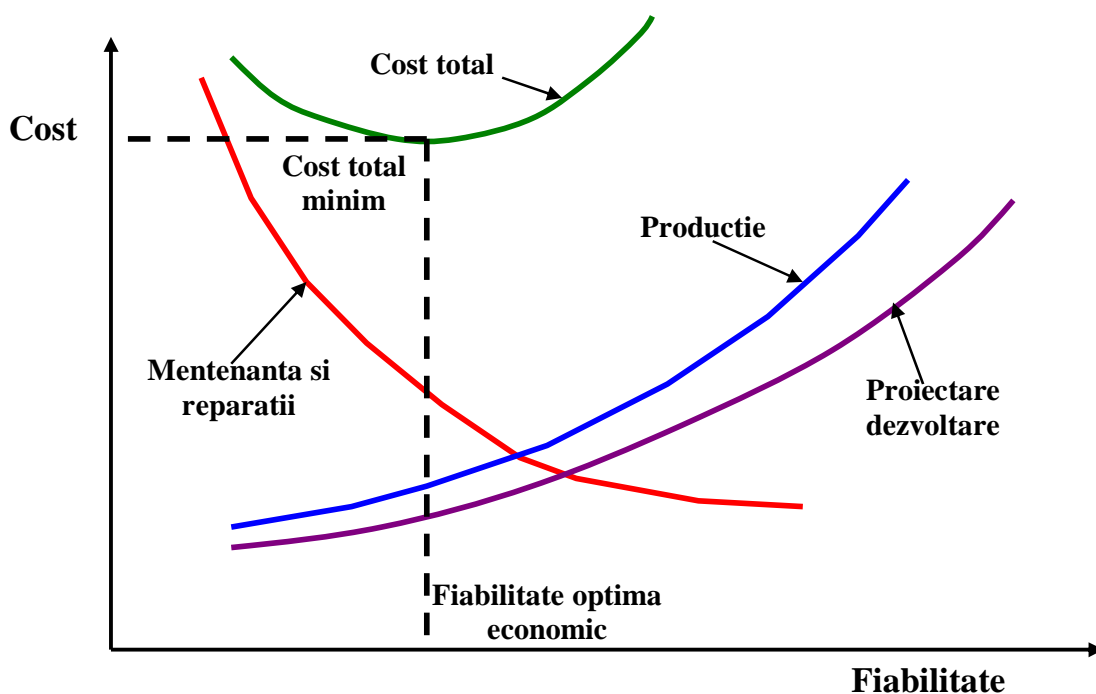


Fig. 2.5 Variatia costului total cu fiabilitatea

## 2.9 Fiabilitatea echipamentelor in Petrom

Fiabilitatea echipamentelor in Petrom este, in medie, de cca 5 ori mai scazuta decat fiabilitatea aceluasi tip de echipamente din industria petroliera, la nivel international. In prezent, exista o preocupare pentru ridicarea nivelului de fiabilitate a acestor echipamente, prin mijloace cum sunt: cresterea calitatii lucrarilor de instalare, exploatare si intretinere a utilajelor, prin implementarea celor mai bune practici de mentenanta, si introducerea de sisteme performante de management al mentenantei utilajelor cum sunt Mentenanta Predictiva(PM) si Mentenanta orientata spre Fiabilitate(RCM).

## 3. Mentenabilitatea

### 3.1 Nevoia de mentenabilitate

Nevoia de mentenabilitate a devenit mai importanta ca niciodata datorita cresterii alarmante a costurilor pentru mentinerea in functiune a echipamentelor si sistemelor. Unele din obiectivele aplicarii principiilor mentenabilitatii sunt de a reduce durata si costurile mentenantei, de a determina costurile manoperei si altor resurse necesare pentru realizarea mentenantei si de a utiliza datele pentru estimarea disponibilitatii sau indisponibilitatii echipamentului.

Atunci cand principiile mentenabilitatii sunt aplicate, pentru orice produs, rezultatele pot fi reducerea timpilor de stationare, readucerea rapida a produsului la starea normala dupa fiecare interventie, si disponibilitatea maxima a acestuia.

Atunci cand un echipament sau o componenta se defecteaza, ceea ce va avea, probabil, loc, mai devreme sau mai tarziu, din moment ce nimic nu poate fi facut sa nu se strice, este important ca acesta sa fie reparat repede astfel incat sa fie disponibil, din nou, in cel mai scurt timp posibil.

Ca exemplu, principala sursa de venituri a unei companii aeriene provine din biletele de calatorie vandute pasagerilor. Majoritatea avioanelor civile trebuie, deci, sa zboare multe ore in fiecare zi, pentru a-si mentine rentabilitatea. Pentru avioanele mici, pe rute scurte, timpul de zbor trebuie sa fie pana la 10 ore pe zi, dar pentru avioane mari, ca Boeing 747, acesta se ridica la mai mult de 14 ore. In plus, atunci cand avionul sta la sol pentru service, acesta nu aduce venituri deci, daca costul unui Boeing 747 scos din functiune este de cca 200000\$ pentru o zi, mentenanta trebuie foarte bine planificata.

Indiferent de complexitate, toate echipamentele trebuie sa aiba o buna mentenabilitate - aceasta fiind masura rapiditatii cu care pierderea performantei este detectata, defectul localizat, reparatia finalizata si functionarea echipamentului verificata. Mentenabilitatea trebuie prevazuta in proiectul original, la fel ca ceilalti factori ai fiabilitatii, dar nu in detrimentul acesteia.

Buna mentenabilitate este la fel de importanta pentru mentenanta de rutina, ca si pentru reparatii, din moment ce mentenanta este, de asemenea, o perioada de indisponibilitate care trebuie scurtata cat mai mult posibil.

Mentenanta implica realizarea unei serii de masuratori si verificari sau efectuarea unor operatii cum este lubrifierea anumitor puncte ale echipamentului. Este esential ca aceste puncte sa fie usor accesibile si astfel asezate incat operatiile se se desfasoare cu usurinta. Punctele de verificare, masurare sau ungere nu trebuie asezate in pozitii dictate de forma echipamentului ci, mai curand, in pozitiiile cele mai accesibile pentru mentenanta. De asemenea, trebuie avut in vedere ca elementele cu o rata mare de defectare sau consumabilele sa fie usor accesibile pentru inlocuire.

Mentenanta nu poate fi realizata corespunzator sau nu poate fi realizata efectiv, daca exista pericole reale sau potentiale cum sunt tensiunea electrica sau parti in miscare. Daca interblocarile sunt inoperante in timpul mentenantei, o lampa de avertizare trebuie sa indice ca instalatia este alimentata. In cazul utilajelor, trebuie utilizate mijloace de avertizare pentru a preveni pornirile accidentale.

Buna mentenabilitate implica, de asemenea, consideratii asupra conditiilor in care omul lucreaza cel mai bine, cum sunt relatiile intre indemanare si simturi, capacitatea de ridicare a sarcinilor, si mediul in care se realizeaza mentenanta(lumina, temperatura, umiditate, vant, etc.)

Una din cele mai importante contributii la buna mentenabilitate o poate avea un manual de intretinere si reparare bine intocmit, care, de cele mai multe ori, este singurul ghid despre modul de functionare al echipamentului. Acesta

trebuie sa includa modul de functionare al echipamentului, modurile frecvente de defectare, simptomele si metodele de reparare a acestuia si sa stabileasca activitatile de rutina care trebuie efectuate asupra echipamentului(gresare, strangere suruburi, etc).

Mentenata planificata implica, in mod normal, o serie de verificari periodice, inclusiv inlocuirea unor componente care si-au epuizat durata de serviciu. Un bun exemplu al acestui procedeu este cel legat de service-ul periodic(reviziile) unui autoturism. Anvelopele, franele, directia, luminile si lichidele de ungere(racire) sunt verificate la intervale stabilite(cicluri de verificare), de 5000, 10000 sau 15000 km. Ambreiajul, cutia de viteze, transmisia pot fi verificate la intervale mai lungi, intre 20000 si 30000 km.

MTBF este o masura a probabilitatii ca un echipament sa se defecteze intr-o perioada data, dar este, de asemenea, necesar sa se stie cat timp echipamentul este scos din serviciu pentru mentenanta sau reparatie. Acest timp se numeste **Timp Mediu Pana la Reparare(MTTR)**. Tinand cont de ambele durate, se poate estima pentru cat timp, intr-o perioada data, echipamentul este disponibil si care pot fi efectele indisponibilitatii datorate defectarii si reparatiei.

### 3.2Mentenabilitate si fiabilitate

Mentenabilitatea este o caracteristica a proiectarii si instalarii, care confera echipamentului capacitatea de a putea fi usor intretinut si reparat, ceea ce conduce la o mai buna disponibilitate a acestuia si costuri scazute cu mentenanta, respectiv cu manopera, piese de schimb, scule si dispozitive si instruirea personalului.

Prin contrast, fiabilitatea este o caracteristica de proiectare, care conduce la durabilitatea echipamentului in indeplinirea functiunilor, in conditii specifice, pentru o anumita durata de timp. Este realizata prin actiuni cum sunt alegerea principiilor optime de proiectare, testare, verificare si dimensionare corecta a componentelor.

Unele dintre principiile generale, specifice mentenabilitatii si fiabilitatii sunt prezentate in tabelul 3.1.

**Tabelul 3.1 Principiile Generale Specifice Mentenabilitatii si Fiabilitatii**

<b>Nr. Crt.</b>	<b>Principii Generale Specifice Mentenabilitatii</b>	<b>Principii Generale Specifice Fiabilitatii</b>
1	Reducerea costului mentenantei in ciclul de viata	Maximizeaza folosirea componentelor standardizate
2	Reducerea numarului, frecventei si complexitatii lucrarilor de mentenanta	Utilizarea unui numar redus de componente pentru indeplinirea mai multor functii
3	Reducerea Timpului Mediu de Reparare(MTTR)	Proiectare simpla
4	Determinarea volumului de	Stabilirea coeficientilor de

	mentenanta care trebuie realizat	siguranta adecvati intre valorile normale si maxime ale solicitarilor
5	Asigura interschimbabilitatea	Eliminarea defectiunilor prin proiectare
6	Reducerea nevoilor de aprovizionare	Stabilirea redundanțelor, atunci cand este necesar
7	Reducerea sau eliminarea necesitatii mentenantei	Minimizarea solicitarilor pe componente sau piese
8	Tine seama de avantajele inlocuirii modulare fata de repararea componentelor	Folosirea pieselor si componentelor cu fiabilitate certificata

#### 4. Raportarea defectelor

Accidentele grave produse in aer, pe mare sau pe caile ferate sunt subiectul unor examinari detaliate pentru stabilirea cauzelor acestora. Daca un element de nefiabilitate este implicat, investigatia il va scoate la iveala, astfel incat reproiectarea poate preveni o avarie similara in viitor. Acest proces inchide ceea ce este, uzual, o bucla deschisa intre proiectant si utilizator. In mod normal, proiectantul, dezvoltand un echipament sau un utilaj pentru a indeplini necesitatile utilizatorului, in conditii date de lucru, primeste informatii despre comportarea proiectului in functionare. Aceste rapoarte ar trebui sa ofere proiectantului datele necesare imbunataririi proiectelor urmatoare, rezultand cresterea fiabilitatii.

Raportarea defectelor poate stabili deficientele unor componente si arata cum o modificare minora si ieftina poate produce o imbunatatire semnificativa a fiabilitatii. Desi, de obicei, informatia despre un anumit defect ajunge la producator, acestea putea produce si vinde, in acest interval, un numar substantial de echipamente cu aceeasi defectiune. Mai mult, este posibil ca producatorul sa nu fi auzit despre defecte care puteau fi eliminate in modelele ulterioare.

Pentru a imbunatati fiabilitatea este asadar nevoie ca defectele sa fie raportate. Raportarea defectelor nu trebuie sa se limiteze la acele defecte care duc la accidente. Deteriorarea rapida a unui element, care poate fi descoperita intr-o procedura normala de mentenanta este, in mod clar, o defectiune, chiar daca acesta poate fi inlocuit in timp ce echipamentul functioneaza normal, deci fara a cauza o avarie. Prezenta acestor elemente este, evident, o cauza potentiala de nefiabilitate si, in plus, nevoia inlocuirii lor la intervale scurte de timp, creste durata si costul mentenantei si scade disponibilitatea echipamentului.

Cele mai importante aspecte ale raportarii defectelor sunt rapiditatea si exactitatea. Daca proiectantul primeste informatii gresite despre natura defectului, raportarea poate sa faca mai mult rau decat bine. Aceasta inseamna ca natura defectului trebuie diagnosticata corect, elementul defect trebuie identificat si informatia inclusa intr-un raport care va transmite informatia cu

claritate. Raportul trebuie sa faca distinctie intre fapte si opiniile despre cauza defectului. Daca trebuie completat un formular special atunci cand se raporteaza defectele, nu se vor cere prea multe informatii, altfel exactitatea detaliilor furnizate va depinde excesiv de abilitatile tehnice si descriptive ale celui care il intocmeste si de timpul de care acesta dispune.

In concluzie, oricat de bine proiectat si realizat ar fi un echipament, defectiunile care reduc fiabilitatea pot avea loc in locuri diferite, in timpul functionarii acestuia. Daca natura acestor defectiuni este raportata cu exactitate proiectantilor, ei pot realiza imbunatatiri care pot creste fiabilitatea echipamentului.

Toate activitatile stabilite privind raportarea defectiunilor ar trebui sa conduca la concluzia ca aceasta nu este o formalitate ci o procedura vitala pentru cresterea fiabilitatii. Daca acest lucru este inteles, rapoartele vor fi probabil intocmite mai repede si mai exact.

## **5. Ingineria Mentenantei**

### **5.1 Nevoia de mentenanta**

Costurile cu mentenanta reprezinta o mare parte din costurile totale de operare a tuturor activitatilor industriale. In functie de specificul industriei, costurile mentenantei pot reprezenta intre 15 si 60% din costul produselor realizate. De exemplu, in industria alimentara, costurile de mentenanta reprezinta, in medie, 15% din costul bunurilor produse, in timp ce, in industria grea, acestea se ridica la 60% din totalul costurilor de productie.

In fiecare an, miliarde de dolari sunt cheltuiti in lume, pentru mentenanta echipamentelor, iar practicile actuale de mentenanta sunt orientate de piata, in special pentru industria producatoare si de proces, furnizori de servicii si asa mai departe. Datorita acestui lucru a aparut necesitatea unor practici de mentenanta eficiente, care pot influenta pozitiv factori ca preturile, profitabilitatea, calitatea si siguranta.

In viitor, echipamentele vor fi chiar mult mai computerizate si complexe, factori care vor sublinia importanta activitatilor de mentenanta, in privinta eficacitatii costurilor, calitatii, sigurantei si factorilor umani.

In viitor, gandirea creativa si noile strategii vor fi, cu certitudine, necesare, pentru descoperirea beneficiilor potentiale si transformarea lor in profit.

Cateva fapte si cifre, pot demonstra clar importanta ingineriei mentenantei:

- Industria din SUA cheltuie anual peste 300 miliarde \$ pentru mentenanta
- S-a estimat ca mentenanta unui avion militar costa aproximativ 1.6 milioane \$ pe an
- In Marea Britanie, costul anual al mentenantei se ridica la 3000 milioane lire sterline

### **5.2 Mentenabilitate si mentenanta**

Deoarece mentenabilitatea si mentenanta sunt strans legate, pentru multa lume este greu de facut o distinctie clara intre cele doua notiuni. Mentenabilitatea se refera la masurile luate in timpul fazei de proiectare a produsului, pentru a-i conferi caracteristici care vor usura mentenanta si reduce timpul de stationare si costurile de-a lungul vietii utile a acestuia. Prin contrast, mentenanta se refera la masurile luate de catre utilizatorul produsului, pentru a-l mentine sau readuce in stare de functionare.

Mai simplu, mentenabilitatea este un parametru de proiectare, orientat spre minimizarea timpului de reparare al echipamentului, in timp ce mentenanta este activitatea de intretinere sau reparare a echipamentului.

### 5.3 Obiectivele ingineriei mentenantei sunt prezentate in Fig. 5.1

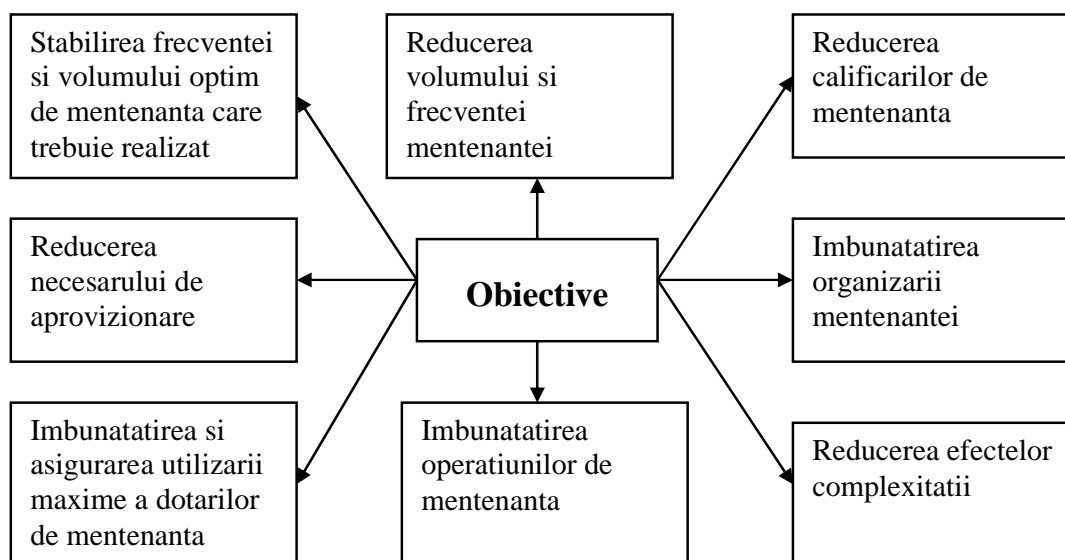


Fig. 5.1 Obiectivele ingineriei mentenantei

### 5.4 Siguranta in mentenanta

Securitatea in activitatea de mentenanta a devenit o problema importanta, avand in vedere ca numarul accidentelor produse in timpul lucrarilor de mentenanta sau care privesc mentenanta a crescut semnificativ.

Unele din principalele cauze ale problemelor de siguranta in mentenanta sunt sculele necorespunzatoare, slaba instruire a personalului de mentenanta, timpul insuficient pentru indeplinirea sarcinilor de mentenanta, instructiuni si proceduri de lucru inexistente sau neutilizate, management defectuos.

Una din caile importante de imbunatatire a sigurantei in mentenanta este reducerea pe cat posibil a cerintelor de mentenanta a produselor si sistemelor, in timpul proiectarii acestora. Atunci cand nevoia de mentenanta nu poate fi eliminata, proiectantii trebuie sa urmareasca anumite principii pentru cresterea sigurantei in mentenanta:

- Eliminarea necesitatii mentenantei si reglajelor in apropierea componentelor sau echipamentelor periculoase.



- Realizarea de proiecte cat mai simple, deoarece complexitatea, de obicei, aduce probleme de mentenanta.
- Se va viza eliminarea cerintei pentru scule sau echipamente speciale.
- Prevederea de aparatori pentru elementele in miscare si blocarea accesului in zonele periculoase.
- Proiectarea defectarii sigure, pentru a preveni ranirea sau deteriorarea in cazul avariilor
- Proiectarea accesului usor la elementele care necesita mentenanta, pentru a fi usor verificate, demontate, inlocuite sau reparate.
- Realizarea de proiecte sau proceduri care sa reduca posibilitatea aparitiei erorilor de mentenanta.
- Realizarea proiectului astfel incat sa reduca probabilitatea ca personalul de mentenanta sa fie accidentat de fluide sub presiune, soc electric, contact cu suprafete fierbinti, etc.
- Introducerea dispozitivelor si aparatelor de masura pentru detectarea si prevenirea defectelor potentiale, astfel incat mentenanta sa poate fi realizata inaintea defectarii, pentru reducerea riscurilor si pericolelor.

### **5.5 Calitatea in mentenanta**

Calitatea in mentenanta confera un anumit grad de incredere ca echipamentul intretinut sau reparat va functiona sigur si fiabil. Calitatea in mentenanta este foarte importanta deoarece calitatea slaba poate conduce la consecinte grave. De exemplu, urmatoarele trei tragedii, se considera a fi, direct sau indirect, rezultatul unei mentenanta de proasta calitate:

- In 1986, naveta spatiala Challenger a explodat si toti cei sapte membri ai echipajului si-au pierdut vietile. Investigatia ulterioara a identificat cauza dezastrului ca defectarea unei garnituri la o imbinare a rezervorului de combustibil a unuia dintre motoare. Mai mult, investigatia a concluzionat ca daca un program de mentenanta de calitate ar fi fost urmarit, cauza dezastrului putea fi descoperita.
- In 1990, 10 oameni au murit ca rezultat al unei scurgeri de abur in camera de ardere a navei militare americane USS Iwo Jima. Investigatiile au aratat ca personalul navei a aprovizionat si inlocuit componente ale unor valve, fara ca acestea sa corespunda specificatiilor de proiectare.
- In 1963, submarinul nuclear american USS Thresher, a fost pierdut pe mare datorita inundarii camerei motoarelor. Investigatiile au identificat ca si cauza a dezastrului, spargerea unei conducte de apa sarata. Ca o consecinta, au fost recomandate schimbari majore in proiectarea si mentenanta submarinelor.

Experienta trecuta arata ca **verificarea dupa mentenanta**(PMT=postmaintenance testing) este foarte utila in cresterea

calitatii mentenantei. Cele trei obiective majore ale verificarii postmentenanta sunt:

- a. Asigurarea ca, prin mentenanta, nu au fost introduse noi deficiente
- b. Asigurarea ca defectul original a fost eliminat
- c. Asigurarea ca echipamentul este gata sa-si continue functionarea

In vederea cresterii calitatii mentenantei, verificarea postmentenanta nu trebuie facuta doar dupa toate activitatile de mentenanta corectiva ci si in urma unor activitati de mentenanta preventiva, dupa cum se considera necesar.

O mare importanta in calitatea mentenantei o are utilizarea **celor mai bune practici de mentenanta**, asa cum sunt definite acestea la nivel international: *“Cele mai bune practici sunt acele tehnici dobandite prin experienta pe care organizatiile le pot folosi cu scopul de a-si imbunatati procesele interne”*

Prin particularizare la industria petroliera, buna practica reprezinta: *“O activitate sau operatie care e sigura, fiabila, practica si care aduce valoare pe termen lung atat asupra integritatii instalatiilor cat asupra sigurantei personalului. Aceste activitati sunt acceptate in industria petroliera indiferent de companie, locatie sau vechimea instalatiilor.”*

*“Cea mai buna practica tinde sa se generalizeze intr-o ramura sau industrie numai dupa ce si-a demonstrat viabilitatea. Altfel, se inregistreaza des faptul ca unele cele mai bune practici demonstrate pot fi greu generalizate, chiar in interiorul unor organizatii. Primele trei piedici importante in adoptarea celei mai bune practici sunt lipsa cunostiintelor despre cele mai bune practici curente, lipsa motivatiei de-a face schimbarile necesare adoptiei si lipsa cunostiintelor si a aptitudinilor cerute de ea”.*

Cateva exemple de bune practici in activitatea de mentenanta a echipamentelor sunt urmatoarele:

1. Folosiți întotdeauna Echipamentul de protecție complet ( inclusiv ochelari).
2. Suruburile trebuie să fie unse înainte de montare pentru a preveni ruginirea.
3. La echipamentele reparate, suruburile nu trebuie lăsate nestrânse. Trebuie să se asigure o strângere corectă.
4. Nu trebuie să existe piese din echipamentele reparate lăsate nestârnsse, atârând sau fără suporturi.
5. Strângerea adecvată a flanșelor conductelor pentru a le menține paralele fara a folosi forța excesivă.
6. Suprafețelor echipamentelor nu trebuie să li se producă pagube în urma loviturilor cu ciocanul.
7. Nu trebuie să existe scurgeri de gaz sau țigeti după reparație.
8. Fără suprafețe uleioase. Curățați uleiul de pe suprafețe înainte de a pleca de pe șantier.
9. În timpul reparațiilor, curățați suprafețele pieselor pentru a îndepărta petele vechi de ulei.

10. *Curățați podelele murdărite în timpul executării lucrărilor de mentenanță.*
11. *Asigurați suport corespunzător cablurilor electrice.*
12. *Nu utilizați fire sau cabluri neizolate prin care încă mai circulă curent.*
13. *Dulapurile pentru instrumente și panourile electrice trebuie închise și încuiate.*
14. *Trebuie să se mențină integritatea Echipamentului împotriva Explosiilor. Echipamentul non-exploziv nu se va folosi în zona cu pericol de explozie.*
15. *Nu trebuie să existe scurgeri la garniturile de etanșare ale presetupelor.*
16. *Folosiți uneltele potrivite, în special cheile tubulare. Nu folosiți cheia franceză și cea pentru țevi la strângerea șuruburilor.*
17. *Asigurați-vă că izolația s-a efectuat în mod corespunzător la conducte și vase.*
18. *Executați lucrările conform datelor din Comenzile de lucru SAP. Nu introduceți niciodată în SAP o lucrare ca fiind închisă când pe teren aceasta nu este finalizată.*
19. *Dispozitivele de ridicare ( cabluri, bride (cheile de tachelaj)) sunt uneori răsucite și în stare proastă. De cele mai multe ori, aceste sunt lăsate pe jos. Acest lucru trebuie schimbat.*
20. *Șasiurile echipamentelor nu sunt bine fixate pe fundații și de aceea vibrează.*
21. *Sticla de nivel în baia de ulei este fie foarte murdară, vopsită sau înlocuită cu o blindă/dop astfel încât operatorul nu poate vedea nivelul uleiului. Aceasta este una dintre practicile improprii care trebuie evitate. Operatorul trebuie să poată vedea uleiul din...*
22. *Aparatele nu sunt acoperite la loc iar firele/conexiunile sunt expuse la intemperii. Acest lucru este un element care ține de HSE.*
23. *Încercați să instalați prezoane de aceeași lungime pe flanșele conductelor. În plus, numărul fileturilor din exteriorul șurubului pe fiecare parte a prezonului după strângere trebuie să fie același. Acest lucru înseamnă calitate profesională.*
24. *La instalarea cadrelor pentru motoarele noi de pompe pe fundație, mai întâi este necesară nivelarea și fixarea cadrului pe fundație și apoi instalarea conductelor. Nu efectuați această activitate în ordinea inversă. Instalați întotdeauna bailagăre sub cadru și fixați-l cu șuruburi de ancorare. Grosimea mortarului trebuie să fie de 25-35 mm. După finalizarea lucrării, vopsiți fundația cu ulei – vopsea rezistentă la ulei.*
25. *În unele ateliere din clustere există echipamente care au fost scoase din funcțiune de câțiva ani și care nu se mai pot repara. Astfel de echipamente ar trebui scoase din ateliere pentru a elibera zona care creează o imagine neplăcută pentru vizitatori.*
26. *Îndepărtați toate cablurile electrice vizibile din atelier care nu sunt folosite deoarece și acestea creează o imagine neplăcută.*

27. Unghiurile de înclinare ale tuturor cablurilor și conductelor din ateliere trebuie să aibă 90° și să fie instalate complet la orizontală sau verticală cu suporturi prinse de pereți și nu unghiuri inegale în toate direcțiile.
28. Îndepărtați fundațiile vechi inutile din ateliere și nivelați podeaua uniform
29. Reparațiile din ateliere trebuie să includă trei zone diferite:
  - Zonă pentru primirea echipamentelor defecte, de obicei în afara atelierului (trebuie să fie întotdeauna aranjate corespunzător). Puneți etichete pe fiecare echipament pentru a indica data la care echipamentul a ajuns la atelier.
  - Zona de reparații (trebuie să fie curățată periodic pentru ca uleiul să fie îndepărtat)
  - Zonă pentru echipamente reparate și pregătire pentru expediere (de obicei se aceasta se află în afara atelierului).
30. Ușa de intrare în atelier este vizibilă de către toți vizitatorii și de aceea trebuie să fie vopsită, să arate îngrijit și curat și să poată fi ușor de deschis și închis.
31. Acoperiți flanșele echipamentelor după reparațiile din atelier cu capace din lemn, și fixați-le cu sârmă înainte de transportare. Acest lucru va ajuta la păstrarea curată a interiorului.
32. Nu păstrați niciodată echipamentele vechi sau care nu pot fi reparate în fața atelierului. Acestea creează un aspect neplăcut, iar eventualele poze care ar putea apărea ar duce la o imagine negativă pentru noi.
33. Toate atelierele trebuie să aibă o încăpere destinată uneltelor, cu rafturi pentru depozitarea corespunzătoare a acestora și cu un Registru de control „Intrări/ Ieșiri”.
34. Una din ușile atelierului trebuie marcată cu inscripția Ieșire de Urgență și trebuie să aibă deschidere în exterior.
35. Vă rog să acordați o atenție specială depozitării buteliilor de gaz în interiorul sau în apropierea atelierelor. Utilizați lanțuri amovibile individuale în jurul fiecărei butelii la partea din față, iar la cea din spate cadre puternice. Nu utilizați o plasă de sârmă ca suport pentru butelii. Creați zone separate pentru gazele de oxigen și acetilenă.
36. Curățați și inspectați periodic uneltele, spre exemplu în fiecare vineri. Îndepărtați uneltele defecte care sunt periculoase în cazul în care sunt folosite de către muncitori. În mod normal, uneltele manuale nu trebuie reparate prin sudare.
37. Cablurile de sârmă nu trebuie păstrate pe podea, putând în schimb fi agățate pe pereți - cele luni în formă de U iar cele scurte trebuie agățate drept.
38. Curățați deșeurile rămase de la locul de muncă după terminarea fiecărei activități sau proiect. Nu lăsați cârpe murdare, șuruburi și piulițe vechi, garnituri, ambalaje, bidoane de solvenți, vaselină utilizată sau bucăți de oțel. Acest lucru este obligatoriu pentru mentenanță conform procedurii din Permisul de lucru și de aceea trebuie efectuat întotdeauna.

39. *Curățați echipamentele în mod corespunzător înainte de începerea reparațiilor și în general îndepărtați toate lichidele, uleiurile și vaselinele. Acest lucru va facilita efectuarea lucrărilor și va face ca acestea să fie mult mai precise.*
40. *Efectuați întotdeauna și înregistrați măsuri în timpul reparațiilor. În acest fel echipamentele vor funcționa mai mult timp și MTBF-ul va fi mai lung. Acest lucru face parte din etapa Controlului Calității.*

## **5.6 Metode de management al mentenantei**

Cercetari recente asupra eficacitatii managementului mentenantei arata ca o treime -adica 33 centi la fiecare dolar - din costul total al mentenantei este irosit ca rezultat al mentenantei inutile sau impropriu realizata. Daca luam in considerare ca industria SUA cheltuiește mai mult de 300 miliarde de dolari anual cu mentenanta, impactul in productivitate, reprezentat de operatiunile de mentenanta este evident.

Rezultatul mentenantei ineficiente reprezinta o pierdere de peste 60 miliarde de dolari anual, numai in Statele Unite, dar, poate mai important, ineficienta managementului mentenantei afecteaza capacitatea de realizare a unor produse competitive pe piata mondiala. Pierderile de timp si calitate in productie, rezultate ale unui management inadecvat al mentenantei au avut un impact dramatic in capacitatea industriei SUA de a concura cu Japonia sau alte tari care au implementat filosofii avansate de management al productiei si mentenantei.

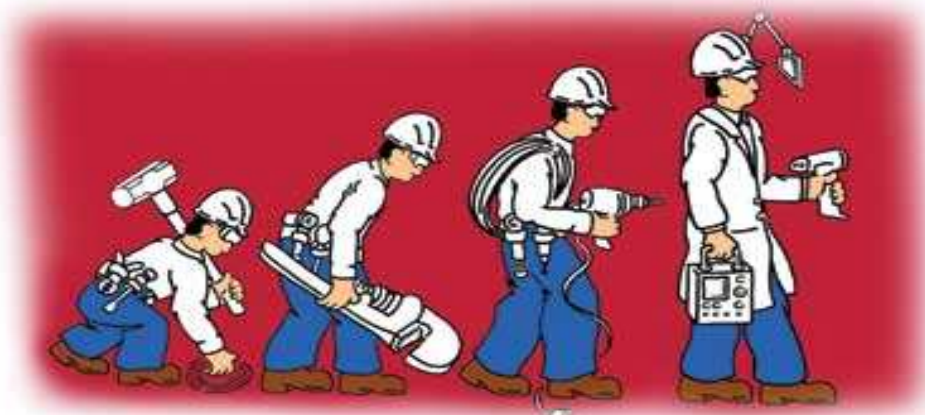
Principala cauza a acestui management ineficient este lipsa datelor reale pentru a cuantifica nevoile actuale de mentenanta si reparatii ale utilajelor, echipamentelor si sistemelor. Programarea mentenantei a fost, iar in multe cazuri inca este, dictata de date statistice sau de defectarea efectiva a echipamentelor.

Pana nu demult, managementul mijlociu si superior au ignorat impactul operatiunilor de mentenanta asupra calitatii produselor, costurilor de productie si, cel mai important, asupra limitei de profitabilitate. Opinia generala era "Mentenanta este un rau necesar" sau "Nu poate fi facut nimic pentru imbunatatirea costurilor cu mentenanta". Probabil ca aceste enunturi ar fi fost valabile acum 20 sau 30 de ani, dar dezvoltarea microprocesoarelor si a instrumentelor bazate pe computere, care pot fi folosite pentru monitorizarea starii echipamentelor, utilajelor si sistemelor, a dat mijloacele de a conduce operatiunile de mentenanta. Aceste instrumente furnizeaza mijloacele de a reduce sau elimina reparatiile inutile, a preveni avariile catastrofale si a reduce impactul negativ al operatiunilor de mentenanta asupra profitabilitatii.

In ultimii 30 de ani au fost dezvoltate diferite abordari ale modului in care trebuie realizata mentenanta, pentru a asigura functionarea echipamentelor cel puțin pe durata de viata proiectata a acestora, ajungandu-se la tehnici moderne de management al mentenantei cum sunt mentenanta predictiva sau mentenanta

centrata pe fiabilitate. Evolutia in timp a tehnicilor de mentenanta este reprezentata sugestiv in fig. 5.1.

Pentru a intelege conceptul de mentenanta predictiva, vom face o scurta descriere a tehnicilor traditionale de mentenanta folosite in industrie: mentenanta “functionare pana la defectare” si mentenanta preventiva.



**Fig. 5.1 Evolutia “Omului de Mentenanta”**

**Mentenanta reactiva** sau “functionare pana la defectare” se bazeaza pe o logica simpla si directa: daca un utilaj se defecteaza, se repara. Metoda de mentenanta ”daca nu se strica, nu repara” a fost o componenta majora a mentenantei inca de la aparitia primei manufacturi si, la suprafata pare rezonabila. O fabrica care foloseste aceasta tehnica de mentenanta nu cheltuie bani pe mentenanta atata timp cat nici un utilaj nu este defect.

“Functionarea pana la defectare” este o tehnica de management care presupune asteptarea momentului in care echipamentul se defecteaza, inainte de a fi luata orice masura de mentenanta; este, de fapt o abordare “non mentenanta” a managementului, care este si cea mai costisitoare. Este utilizata destul de putin si chiar in acest mediu sunt efectuate diverse lucrari de mentenanta preventiva, cum ar fi lubrefierea, reglaje, etc. Cheltuielile majore asociate acestui tip de management al mentenantei sunt date de costurile pieselor de schimb, costurile mari de manopera, timpul mare de stationare si disponibilitatea scazuta a utilajului. Studiile au aratat ca costurile operarii in acest mod sunt de cca 18\$/CP/an.

Deoarece nu exista preocuparea de a anticipa cerintele de mentenanta, organizatia care adopta mentenanta reactiva trebuie sa fie capabila sa reactioneze la toate tipurile de defecte posibile. Aceasta metoda reactiva obliga departamentul de mentenanta sa detina o mare cantitate de componente sau sa se bizuie pe furnizori ca pot asigura, in orice moment, necesarul de piese de schimb. Chiar daca aceasta ultima versiune este posibila, costurile pentru livrarea urgenta cresc substantial costul reparatiei si timpul de stationare in reparatie a utilajului.

Pentru a minimiza impactul asupra productiei produs de o defectiune neasteptata, personalul de mentenanta trebuie sa fie capabil de a reactiona imediat la toate tipurile de defecte.

Rezultatul net al acestui tip de management al mentenantei este costul de mentenanta ridicat si disponibilitatea scazuta a echipamentelor. Analizele costurilor de mentenanta au indicat ca o reparatie efectuata in sistemul "functionare pana la defectare" poate costa de pana la trei ori mai mult decat aceeași reparatie realizata in modul preventiv. Programarea reparatiei minimizeaza timpul de reparatie si alte costuri asociate manoperei, reducand, de asemenea, impactul expedierii pieselor si pierderii de productie.

Acest tip de abordare poate fi avantajoasa daca defectarea echipamentelor nu afecteaza productia si daca costurile manoperei si materialelor sunt nesemnificative.

**Mentenanta preventiva** poate fi definita in mai multe feluri, dar toate programele de management al mentenantei preventive sunt bazate pe timp. Cu alte cuvinte, sarcinile de mentenanta sunt bazate pe trecerea timpului sau ore de functionare.

Modurile actuale de implementare ale mentenantei preventive difera foarte mult. Exista programe care se limiteaza numai la lubrefierea si reglaje minore sau altele, cuprinzatoare, care planifica reparatii, lubrifieri, reglaje si reparatii capitale pentru utilaje. Numitorul comun al tuturor acestor programe de mentenanta este programarea pe baza de timp.

Toate programele de mentenanta preventiva pleaca de la presupunerea ca toate utilajele se depreciaza intr-un interval de timp specific categoriei din care fac parte. De exemplu, o pompa centrifuga orizontala, monoetajata, va functiona, in mod normal, 18 luni inainte de a trebui reparata. Folosind tehnicile mentenantei preventive, pompa va fi oprita din functionare si reparata dupa 17 luni de functionare. Problema acestui mod de abordare este ca modul de operare si conditiile specifice de functionare afecteaza durata de viata utila a utilajelor. Timpul Mediu de Functionare(MTBF) nu este acelasi pentru o pompa care vehiculeaza apa si una care vehiculeaza lichide abrazive(apa sarata cu nisip).

Rezultatul folosirii statisticilor MTBF in planificarea mentenantei consta fie in reparatii inutile, fie in defectiuni majore. In exemplu, este posibil ca pompa sa nu aiba nevoie de o reparatie dupa 17 luni de functionare. Cu toate acestea, munca si materialele folosite pentru reparare sunt irosite. A doua situatie, care poate sa apara, este chiar mai costisitoare. Daca pompa se defecteaza inainte de 17 luni, trebuie reparata folosind tehnicile reactive. Analizele costurilor de mentenanta au aratat ca reparatiile realizate in acest mod sunt de trei ori mai costisitoare decat aceleasi reparatii in sistemul planificat. Studiile au aratat ca costurile operarii in acest sistem al echipamentelor sunt de cca 13\$/CP/an.

## **5.7 Mentenanta predictiva**

**Mentenanța predictivă** are, ca și mentenanța preventivă, mai multe definiții. Pentru unii tehnicieni, mentenanța predictivă înseamnă monitorizarea vibrațiilor mașinilor rotative, în încercarea de a detecta defectele incipente și a preveni defectele majore. Pentru alții înseamnă monitorizarea imaginilor în infraroșu ale echipamentelor electrice pentru a detecta probleme în curs de apariție. Premisa comună a mentenanței predictive este aceea că monitorizarea regulată a stării, eficienței și a altor indicatori de funcționare a utilajelor va furniza datele necesare pentru a asigura intervalul maxim între reparații și minimizează numărul și costul intreruperilor cauzate de defectarea acestora. Studiile au arătat că, atunci când este aplicată corect, costurile mentenanței predictive a utilajelor sunt de cca 9\$/CP/an.

Mentenanța predictivă este, oricum, mult mai mult. Este mijlocul de îmbunătățire a productivității, calității produselor, și eficienței globale întreprinderii. Mentenanța predictivă nu este monitorizare de vibrații, imagistică termică, analiză de ulei sau orice altă tehnică de control nedistructiv, cunoscute ca mijloace de realizare a mentenanței predictive.

Mentenanța predictivă este o filosofie sau o atitudine care, simplu spus, folosește condițiile existente de operare ale echipamentelor și sistemelor pentru a optimiza funcționarea întregului. Un sistem cuprinzător de mentenanță predictivă folosește cele mai eficiente mijloace (monitorizare vibrații, termografie, tribologie) pentru a determina condițiile reale de funcționare ale sistemelor, pe baza cărora planifică toate activitățile de mentenanță, în funcție de necesități. Incluziunea mentenanței predictive într-un program cuprinzător de management al mentenanței optimizează disponibilitatea și reduce costurile mentenanței echipamentelor, îmbunătățind, de asemenea, calitatea, productivitatea și productivitatea.

Mentenanța predictivă este un program de mentenanță dictat de starea utilajelor. În loc să se bazeze pe date statistice din industrie (cum ar fi durata de viață sau durata până la defectare a unui echipament sau componentă), mentenanța predictivă folosește monitorizarea (verificarea) directă a stării utilajului, a eficienței sistemului și a altor indicatori, pentru a determina timpul real de funcționare până la defectare sau scăderea eficienței în funcționarea fiecărui echipament. În cel mai bun caz, metodele bazate pe timp (reactivă și preventivă) furnizează o estimare a duratei de funcționare a echipamentelor. Decizia finală în programele de mentenanță preventivă sau reactivă, privind programele de reparație, trebuie luată pe baza intuiției și experienței personale a managerului de mentenanță.

Folosirea unui program cuprinzător de mentenanță predictivă poate și va furniza date reale despre starea curentă a fiecărui echipament și asupra eficienței fiecărui proces. Aceste date asigură managerului de mentenanță informațiile necesare planificării activității de mentenanță. Un program de mentenanță predictivă poate minimizeza intreruperile neprogramate ale echipamentelor și garantează că echipamentele reparate sunt în stare corespunzătoare. Programul poate, de asemenea, rezolva problemele apărute în



functionarea utilajelor, înainte ca acestea să devină deosebit de grave. Cele mai multe probleme pot fi minimizate, dacă sunt identificate și remediate la timp. Modurile normale de defectare avansează cu o viteză direct proporțională cu gravitatea lor. Dacă problema este identificată la timp, reparațiile majore pot fi prevenite.

Mentenanța predictivă pe baza analizei de vibrații ține seama de două realități: 1) toate modurile obișnuite de defectare au la baza componente distincte în frecvența vibrațiilor și 2) amplitudinea fiecărei componente distincte rămâne constantă până la schimbarea stării de funcționare a utilajului. Aceste fapte stau la baza identificării cauzelor specifice fiecărui mod de defectare a echipamentelor.

Mentenanța predictivă, folosind eficiența procesului, pierderile de căldură sau alte tehnici nondistructive, poate evalua eficiența funcționării echipamentelor și sistemelor. Aceste tehnici, folosite împreună cu analiza vibrațiilor pot furniza informațiile necesare obținerii fiabilității și disponibilității optime a echipamentelor.

În mentenanța predictivă sunt folosite, în mod curent, cinci tehnici de control nedistructiv: monitorizarea vibrațiilor, monitorizarea parametrilor de proces, termografia, tribologia și inspectia vizuală (auditivă, olfactivă, tactilă). Fiecare dintre aceste tehnici are un set de date specific, care ajută managerul de mentenanță în determinarea nevoilor reale de mentenanță.

Cum sunt stabilite tehnicile de inspectie necesare? Cum se determina cea mai buna metoda in implementarea fiecărei tehnologii? Cum se separă ceea ce este rău de bine? Cele mai cuprinzătoare programe de mentenanță predictivă folosesc analiza vibrațiilor ca instrument de bază. Datorită faptului că cele mai multe echipamente sunt mecanice, monitorizarea vibrațiilor furnizează instrumentul cel mai bun pentru monitorizare și identificarea problemelor în stare incipientă. Totuși, analiza vibrațiilor nu poate furniza date asupra echipamentelor electrice, pierderilor de căldură, starea uleiurilor sau altor parametri care trebuie incluși în program.

Multe din programele de mentenanță predictivă care au fost implementate nu au generat beneficii vizibile. Acest lucru nu a fost cauzat de limitări tehnice ci, mai curând, de eșecul realizării schimbărilor necesare la locurile de muncă, care ar fi permis utilizarea eficientă a instrumentelor mentenanței predictive. Aici este cazul să amintim schimbările culturale, de percepție asupra tehnicilor de mentenanță, lipsa pregătirii profesionale corespunzătoare pentru utilizarea instrumentelor, echipamentelor și metodelor de analiză caracteristice mentenanței predictive.

## **5.8 Alte metode de îmbunătățire a mentenanței**

De-a lungul ultimilor 10 ani, au fost dezvoltate o diversitate de metode de management al mentenanței, cum sunt mentenanța proactivă, mentenanța total productivă și mentenanța centrată pe fiabilitate, considerate ca panaceu pentru

mentenanta neperformanta. Multe intreprinderi au adoptat partial aceste metode rapide, pentru a compensa deficientele existente.

### **Mentenanta Proactiva**

In unele culturi, echipamentele erau construite pentru a rezista 100 de ani pentru realizarea anumitor functiuni. Astazi, toate echipamentele trebuie sa concureze pe piata libera, unde multi producatori proiecteaza echipamentele pentru a se defecta dupa o anumita durata de viata, de obicei mult mai scurta de 100 de ani.

Proprietarul unui echipament poate incerca sa afle ce a avut in vedere producatorul, atunci cand echipamentul a fost proiectat pentru a se anticipa defectarea sau necesitatea inlocuirii. Aceasta nu este o sarcina usoara. Nici un inginer nu poate cunoaste totul despre factorii care afecteaza viata echipamentului.

Abordarea mentenantei proactive inlocuieste filosofia “reactiva” cu cea “proactiva”, prin sublinierea conditiilor care conduc la defectarea sau degradarea echipamentelor. Mentenanta proactiva se prezinta ca un mijloc important de a elimina cauzele radacina ale defectelor si a creste durata de viata a echipamentului.

Spre deosebire de mentenanta predictiva sau preventiva, mentenanta proactiva se concentreaza asupra cauzelor radacina ale defectelor, nu numai asupra simptomelor. Premisa principala a acestui concept este de a creste durata de viata a echipamentelor, ca o alternativa la:

1. repararea echipamentelor chiar daca nu sunt defecte
2. acceptarea defectelor ca normale
3. preemptiunea mentenantei de criza(la defect)

Ideal, in viitor, echipamentele ar trebui sa includa senzori de monitorizare a contaminarii sau/si performantei, pentru o mentenanta proactiva si control in timp real al starii de functionare a acestora. Sisteme software expert combinate cu senzori si traductoare localizate strategic(ex.: de presiune temperatura, vibratii, vascozitate, umezeala, resturi uzura) vor furniza monitorizari complete pentru cele mai sofisticate aplicatii.

In aceasta directie, conceptul mentenantei proactive se va concretiza in reproiectarea echipamentelor(care este competenta producatorului) sau alternative de redundanta care, desi pot avea costuri mari, pot reduce la zero pierderile datorate intreruperilor.

### **Mentenanta Total Productiva**

Declarata ca o abordare japoneza a unui management eficient al mentenantei, mentenanta total productiva(MTP) a fost dezvoltata spre sfarsitul anilor 50. Conceptele sale, asa cum au fost adaptate de japonezi, pun accent pe elementele de baza cum sunt ungera, inspectiile vizuale si folosirea celor mai bune practici in toate aspectele mentenantei.

MTPnu este un program de management al mentenantei. Majoritatea activitatilor asociate cu abordarea japoneza a managementului sunt orientate spre functia productiva si presupun ca mentenanta sa furnizeze sarcinile de baza necesare intretinerii echipamentelor de productie critice. Toate beneficiile masurabile ale MTP sunt exprimate in termeni de capacitate, calitatea produselor si costul total al productiei. Din nefericire, avocatii MTP au incercat implementarea conceptelor lor numai ca activitati de mentenanta. Ca rezultat, putine din aceste incercari au dat roade.

La baza, MTP ar trebui sa fie un parteneriat intre oamenii de productie si cei din proiectare, mentenanta si serviciile tehnice, pentru a imbunatati **“eficienta globala a echipamentelor”**, un program de “zero intreruperi” si “zero defecte”, destinat eliminarii pierderilor cauzate de 6 tipuri de cauze generale: intreruperi, reglaje, timpi de asteptare, de pornire/oprire, reducerea capacitatii si calitatii produselor.

O definitie concisa a MTP nu este posibila dar, imbunatatirea eficientei echipamentelor este cea mai aproape de acest concept. Ideea de parteneriat este ceea ce o poate face sa functioneze. In modelul japonez de MTP, se disting cinci elemente care definesc modul in care tehnicienii lucreaza impreuna in acest parteneriat:

1. Imbunatatirea eficientei echipamentelor, cu alte cuvinte gasirea cauzelor de pierderi si realizarea de imbunatatiri.

2. Implicarea operatorilor in mentenanta zilnica. Aceasta nu inseamna in mod necesar ca operatorii sa realizeze, fizic, mentenanta. Ei sunt implicati in planificarea, programarea si parteneriatul privind mentenanta.

3. Imbunatatirea randamentului si eficacitatii mentenantei.

4. Educarea si instruirea personalului, poate cel mai important in MTP. Trebuie sa implice toate categoriile de personal: operatorii trebuie sa stie cum sa realizeze unele inspectii, reglaje si alte sarcini preventive, cum sa lucreze in parteneriat cu mentenanta.

5. Proiectarea echipamentului pentru reducerea mentenantei. Proiectarea unui echipament usor de operat si intretinut este un element fundamental al MTP si se poate realiza cu contributia tuturor celor implicati in acest parteneriat:operatori, tehnicieni de mentenanta, proiectanti.

### **Mentenanta Centrata pe Fiabilitate(RCM)**

Premisa de baza a RCM este aceea ca toate echipamentele se defecteaza si au o durata de viata limitata dar nici una dintre aceste presupuneri nu este valabila. Daca echipamentele sau sistemele sunt bine proiectate, instalate, operate si intretinute, nu se vor defecta, iar durata lor de viata este aproape infinita. Cateva defectiuni, daca vor exista, vor fi intamplatoare si influentele exterioare, cum ar fi erori de operare sau reparare necorespunzatoare, sunt cauza tuturor defectiunilor. Cu exceptia defectarilor instantanee, cauzate de erori grosolane de operare sau influente exterioare total anormale, metodologia de analiza a

dinamicii starii de functionare, poate detecta, izola si preveni defectarea sistemului.

Cand abordarea RCM a fost dezvoltata pentru prima data, in anii 60, cei mai multi dintre inginerii de productie credeau ca utilajele au o durata de viata limitata si necesita reparatii majore periodice, pentru a mentine un nivel acceptabil de fiabilitate. In cartea “Mentenanata Centrata pe Fiabilitate”(1992), John Moubrey scria:

*“ Abordarea traditionala pentru programarea activitatilor de mentenanata a fost bazata pe faptul ca fiecare componenta a unui echipament complex are o anumita durata, la care o reparatie majora este necesara, pentru a asigura siguranta si fiabilitatea in operare. De-a lungul anilor s-a constatat ca multe tipuri de defecte nu pot fi prevenite sau reduse efectiv prin acest tip de activitati de mentenanata, indiferent cat de bine sunt realizate. Ca raspuns la aceasta problema, proiectantii de aeronave au inceput sa creeze caracteristici de proiectare care atenuaza consecintele defectelor, adica au invatat sa proiecteze avioane care erau tolerante la defectiuni. Practici ca redundanta sistemelor si proiectarea structurilor tolerante la avarii au slabit legatura dintre siguranta si fiabilitate, chiar daca aceasta nu a fost complet eliminata.”*

Dupa anii 80, tehnologiile mentenantei predictive au furnizat mijloace precise pentru detectarea din timp a problemelor incipiente. Odata cu aparitia acestor noi tehnologii, majoritatea premiselor RCM au disparut. Capacitatea de a detecta cele mai mici abateri de la functionarea optima a sistemelor critice ofera mijloacele de prevenire a deteriorarilor care conduc la defectarea acestora.

In timp, tacticile sau sistemele de mentenanata descrise s-au structurat, la nivel international, in trei generatii:

### **Prima Generatie de Mentenanata**

Pana in anii 1950: *Mentenanata Corectiva sau Accidentala*

### **A doua generatie de Mentenanata**

*Intre anii 1950 si 1975*

*Reparatii Generale Programate*

*Sisteme pentru Planificare si Control*

*Sistem de planificare si programare bazat pe stocarea datelor pe hartie*

### **A treia Generatie de Mentenanata**

*Dupa anii 1975*

*Monitorizarea Performantei si a Conditiei de functionare*

*Proiectare pentru Fiabilitate si Intretinere facila*

*Studii bazate pe Riscuri si Pericole*

*Analiza Defectiunilor si a Efectelor*

*Lucrul in Echipa si Policalificarea*

## **5.9 Mentenanata echipamentelor in Petrom**

Avand in vedere caracteristicile celor trei generatii de mentenanta prezentate, situatia mentenantei echipamentelor in Petrom poate fi descrisa astfel:

#### **Prima Generatie de Mentenanta**

Inca se practica in Petrom intr-o mare masura – Reparatiile Accidentale

#### **A doua generatie de Mentenanta**

Inca se practica – Revizii Tehnice, Reparatii Curente, Reparatii Capitale

#### **A treia Generatie de Mentenanta**

Implementare Progresiva incepand cu 2008 – Mentenanta orientata spre Fiabilitate(RCM), Insectia Bazata pe Risc a echipamentelor(RBI), Monitorizarea Performantei si Monitorizarea Conditiei de Functionare.

Asadar, in Petrom:

- Se aplica Mentenanta bazata pe Timpul de Functionare insa fara Proceduri de Mentenanta de buna calitate
- Mentenanta bazata pe conditiile de functionare a echipamentelor are loc doar intr-o mica masura
- Mentenanta bazata pe Functionarea pana la defectare nu este folosita in mod eficient
- Operatorul din productie nu reprezinta un element-cheie in prevenirea defectiunilor
- Foarte putin efort depus pentru rezolvarea problemelor

#### **REZULTATE:**

MTBF scazut  
Defectiuni repetate  
Costuri ridicate

Prin adoptarea celor mai bune tehnici practicate de operatorii din Industria de Petrol si Gaze se pot obtine o Fiabilitate Imbunatatita, Disponibilitate mai mare si Productie mai buna.

## **6. Concluzie**

O buna mentenanta inseamna o buna afacere. Principalul motivator in productie, in special in ceea ce priveste mentenanta echipamentelor, este acela de a mentine productia la un nivel inalt. Competitia obliga la acest lucru. Mentenanta afecteaza direct productivitatea, calitatea si costul productiei. Cu atat mai mult cu cat si in prezent, cea mai practicata metoda de abordare a mentenantei continua sa fie cea reactiva. Aceasta mentalitatea, a mentenantei “la defect”, este in directa contradictie cu tinta unei inalte productivitati.

Cresterea nivelului si calitatii productiei obliga la trecerea de la sistemul mentenantei reactive, la tehnici moderne de mentenanta, organizate in jurul unui personal bine pregatit profesional, cu un plan bine stabilit si cu implicarea reala

a angajatilor intr-un parteneriat pentru imbunatatirea eficacitatii globale a mijloacelor de productie.

### **Raspunsuri la intrebarile de autoevaluare**

1.1 200 ore

1.2

	<b>Cauza</b>		<b>Moment</b>		<b>Intindere</b>		<b>Combinatie</b>	
	<i>Utilizare</i>	<i>Oboseala</i>	<i>Subit</i>	<i>Gradual</i>	<i>Partial</i>	<i>Complet</i>	<i>Catastrofic</i>	<i>Degradare</i>
<b>a.</b>		X		X	X			X
<b>b.</b>		X	X			X	X	
<b>c.</b>	X		X			X	X	
<b>d.</b>		X	X		X			X

2.3

<i>Timpul (ore)</i>	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000
<i>Rata de Defectare (%/1000 ore)</i>		15	9.4	7.8	8.4	7.7	8.3	7.3	7.8	8.5	11.6	15.7

### Bibliografie

1. ***An elementary guide to Reliability – 5-th edition***  
G.W.A Dummer, M.H. Tooley, R.C. Winton
2. ***An Introduction to Predictive Maintenance***  
R. Keith Mobley
3. ***Maintenability, Maintenance and Reliability for Engineers***  
B.S. Dhillon