

EUGEN SITEANU

**CONSIDERAȚII PRIVIND INFLUENȚA
OPTIMIZĂRII MENTENANȚEI ASUPRA
CREȘTERII VIABILITĂȚII
AUTOVEHICULELOR DE LUPȚĂ ÎN RĂZBOI**



**Editura Academiei Oamenilor de Știință din România
București, 2024**

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
SITEANU, EUGEN

**Considerații privind influența optimizării mentenanței
asupra creșterii viabilității autovehiculelor de luptă în
război / Eugen Siteanu. - București : Editura Academiei
Oamenilor de Știință din România, 2024**

Conține bibliografie

ISBN 978-630-6518-40-1

623.43

- CUPRINS -

	pag.
ABREVIERI.....	4
INTRODUCERE.....	6
<u>CAPITOLUL 1. STADIUL ACTUAL AL PROBLEMELOR CERCETATE.....</u>	<u>10</u>
1.1 Considerații generale.....	10
1.2 Producerea deteriorărilor autovehiculelor de luptă ca proces Poisson.....	21
1.3 Estimarea fondului global de autovehicule de luptă deteriorate în operație (luptă).....	22
1.4 Interacțiunea dintre mentenanța, mentenabilitatea, fiabilitatea, și disponibilitatea autovehiculelor de luptă.....	27
1.5 Optimizarea organizării și funcționării sistemelor tehnice de reparare a autovehiculelor de luptă în operație (luptă)	31
1.5.1 Estimarea posibilităților de evacuare și reparare a autovehiculelor de luptă deteriorate.....	31
1.5.2 Sisteme tehnice pentru repararea a autovehiculelor de luptă deteriorate în lupta armată (STRAL)	32
1.5.3 Optimizarea organizării și funcționării sistemelor tehnice de reparare.....	34
1.5.4 Estimarea eficienței funcționării sistemelor tehnice de reparare a autovehiculelor de luptă.....	35
1.5.5 Simularea procesului de evacuare și reparare a autovehiculelor de luptă deteriorate în operații cu ajutorul sistemelor electronice de calcul	39
1.5.6 Optimizarea funcționării subsistemelor de mentenanță a autovehiculelor de luptă pe baza teoriei așteptării	43
<u>CAPITOLUL 2. ANALIZA CRITICĂ A ACTUALULUI SISTEM DE MENTENANȚĂ A AUTOVEHICULELOR DE LUPTĂ ȘI PROPUNEREA UNUI NOU SISTEM CU POSIBILITĂȚI DE OPTIMIZARE ÎN RĂZBOI</u>	<u>46</u>
2.1 Analiza prevederilor actelor normative în vigoare și evoluția stării tehnice și de întreținere a autovehiculelor.....	46
2.2 Propunerea unui nou sistem de mentenanță a autovehiculelor de luptă.....	53
2.3 Organizarea, descrierea și funcționarea sistemului de mentenanță a autovehiculelor de luptă	58
<u>CAPITOLUL 3. INFLUENȚA OPTIMIZĂRII MENTENANȚEI SISTEMULUI ECHIPAJ-AUTOVEHICUL DE LUPTĂ ASUPRA POSIBILITĂȚII ACESTUIA DE SUSTRAGERE DE SUB LOVITURILE INAMICULUI ȘI ASUPRA PRECIZIEI FOCULUI.....</u>	<u>70</u>
3.1 Pregătirea și scopul cercetării experimentale.....	70
3.2 Cercetarea experimentală a demarajului autovehiculelor de luptă în funcție de starea tehnică.....	71
3.3 Influența rezultatului optimizării unor lucrări de mentenanță asupra viabilității autovehiculelor de luptă în război	76
3.4 Cercetarea experimentală a probabilității de lovire a țintelor cu tunul de pe tanc când luneta-înălțător sau stabilizatorul sunt dereglate	102
<u>CAPITOLUL 4. INFLUENȚA OPTIMIZĂRII MENTENANȚEI ASUPRA CREȘTERII VIABILITĂȚII AUTOVEHICULELOR DE LUPTĂ</u>	<u>110</u>
4.1 Clasificarea scoaterilor din starea de operativitate a autovehiculelor de luptă	110

4.2 Analiza proceselor de uzură și de scoatere din funcționare a sistemului SAL MEMACL	114
4.2.1 Diagramele Venn - Euler	123
4.3 Teoria viabilității autovehiculelor de luptă.....	126
4.4 Determinarea pierderilor autovehiculelor de luptă cu ajutorul ecuațiilor lui Lanchaster.....	140
4.4.1 Stabilirea ipotezelor de calcul	140
4.4.2 Ecuațiile lui Lanchaster	142
4.5 Calculul deteriorărilor produse de aviația inamicului	146
4.6. Calculul deteriorărilor autovehiculelor de luptă la unitățile (M.U.) din eșalonul întâi	148
4.7 Calculul numărului de autovehicule de luptă deteriorate prin luptă și rulaj.....	149
4.8 Considerații privind teoria matematică a mentenanței autovehiculelor de luptă în război	152
<u>CAPITOLUL 5. UTILIZAREA SISTEMELOR DE PRELUCRARE</u>	
<u>AUTOMATĂ A DATELOR ÎN SCOPUL STABILIRII INFLUENȚEI</u>	
<u>OPTIMIZĂRII MENTENANȚEI ASUPRA VIABILITĂȚII</u>	
<u>AUTOVEHICULELOR DE LUPTĂ .</u>	
5.1 Analiza influenței optimizării mentenanței autovehiculelor de luptă asupra viabilității acestora pe timpul pregătirii acțiunilor de luptă.....	159
5.1.1 Determinarea numărului de autovehicule de luptă deteriorate, pe categorii de reparații, pe timpul pregătirii acțiunilor de luptă.....	159
5.1.1.1 Determinarea numărului probabil de autovehicule de luptă deteriorate.....	159
5.1.1.2 Repartiția probabilă a deteriorărilor pe categorii de reparații.....	165
5.1.2 Analiza și optimizarea procesului de evacuare a autovehiculelor de luptă deteriorate pe timpul pregătirii acțiunilor de luptă.....	166
5.1.3 Analiza și optimizarea procesului de reparare a autovehiculelor de luptă deteriorate pe timpul pregătirii acțiunilor de luptă	170
5.2 Analiza și optimizarea procesului de reparare a autovehiculelor de luptă deteriorate pe timpul ducerii acțiunilor ofensive	173
5.2.1 Determinarea numărului probabil de autovehicule de luptă deteriorate pe direcții, misiuni și categorii de reparații.....	173
5.2.1.1 Numărul probabil de autovehicule de luptă scoase din funcționare datorită rulajului	173
5.2.1.2 Determinarea numărului probabil de autovehicule de luptă deteriorate datorită loviturilor inamicului, pe tipuri, mărci și categorii de reparații	175
5.2.2 Analiza și optimizarea proceselor de evacuare și de reparare a autovehiculelor de luptă deteriorate pe timpul ducerii acțiunilor ofensive (defensive)	182
5.3 Descrierea programului	184
CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII	188
BIBLIOGRAFIE	195
ANEXE	201

- A B R E V I E R I -

1. Ansamblu	ans.
2. Antitanc	AT
3. Armata de arme întrunite	AAI
4. Automatizarea conducerii trupelor	ACT
5. Autotunuri	Atu
6. Autovehicule de luptă	AL
7. Autovehicule ușoare de luptă	AUL
8. Corp de armată	CA
9. Divizie de infanterie	DI
10. întreținere tehnică	IT
11. întreținere tehnică nr. 1	IT 1
12. întreținere tehnică nr. 2	IT 2
13 întreținere tehnică sezonieră	ITS
14. întreținere tehnică zilnică	ITZ
15. Mare unitate	MU
16. Mașina de luptă a infanteriei	MLI
11. Mașina de luptă a vânătorilor de munte	MLVM
18. Media timpilor de bună funcționare	MTBF
19. Media timpilor de reparare	MTR
20. Menținerea autovehiculelor de luptă	MAL
21. Ministerul Apărării Naționale	MApN
22. Numărul de autovehicule de luptă în stare bună de funcționare	B
23. Optimizarea mentenanței autovehiculelor de luptă	OMAL
24. Piese de schimb și materiale	psm
25. Piese, scule și accesorii	PSA
26. Raion de adunare a tehnicii deteriorate	RATD
21. Regiment care de luptă	R.C.L.
28. Reparație capitală	RK
29. Reparație curentă	RC
30. Reparație medie	RM
31. Scule, dispozitive și verificatoare	SDV
32. Sistemul autovehicul de luptă - muniție - echipaj - mediu ambiant - combustibil - lubrifiant	SALMEMACL
33. Sistem de conducere a focului	SCF
34. Sistemul de mentenanță a autovehiculelor de luptă	SMAL
35. Subsistem de mentenanță a autovehiculelor de luptă	SSMAL
36. Stare tehnică și de întreținere	STI
31. Sistem tehnic pentru repararea AL deteriorate	STRAL
38. Subansamblu	Subans.
39. Transportor amfibiu blindat	TAB
40. Tractor de artilerie românesc	TAR
41. Tractor mijlociu de artilerie	TMA
42. Unitate (unități)	U
43. Unități, subunități și formațiuni de asigurare tehnică	USFAT
44. Viabilitatea autovehiculelor de luptă	VAL

INTRODUCERE

Autovehiculele de luptă reprezintă, în cadrul autovehiculelor militare, o categorie importantă de autovehicule, atât sub aspectul destinației, cât și din punct de vedere al variantelor constructive, dintre care amintim două: AL cu roți și cele cu șenile. Ultimele, în special tancurile dețin rolul principal în operațiile terestre datorită capacității lor specifice de a combina puterea de foc cu mobilitatea și de a asigura un grad ridicat de protecție a personalului împotriva unor arme de foc și chiar a armelor de nimicire în masă.

Războiul modern caracterizat prin mare dinamică, spațialitate, mobilitate și angajarea unor puternice, diversificate și numeroase forțe, mijloace și sisteme militare, atât în confruntarea directă, cât și în procesul asigurării tehnice și materiale, solicită trupelor o permanentă "stare gata de luptă" și o mare disponibilitate [42].

Prin sisteme militare înțelegem sistemele mari care sunt destinate realizării unor obiective militare cum ar fi: unități, mari unități, formațiuni, sisteme de armament, de sprijin tehnic sau logistic, etc. Aceste sisteme sunt de tip mixt, cu resurse umane și tehnice, constituite în echipaje. Având în vedere experiența social-politică a omenirii și pornind de la principiul că posibilul nu trebuie ignorat ci anticipat, este momentul să amintim că în ultimii 30 de ani au avut loc câteva războaie scurte, de maximum trei săptămâni (războiul din Golf, din Malvine, din octombrie 1973, "războiul de 6 zile" etc.) care duc la concluzia că dintre toate misiunile asigurării tehnice crește importanța mentenanței AL, timpul extrem de scurt constituind o piedică serioasă în asigurarea completărilor cu tehnică militară [44].

Costurile exorbitante ale confruntărilor armate și pierderilor enorme rezultate în urma acestora necesită măsuri hotărâte pentru optimizarea utilizării forțelor și mijloacelor și, în consecință, și măsuri pentru optimizarea mentenanței autovehiculelor (tehnicii) de luptă.

În aceste condiții, se apreciază că problema proiectării, analizei și optimizării mentenanței autovehiculelor de luptă a devenit de mare actualitate, necesitând o abordare sistemică, selectivă, în context permanent cu reacțiile inamicului.

Această lucrare are scopul să cerceteze un domeniu aflat la confluența dintre științele tehnice și știința militară și anume: influența calitativă și cantitativă pe care o exercită optimizarea mentenanței asupra viabilității autovehiculelor de luptă, asupra valorii pierderilor în autovehicule suferite în lupte, operații sau bătălii.

Se menționează strânsa legătură între conceptele de disponibilitate, fiabilitate, mentenabilitate, acțiunile de mentenanță și politica de mentenanță și de aceea pentru optimizarea mentenanței se va face apel la conceptele amintite.

Pentru calculul indicatorilor de fiabilitate, în literatura de specialitate se recomandă să se excludă defecțiunile secundare, cele apărute din cauza încălcărilor grave ale regulilor de exploatare sau efectelor exterioare neprevăzute pentru condițiile normale de funcționare, precum și defecțiunile care se pot remedia cu forțele și mijloacele echipajului [80]. Dacă această recomandare se poate accepta pe timp de pace, în război este imperios necesar să se ia în considerare toate defecțiunile indiferent de natura acestora, deoarece oprirea, chiar și numai pentru câteva minute din cauza unei defecțiuni minore, are ca urmare transformarea autovehiculului de luptă dintr-o țintă mobilă într-una fixă și în consecință crește probabilitatea de lovire de către inamic a mașinii de luptă; în ceea ce

privește defectarea tunului (a armamentului), consecința implacabilă constă în crearea posibilităților inamicului să neutralizeze sau să distrugă autovehiculul propriu. Iată de ce în continuare vom propune un nou "concept de fiabilitate a SALMEMACL în război". Această sintagmă va permite definirea funcției de viabilitate a autovehiculelor de luptă în război.

De fiabilitatea sistemelor electronice, electrotehnice, a autovehiculelor, gurilor de foc sau instalațiilor speciale s-au ocupat specialiștii militari, dar de fiabilitatea sistemelor complexe - cum este și autovehiculul de luptă - s-a scris mai puțin, iar în ceea ce privește fiabilitatea sistemului denumit de noi SALMEMACL există și mai puține preocupări.

În conformitate cu prevederile ordinului ministrului apărării naționale O.G. 51/1995 se vor adapta structurile și activitățile la cerințele trecerii Armatei României, în timp oportun, de la starea de pace, la cea de criză, ori de război.

Așadar, optimizarea mentenanței în război nu se poate aborda în afara optimizării mentenanței încă din timp de pace. Mai precis, toate măsurile, pregătirile și asigurarea mijloacelor care se acumulează pe timp de pace până în momentul declanșării războiului constituie mulțimea parametrilor inițiali de stare ai sistemului de mentenanță (SMAL).

Data fiind utilizarea numai în domeniul militar a informațiilor și concluziilor privind influența OMAL asupra viabilității (VAL) în război, literatura de specialitate la dispoziție conține puține date referitoare la acest aspect și nu există încă o lucrare unitară care să abordeze această temă. În ultimii ani, totuși au apărut informații mai concrete care relevă influența optimizării sistemului tehnic de reparare a tancurilor asupra unor indicatori de viabilitate și bineînțeles unele rezultate, în special cele referitoare la repararea unui număr cât mai mare de tancuri în unitatea de timp, folosind programarea în limbaj SIMUB pe mijloacele electronice de calcul [70].

Dacă OMAL a fost tratată sistemic în literatura de specialitate [70], influența OMAL asupra VAL în război nu a fost tratată sistemic, unitar și nici integral, neținându-se seama de toate categoriile de armament întrebuințate de ambele părți și rezultatele acestei confruntări.

Într-unul și același SMAL, o anumită metodă, tehnică sau un anumit procedeu de OMAL poate conduce la rezultate diferite în ceea ce privește numărul de AL cu starea tehnică bună care rezultă din acest proces complex, deoarece atât variabilele de intrare în SMAL, cât și parametrii de stare ai sistemului sunt aleatori și pot avea valori diferite: este suficient ca o singură variabilă de intrare sau un singur parametru de stare să ia altă valoare pentru a nu se mai obține aceleași rezultate.

Influența OMAL asupra VAL nu se poate observa direct, ci prin intermediul rezultatelor pe care le are optimizarea sistemului analizat.

Ca urmare, lucrarea de față își propune ca, în urma unei analize bazată pe datele din literatura de specialitate și a unor observații proprii să scoată în evidență factorii principali care influențează OMAL și VAL și să prezinte un SMAL pentru a putea face analiza sistemică a OMAL. Aceasta ne permite modelarea luptei și a OMAL în cadrul sistemului militar (sistemului de luptă), crearea unui program pe calculator în regim conversațional în 2 variante: prima, în care are loc OMAL și a doua în care nu are loc OMAL pentru a putea compara rezultatele obținute și cuantifica influența pe care o are OMAL asupra VAL prin valoarea celui mai important indicator al VAL numărul de AL care sunt în stare tehnică bună (în funcționare) în urma procesului firesc de scădere a numărului de AL deteriorate și cumulare a celor repuse în stare de operativitate prin acțiuni de mentenanță.

În concluzie, această influență nu poate fi pusă în evidență cu o aproximație acceptabilă și cu luarea în considerare a principalilor factori decât cu ajutorul calculatorului electronic.

Ca urmare, pentru rezolvarea acestei probleme, în demersul nostru științific am considerat necesar să pornim (în capitolul 1) de la precizarea locului optimizării mentenanței în cadrul etapelor procesului decizional și de la complexitatea acestui proces determinat de comportamentul factorului uman în războiul modern, precum și de la o lucrare de referință [70] în domeniul OMAL.

În capitolul 2, pe baza concluziilor desprinse din capitolul precedent, am analizat evoluția stării tehnice și de întreținere (STI) a autovehiculelor de luptă (AL) în contextul actualului SMAL, propunând un nou sistem care ar putea asigura OMAL în război.

Capitolul 3 abordează influența rezultatelor optimizării unor lucrări de mentenanță asupra viabilității AL, utilizându-se și metodele cercetării experimentale, pentru a pune în evidență variația probabilității de lovire a AL de către bombele aviației inamice în funcție de starea tehnică a AL. O atenție particulară a fost acordată determinării coeficientului de corecție a cadenței de tragere și celui al probabilității de lovire cu tunul de pe tanc în funcție de starea tehnică a lunetei înălțător și a stabilizatorului tunului de pe tanc.

În capitolul 4 se justifică necesitatea ca la calculul indicatorilor de fiabilitate, ai sistemului SALMEMACL să se ia în considerație toate defecțiunile indiferent de natura lor și se precizează clasificarea scoaterilor din starea de operativitate a AL care este necesară în teoria viabilității AL. Se analizează procesele de uzură și de scoatere din funcționare a sistemului "autovehicul de luptă - muniție - echipaj - mediu ambiant - combustibili - lubrifianți" (SALMEMACL). Se prezintă mulțimea AL scoase din starea de funcționare sub forma diagramei Venn - Euler.

De asemenea, în acest capitol se abordează teoria viabilității AL, se definește funcția de viabilitate și se prezintă ecuația lui Lanchester într-o formă modificată prin amendarea densității fluxului de lovituri reușite cu un coeficient de corecție datorat mentenanței care însumează erorile intervenite din cauza deficiențelor în OMAL.

Se menționează, de asemenea, relațiile de calcul a deteriorărilor produse de aviația inamicului, a numărului de AL deteriorate prin luptă și rulaj și se fac unele considerații privind teoria matematică a mentenanței AL în război.

Capitolul 5 are ca obiect prezentarea utilizării sistemelor de prelucrare automată a datelor în scopul stabilirii influenței optimizării mentenanței asupra viabilității AL.

Capitolul 6 este destinat concluziilor finale. Se evidențiază importanța abordării sistemice a SMAL în scopul OMAL și importanța folosirii tehnicii electronice de calcul pentru relevarea influenței optimizării mentenanței asupra viabilității AL folosind modelarea matematică. Se prezintă principalele concluzii reieșite din studiul teoretic și în urma desfășurării experimentărilor precum și principalele contribuții ale lucrării în problematica abordată.

Modelarea matematică și simularea pe calculatorul electronic au pus în evidență unul din indicatorii principali ai viabilității AL - numărul de mașini de luptă (AL) rămase în stare de funcționare în diferite momente ale pregătirii și ducerii luptei (operației).

Interpretarea valorii variabile (a acestui număr), în funcție de timp, ne-a permis să tragem concluzia că optimizarea mentenanței autovehiculelor de luptă acționează asupra creșterii viabilității acestora (AL) pe două direcții principale:

1. în pregătirea luptei ea conduce la creșterea valorii coeficientului de mentenanță care determină mărirea fluxului de lovituri reușite, nimicirea unui număr mai mare de mijloace de luptă ale inamicului și creșterea numărului de AL proprii rămase în stare de funcționare;

2. atât în pregătirea cât și în ducerea luptei (operației) ea realizează sporirea la maximum a numărului de AL în stare de funcționare, care conduce la creșterea raportului de forțe și prin intermediul ecuațiilor lui Lanchester conduce la scăderea pierderilor proprii și mărirea numărului de mașini de luptă în stare tehnică bună.

Anexele lucrării conțin valorile unor coeficienți, pierderile în tancuri (scoase din funcționare și/sau capturate) și numărul de tancuri existente și cele fabricate în cel de-al doilea război mondial, grafice, scheme logice și listingul programului pe calculator.

Consider lucrarea de față ca o primă încercare de fundamentare matematică a teoriei viabilității AL, a modelării matematice a influenței OMAL asupra VAL și de simulare pe computer a acestei influențe pe timpul pregătirii și ducerii luptei (operației).

Prezenta lucrare a fost realizată sub îndrumarea științifică permanentă a conducătorului științific, domnul general de divizie profesor doctor inginer Florinel Papuc, rector al Academiei Tehnice Militare, căruia îi adresez profunda mea recunoștință și cele mai alese sentimente pentru încrederea și ajutorul continuu și susținut acordat pe timpul elaborării acesteia.

Doresc să-i mulțumesc în mod deosebit domnului colonel doctor inginer Neculai Răduț căruia îi sunt profund recunoscător pentru îndrumarea competentă și permanentă de care m-am bucurat pe parcursul realizării acestei lucrări.

Mulțumesc domnului colonel profesor doctorand Nicolae Popescu pentru ajutorul acordat în elaborarea capitolului 5 și pentru sprijinul logistic.

Teza de doctorat a văzut lumina tiparului prin grija și amabilitatea domnului locotenent colonel ing. Macsuta Constantin și a doamnei Mateescu Constanța care a efectuat operațiunile de tehnoredactare.

1. STADIUL ACTUAL AL PROBLEMELOR CERCETATE

1.1 Considerații generale

Modelul de raționalitate bine cunoscut până nu demult este cel conform căruia omul își formulează limpede problema de rezolvat, în condiții de certitudine, identifică soluțiile posibile pe care le analizează amănunțit și apoi alege soluția cea mai bună în scopul atingerii obiectivului.

Optimizarea mentenanței autovehiculelor depinde de acțiunea unui număr mare de factori aleatori externi, a căror apariție este uneori greu de prevăzut și cu declanșarea unor procese complexe ale situațiilor de concurență sau de conflict care tind să îngreuneze sau chiar să nu permită îndeplinirea sarcinilor pe linia optimizării mentenanței în timp de război.

În aceste situații lipsesc deseori unele informații relevante pentru elaborarea deciziilor, ceea ce conduce la cunoașterea sau necunoașterea posibilităților de realizare a fiecăreia dintre stările mediului (naturii), modelul raționalității este incomplet și imperfect, iar comportamentul decidentului este, în realitate, diferit de acest model al raționalității (nu este rațional).

Recent, H.A. Simon (laureat al premiului NOBEL-1987) a elaborat TEORIA RAȚIONALITĂȚII LIMITATE (prin care a modificat radical acest model, în special problema abordării modului în care oamenii elaborează estimări ale realității și teorii explicative și iau decizii în condiții de risc și de incertitudine) care este întrutotul valabilă și pentru OMAL în război [10].

În conformitate cu această teorie, "omul nu este o ființă rațională", ci o "ființă care tinde spre raționalitate" și fiecare decident are propria sa logică decizională. Astfel, apare un alt model de raționalitate diferit de cel clasic, dar încă nu s-a elaborat o teorie coerentă a acestui model nou care să explice mecanismele raționalității și comportamentului uman în condiții de informare limitată, respectiv de risc și de incertitudine; modelul poate fi aplicat în conducerea și optimizarea SMAL.

Tema lucrării impune abordarea problemelor de optimizare a mentenanței autovehiculelor de luptă și de analiză a viabilității acestora în război prin prisma unui model de raționalitate (decizie) în condiții specifice de risc și incertitudine.

În lupta armată, acțiunile se desfășoară în ritm rapid, iar fluxul de informații a crescut și, datorită automatizării mijloacelor care asigură circulația lor se transmit uneori aproape instantaneu, iar alteori distorsionat și cu intermitență. Toate acestea și multe alte caracteristici ale luptei moderne au condus la complicarea procesului conducerii trupelor și sporirea gradului său de risc în adoptarea extrem de rapidă a deciziilor optime. În acest sens a apărut o anumită "criză" a conducerii mentenanței care constă în ascuțirea contradicției dintre rapiditatea desfășurării acțiunilor de luptă și necesitatea unei reacții rapide de răspuns exprimate prin luarea deciziilor de mentenanță și apoi execuția lor.

Această contradicție poate fi atenuată prin aplicarea cuceririlor științelor (inclusiv a celor "umaniste") care, înmănunchiate într-un sistem unitar de principii, tehnici,

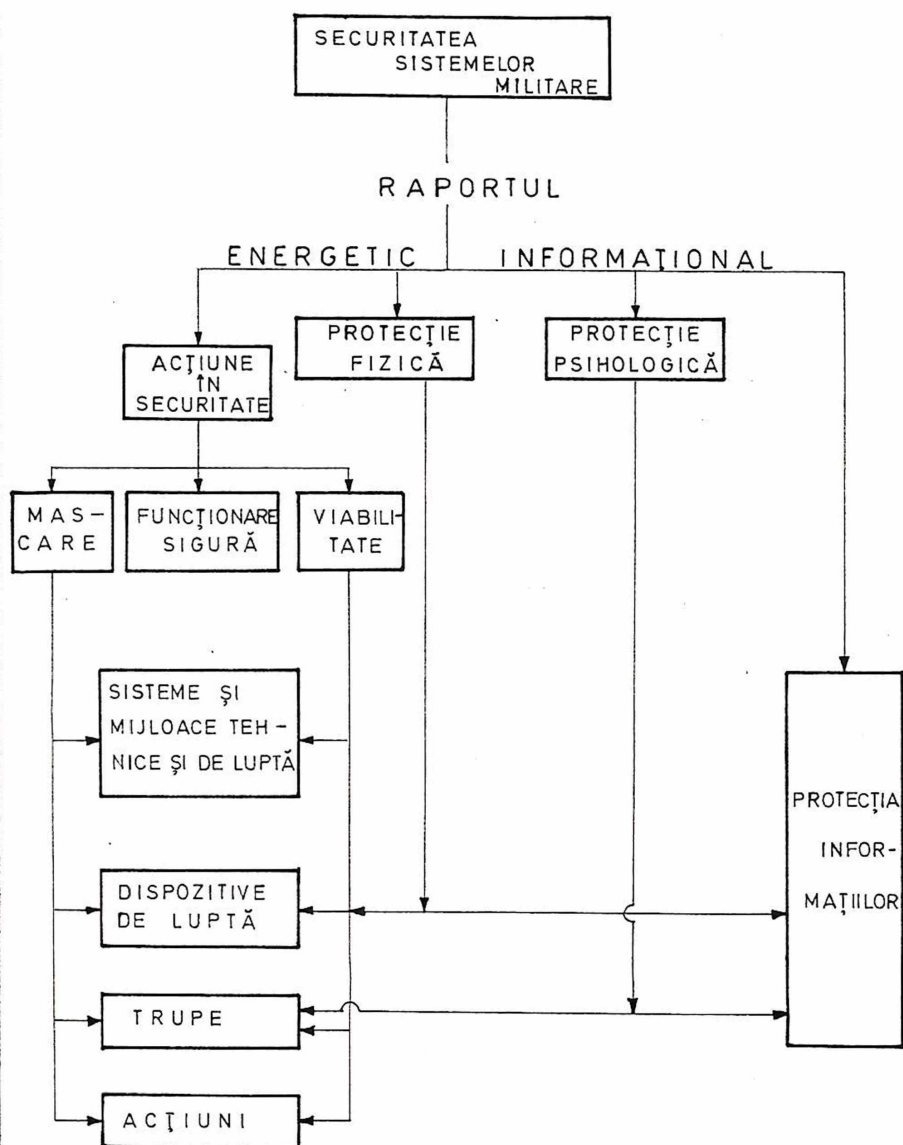
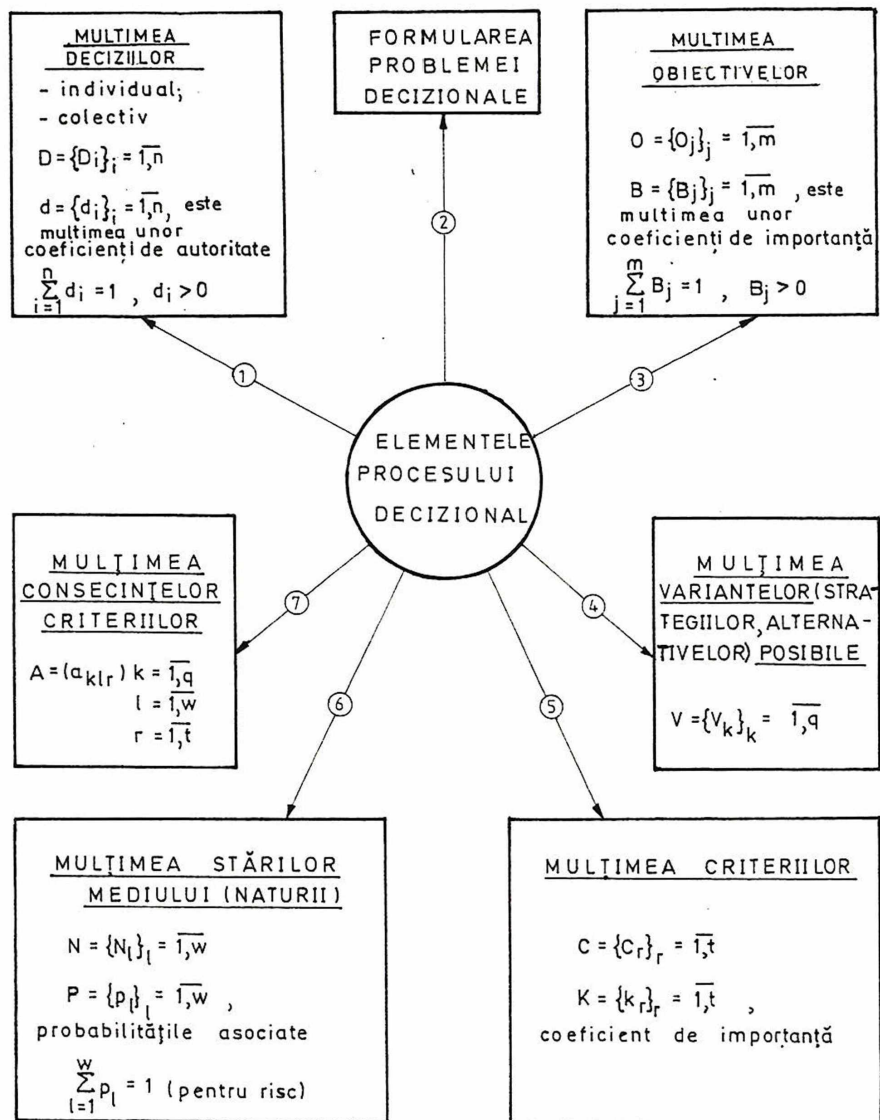


Fig.1.1 Latura energetică și informațională a unui sistem militar.

Fig.nr.12 STRUCTURA PROCESULUI DECIZIONAL din punct de vedere al elementelor, fazelor, etapelor și momentelor și rolurilor decidenților, care optimizează mentenanța A.L.



tehnologii, metode și procedee de lucru să permită elaborarea și transmiterea deciziei (hotărârii) optime și dispozițiilor tehnice într-un timp minim.

În analiza și asigurarea viabilității și securității SMAL, se consideră că este necesar să se pornească de la degradarea tehnicii de luptă și a măsurilor care se iau în condiții specificate anterior. Securitatea se diferențiază de viabilitate și fiabilitate prin modul în care percepe raportul energetic-informațional al sistemelor militare. Unii autori absolutizează latura energetică a acestui raport, iar alții pe cea informațională. Apreciem că raportul reprezintă o măsură a echilibrului în contradicția dintre cele două laturi puse în discuție și, în același timp, o măsură a aportului fiecăreia la îndeplinirea misiunii de luptă - și, în consecință, trebuie analizat ca o expresie a dinamismului și a mutației dinspre energetic spre informațional (fig. 1.1.).

În acest context, riscul și incertitudinea interacționează cu celelalte componente ale vieții militarilor din sistemele mari și determină existența unei mari diversități de procese decizionale, fiecare în parte fiind un unicat, astfel încât se poate afirma că "procesul decizional reprezintă un univers al diversității" [10]. În acest sens cunoașterea rolului și importanței informațiilor și a gradului de certitudine și de incertitudine a acestora constituie o necesitate obiectivă în desfășurarea luptei armate și a acțiunilor de mentenanță care reprezintă, în esență, succesiuni de procese decizionale (hotărâri) și de procese de luptă și acțiuni de mentenanță în care se impune cu stringență să se decidă nu numai în funcție de consecințele imediate ale variantelor și stărilor mediului (naturii), ci și de consecințele mai îndepărtate ale unui șir de decizii (hotărâri) viitoare.

Situația de risc, în domeniul OMAL, este aceea care permite mai multe variante de acțiune și alegerea unei soluții (unei acțiuni) nu garantează obținerea unui anumit rezultat. Orice variantă de acțiuni poate conduce la cel puțin două rezultate distincte și de aceea este necesar să se țină cont de probabilitatea cu care diferite consecințe pot surveni unei decizii luate.

Așadar, decizia în condiții de risc există numai în situația în care pot fi găsite mai multe răspunsuri în rezolvarea acțiunilor de mentenanță, astfel încât probabilitatea de producere a consecinței "c" condiționată de emergența răspunsului "r" este:

$$\text{Prob} (c/r) = (0,1)$$

$\text{Prob} (c/r) = 0$ sau 1 dacă decizia (pentru OMAL) se ia în condiții de certitudine.

Decizia, chiar și în domeniul mentenanței AL este acțiunea prin care se încearcă concretizarea, într-un sens convenabil, a viitorului [10]. În ultimele decenii, din studiile și lucrările de specialitate se desprind următoarele direcții de abordare a procesului de decizie: teoria statistică a deciziei; teoria utilității și teoria deciziilor de grup. De regulă, se consideră că un proces decizional este rațional dacă, utilizând o analiză logică a cunoștințelor, conduce la alegerea celei mai bune decizii, denumită decizie optimă.

Se consideră că managementul mentenanței autovehiculelor de luptă reprezintă ansamblul activităților, disciplinelor, metodelor și tehnicilor care înglobează sarcinile conducerii unității (MU), ca instrument prin intermediul căruia se adoptă decizii capabile să antreneze întregul colectiv al unității pentru a lucra mai eficient, în vederea realizării unor schimbări în starea tehnică și de întreținere a autovehiculelor menite să asigure unității (MU) în viitor un coeficient de stare tehnică (și operativitate) cât mai ridicat. Managementul mentenanței are două laturi esențiale care, deși teoretic pot fi situate și tratate separat, sunt practic inseparabile și nu pot fi despărțite una de alta. Este vorba de

conducerea mentenanței de către comandantul unității (MU), care conduce toate activitățile (inclusiv cele legate de mentenanță) și de conducerea nemijlocită a mentenanței de către locțiitorul său tehnic care conduce de fapt un subsistem din cadrul unității (MU) și anume SSMAŁ. Din cauza complexității elementelor procesului decizional (fig. 1.2), conducerea la nivelele superioare ierarhice (la MU) nu se mai poate realiza de către o singură persoană fiind necesară o conducere participantă, de către o echipă managerială.

În domeniul mentenanței procesul decizional este "un ansamblu de activități pe care le desfășoară un om (grup) confruntat cu un eveniment care generează mai multe variante de acțiune, obiectivul activității fiind alegerea unei variante" (din mulțimea variantelor care apar în fig. 1.2) care să conducă la OMAL prin intermediul sistemului de valori al aceluia om (grup) [10].

Structura procesului decizional din mai multe puncte de vedere (al elementelor, fazelor, etapelor, momentelor și rolurilor decidenților) este prezentată în figura nr. 1.2.

În studiile de specialitate sunt definite trei modele de decizie: decizia luată în condiții strict deterministe; decizia creată cu caracter probabilistic și decizia în condiții de incertitudine [10].

Ca în orice proces decizional și în procesul OMAL interacționează cel puțin doi factori primari: decidentul și mediul ambiant. Ținând seama de interferențele dintre cei doi factori se pot analiza condițiile de risc - incertitudine în corelație directă cu aceștia (factorul uman - riscul gândirii, cunoaștere limitată etc.; mediul ambiant - riscul și incertitudinea generate de acest mediu). Calitatea deciziilor în MAL este influențată de mai mulți factori și anume: factori cunoscuți (F_c) printre care se numără informațiile, restricțiile și influențe: factori de incertitudine și de risc (F_{ir}) determinați de mediul ambiant, valoarea factorului uman (V), motivarea deciziei (M), responsabilitatea decidentului (R), cunoștințele și experiența decidentului (C) și capacitatea de adaptabilitate (Q). Astfel, decizia (prin care se OMAL) este o funcție de forma:

$$D = f [F_c, F_{ir}]; (V, M, R)]$$

$$v = \varphi (C, Q)$$

Factorii F_c și F_{ir} sunt determinați de mediul ambiant, iar V, M și R sunt în corelație directă cu factorul uman (cuprinzând și caracteristicile de risc și incertitudine determinate de comportamentul decidentului). De asemenea, calitatea deciziilor și OMAL sunt influențate și de gradul de precizie în care se folosesc metode de calcul, precum și de nivelul de pregătire și experiența comandantului și locțiitorului său tehnic.

Se cunosc două tipuri de decizii prin care se OMAL în condiții de risc și incertitudine: decizii incerte și decizii de risc [10].

Deciziile incerte se iau atunci când: nu există informații privind probabilitățile de realizare a stărilor mediului (naturii); variabilele aleatoare sunt în foarte puține cazuri controlabile; caracteristicile variabilelor sunt cunoscute, dar nu în suficientă măsură; evoluția variabilelor se poate anticipa cu aproximație; obiectivul propus se poate realiza, dar există dubii asupra modalităților decizionale.

Deciziile de risc sunt caracterizate de următorii factori: pe lângă variabilele controlabile există și un număr apreciabil de variabile incontroleabile; caracteristicile variabilelor sunt insuficient cunoscute; câteva dintre stările mediului (naturii) au probabilități de realizare

între 0% și 100%; este dificil de anticipat evoluția variabilelor; se poate realiza obiectivul propus doar cu probabilitate scăzută.

În același timp este necesar să se ia în considerație faptul că prezumția de risc și incertitudine există și în tipurile de decizii clasificate după alte criterii (figura nr. 1.3), ceea ce complică și mai mult modalitatea de OMAL.

Noțiunea de risc, în general, înseamnă probabilitatea de a înfrunta o situație neprevăzută sau de a suferi o pierdere. Prin aceasta se înțelege, de fapt, o situație de angajare într-o activitate nesigură sau periculoasă fără a avea posibilitatea de a putea dimensiona pericolul sau șansa de succes, așa cum se întâmplă adesea în lupta armată. Odată cu acceptarea ideii de risc decidentul trebuie să acționeze cu prudență, să dea eficiență activităților, inclusiv celor de optimizare a mentenanței și să aibă siguranța că probabilitatea producerii pierderilor este redusă la minimum.

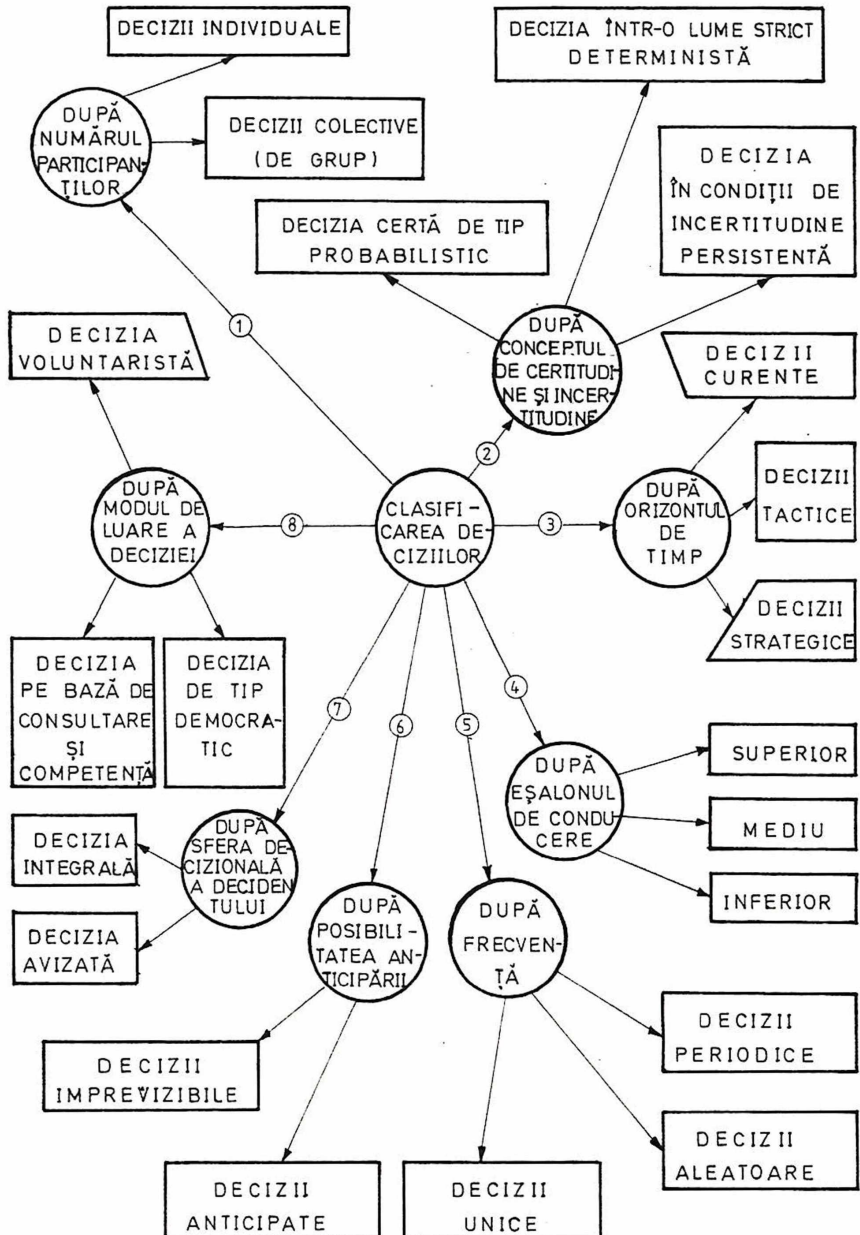
Se cunoaște că mărimea probabilității Prob (c/r) are proprietatea de a influența probabilitatea Prob (r/s) de apariție a răspunsului r într-o situație s. Aceasta înseamnă că pe o axă a timpului, ordinea evenimentelor este următoarea: $s \rightarrow r \rightarrow c$ ceea ce sugerează existența unui mecanism feed-before cu rol de influențare a viitorului asupra prezentului. S-a observat de multă vreme că aleatorul generează nesiguranța consecințelor alegerii noastre și, prin urmare, riscul. Probabilitatea este o caracteristică obiectivă a evenimentelor, fenomenelor și proceselor militare (inclusiv cele de mentenanță) și ține de structura stohastică și multinivelară a sistemelor militare, însă în situațiile cu informații incomplete, determinantă în alegerea variantei optime de decizie este nu starea reală, ci imaginea pe care comandantul (locțiitorul său tehnic) și-a format-o asupra ei, cunoscută sub denumirea de mulțime (starea) de informație în care se află el, și care cuprinde valorile percepute (utilitățile) și probabilitățile subiective asociate valorilor. Aici termenul de "subiectiv" este asociat noțiunii de probabilitate nu în sensul de "mental", ci în sensul de "deformat", ca opus al celui de "adevărat" (obiectiv). De aceea, pentru OMAL, adoptăm ipoteza că se poate măsura într-adevăr această probabilitate, pentru a se folosi în calcule atât adevărata probabilitate (obiectivă) a evenimentelor, cât și cea estimată de către decident. Astfel se poate stabili distanța dintre ele (abaterea) prin produsul celor două probabilități: $P_{ob} \times P_{sub}$. În practica militară există cazuri în care nu se pot determina valorile ambelor probabilități.

Probabilitățile subiective pot fi exprimate prin extrapolarea unor concluzii elaborate în cadrul unui proces de învățare din trecut și de aceea în prezenta lucrare se dau unele exemple și date culese din război. Pe baza estimării probabilităților de producere a diferitelor evenimente sau stări, precum și a consecințelor acestora, există probabilitatea de a aprecia rezultatele potențiale ale diferitelor decizii și, pe termen lung, se pot adopta anumite politici și strategii, prin succesiuni de astfel de decizii, îndeosebi în situațiile în care actualizarea informațională se produce rapid.

Deciziile în condiții de risc se adoptă întotdeauna pe baza unor ipoteze privind rezultatele potențiale pentru fiecare variantă decizională în parte și în funcție de preferința decidentului pentru aceste rezultate. În domeniul militar, ca și în domeniul economic, se poate considera o funcție de toleranță (dependentă de consumul minim și gradul de risc) care poate fi determinată de limitele riscului operațional asumat (bazat pe perceperea intuitivă a situației) $\delta_r = R_M - R_m$

Fig. 1.3 TIPURI DE DECIZII

15



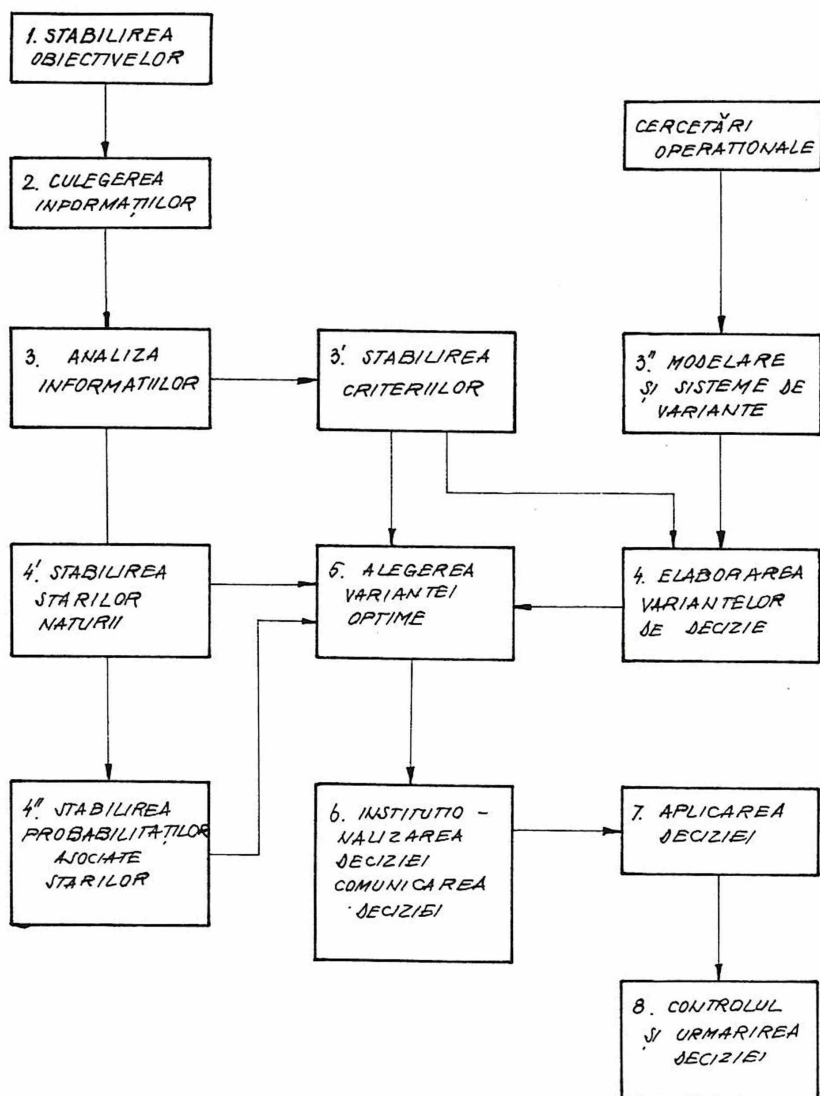


Fig.1.4 Etapele procesului decizional în condiții de risc și incertitudine.

(R_M fiind valoarea maximă de risc, iar R_m - valoarea minimă de risc) pentru oricare ar fi $t \in T$, oricare $R \in [R_m, R_M]$ și în care comportarea se caracterizează prin cea mai mare variație a riscului operațional asumat ($R_M - R_m$).

Noțiunea de risc în luarea deciziilor de mentenanță în război are încă un caracter confuz și este exclusiv asociat proceselor de formalizare a gândirii pentru tratarea situațiilor militare (conflictuale).

Noțiunii de risc trebuie să i se asocieze un instrument matematic (estimator) util atât pentru analiza desfășurării procesului militar sau procesului de mentenanță, cât și pentru identificarea acelor acțiuni care să ne conducă la realizarea obiectivelor urmărite [10]. Acest estimator trebuie să permită și măsurarea capacității de a modela comportamentul decidenților și propriile acțiuni, ținând seama de reacțiile mediului ambiant.

Prin urmare, sintagma de "risc operațional" poate fi definită în funcție de măsura în care decidentul ține seama de acțiunea contrară a factorilor interni și externi ce pot influența procesul de aplicare a deciziei. Această definiție o completează pe cea potrivit căreia riscul este diferența dintre eficacitatea variantei optime (U^x) și eficacitatea variantei alese (U_i).

Procesul OMAL trece prin mai multe faze generale sau etape (figura 1.4) care sunt următoarele: formularea problemei; formularea situațiilor posibile, evaluarea și ierarhizarea acestora; selectarea soluției optime (decizia propriu-zisă) și faza postdecizională (acțiunea).

Fiecare fază se caracterizează printr-o anumită incertitudine deoarece în procesul decizional, din cadrul SMAL, omul se confruntă nu cu o singură incertitudine ci cu mai multe. Astfel, incertitudinea din faza întâi se referă la formularea problemei și constă în întrebarea dacă problema respectivă este corectă, este reală sau falsă? dacă este importantă sau oportună?

În faza a doua incertitudinea se referă la mulțimea soluțiilor posibile de MAL (sunt formulate toate soluțiile posibile sau mai sunt și altele? care ar putea fi acestea?).

În faza a treia există incertitudinea cu privire la valoarea soluțiilor (care sunt aspectele cele mai importante la stabilirea criteriilor de evaluare? s-au determinat cu precizie consecințele fiecărei soluții de MAL?).

Incertitudinea fazei decizionale propriu-zise se referă la întrebarea: care este soluția cea mai bună? (care este soluția de OMAL?).

În teoriile normative ale deciziei se consideră că singurul mod rațional de decizie indiferent de gradul de incertitudine este cel descris de modelul analitic însă aceasta impune exigențe ce nu pot fi satisfăcute. De aceea ulterior s-au format două strategii distincte ce pot fi aplicate de comandanți (locuitorii lor tehnici): strategia optimalității tendenționale și strategia satisfăcătorului.

Strategia optimalității tendenționale a MAL reprezintă un model analitic care se caracterizează prin încercarea de a integra toate cunoștințele existente (cunoscute de decident) într-un proces decizional coerent care să ducă la identificarea celei mai bune

soluții (optime) de MAL, cu unele modificări pentru aplicabilitatea în condiții de incertitudine. Se fac apoi o serie de prezumții, asumate ca incertitudine, asupra unor evenimente, consecințe, cunoștințe și informații și asupra relațiilor dintre cunoștințe. În acest fel se creează o imagine cognitivă al cărei caracter ipotetic este asumat. Pentru a utiliza metodele deciziei certe se impune să se facă presupuziții despre probabilitatea unor

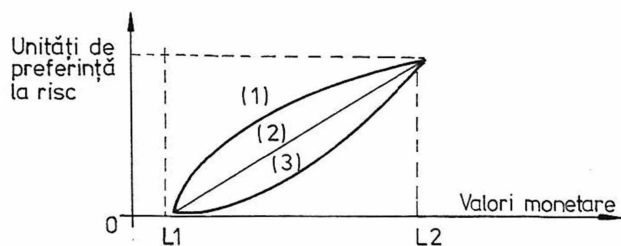


Fig.1.5. Graficul curbelor de preferință la risc
 Curba1-corespunde managerilor conservatori,
 care iau un minim de risc;
 Curba2-corespunde oamenilor indiferenți la risc
 Curba3-corespunde decidenților care își asumă riscul

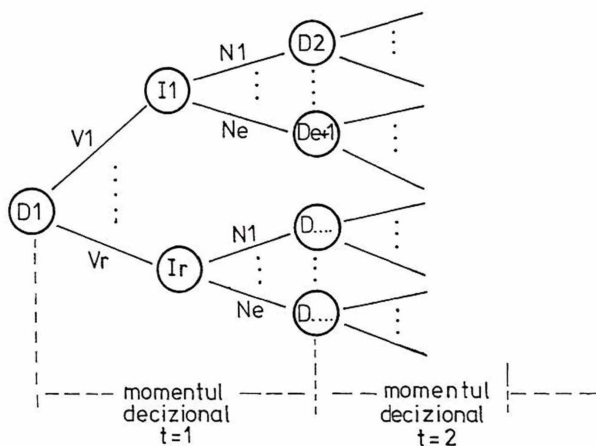


Fig.1.6. Reprezentarea grafică a unui arbore decizional.

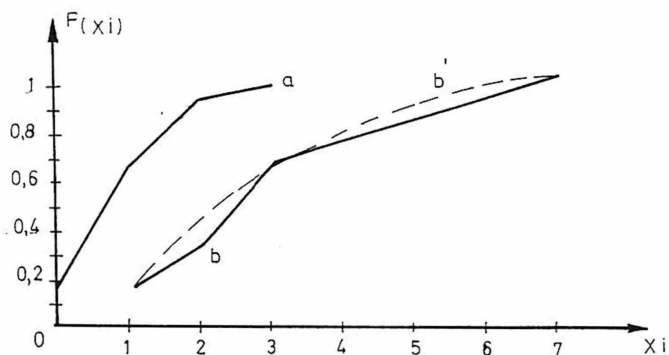


Fig 1.7 Histograma frecvențelor cumulate

a – pentru lupta de aparare ; b pentru lupta ofensivă
b – curba teoretica trasata printre punctele curbei b

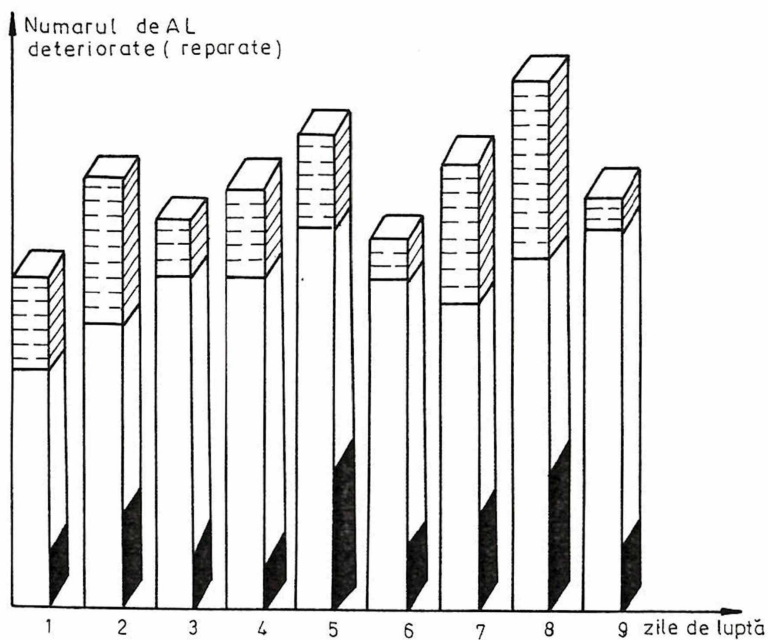


Fig 1.8 Numarul de A.L. deteriorate (reparații) zilnic

LEGENDA

-  Autovehicule care s-au deteriorat in ziua respectiva
-  Autovehicule rămase nereparate
-  Autovehicule reparate in ziua respectiva

evenimente și consecințe și să se aleagă prioritățile. La imaginea creată se aplică modelele calculului rațional și apoi se asumă caracterul incert al deciziei [10].

Este posibil ca acceptând alte estimări analiza logică a decidentului să ducă la alte concluzii. Așadar aplicarea în acest caz a metodelor analitice nu duce întotdeauna la identificarea soluției optime nici în sens obiectiv (cea mai bună soluție posibilă în mod absolut), nici în sens subiectiv (cea mai bună soluție formulată la nivelul cunoștințelor existente), ci asigură doar o optimalitate tendențială și nu efectivă. Astfel, metodele analitice orientează și ajută la identificarea soluției optime, dar rezultatele rămân mereu incerte, nu din cauza calculului rațional propiu-zis, ci datorită prezumțiilor pe care acesta se întemeiază. Datorită incertitudinii apare caracterul deschis, revizibil, al deciziei adoptate la un moment dat, pe baza noilor informații și cunoștințe acumulate ulterior.

Nu trebuie uitat că și în cazul OMAL, procesul decizional are caracter iterativ, ciclic, datorită reconsiderărilor pe baza informațiilor primite mereu. În SMAL, în acest sens se tinde spre optimizarea deciziei și optimalitatea este realizată tendențial, prin reconsiderări succesive. În consecință locțiitorul tehnic este conștient că din cauza caracterului incomplet al cunoașterii (gradului de informare), fiecare secvență decizională se finalizează printr-o decizie riguros rațională, dar incertă datorită informațiilor puține și nesigure.

Cazul clasic al unui asemenea model de decizie, în condiții de incertitudine, îl reprezintă analiza operațională, (cercetarea operațională) dezvoltată în timpul și după cel de-al doilea război mondial, pentru deciziile de ordin militar.

Alegerea soluției optime, nu satisface întotdeauna exigențele optimizării mentenanței AL datorită simplificărilor pe care le adoptă orice model. În consecință se urmărește înlocuirea căutării unui optim riguros matematic, cu găsirea unei familii de soluții acceptabile din care locțiitorul tehnic al comandantului poate alege pe cea mai avantajoasă pe baza unor criterii.

Deoarece între consecințe și stările mediului (naturii) există o relație de la efect la cauză se apreciază că există anumite cauze care generează apariția uneia sau alteia dintre stările mediului. În acest context, stările naturii apar ele însele ca niște consecințe ale unor situații ce nu pot fi influențate de comandanți și locțiitorii tehnici ai acestora.

În război, decizia de optimizare a mentenanței adoptată la un moment dat, poate veni în contradicție cu cea fundamentată în procesul decizional rațional, din cauza intrării în competiție a unor motive de ordin subiectiv. Și de aceea, în continuare, vom analiza câteva probleme referitoare la "preferințele la risc" ale factorilor de decizie.

Pentru înțelegerea mecanismului de stabilire a valorii criteriilor de apreciere și cum se poate "optimiza" funcționarea lui prin modificarea valorilor unor parametri, este necesar să fie analizate categoriile de curbe de preferință. Comportamentul decidentului în funcție de preferință poate inversa opțiunile, ceea ce poate duce la consecințe foarte grave cu urmări nefaste pentru unitate (MU).

Astfel, fiecărui militar participant la procesul decizional îi corespunde o curbă de preferință proprie. Aceste curbe de preferință se clasifică în trei mari categorii clasice [10], după cum se poate observa în figura 1.5.

Rezolvarea din punct de vedere al acțiunilor de mentenanță a problemelor decizionale în condiții de risc, este în fond o operație elementară de maximizare a valorii medii a utilității. Metodele și tehnicile de fundamentare decizională în condiții de risc fac uz de estimări în loc de valori certe, de probabilități subiective, pentru aprecierea unor

premise sau consecințe decizionale. Spre deosebire de probabilitatea definită statistic sau cea definită axiomatic, probabilitatea subiectivă este rezultatul unei estimări subiective, deși păstrează unele proporții axiomatice. Înaintea luării deciziei se impune un anumit grad de cunoaștere sau de estimare prin aprecierea valorii producției de mentenanță din punct de vedere economic. Informațiile se pot obține de către decidenți pe diverse căi; dar gradul de încredere pentru concluziile pe baza acestor căi are valoarea, sub 1 (100%).

Algoritmul activităților pentru fundamentarea deciziilor de optimizare a mentenanței în condiții de risc este următorul :

- definirea completă și corectă a problemei care se realizează greu datorită lipsei unor informații;
- stabilirea alternativelor de acțiune și a caracteristicilor lor;
- stabilirea tuturor evenimentelor care pot conduce la decizia corespunzătoare fiecărei alternative;
- stabilirea stărilor mediului (naturii) și a probabilităților de realizare asociate;
- evaluarea consecințelor la finele fiecărui șir de evenimente;
- estimarea probabilităților de atingere a fiecăruia din rezultatele potențiale;
- analiza clasamentului în mulțimea alternativelor de acțiune, clasament elaborat printr-o metodă adecvată de analiză mono sau multicriterială;
- analiza finală globală și luarea deciziei. Acest algoritm ajută la identificarea evenimentelor potențiale cu cea mai mare influență asupra rezultatelor aplicării fiecărei variante decizionale. În activitatea practică, ținând seama de multitudinea factorilor ce acționează în fenomenele militare și economice, acest procedeu devine și mai complex, mai ales când avem succesiuni de activități decizionale.

Interpretând algoritmul, putem desprinde elementele modelului de risc, care sunt:

- mulțimea criteriilor de decizie : $C = \{ C_1, C_2, \dots, C_t \}$ Fiecărui criteriu i se asociază un coeficient de importanță k_r , astfel încât $\sum_{r=1}^t k_r = 1$;
- mulțimea stărilor mediului (naturii) $N = \{ N_1, \dots, N_w \}$. Fiecărei stări a naturii asociindu-i-se probabilitatea de realizare p_1 astfel încât:

$$\sum_{l=1}^w P_l = 1$$

În scopul optimizării mentenanței AL, probabilitățile trebuie determinate statistic și nu estimate în mod subiectiv. Când probabilitățile se evaluează în mod subiectiv, crește influența preferințelor la risc a decidenților.

- mulțimea variantelor posibile : $V = \{ V_1, \dots, V_q \}$.

Fiecărei variante V_k , ($k = \overline{1, q}$), îi corespunde un anumit nivel care este consecința variantei k pentru criteriul r și starea naturii l .

Toate elementele precizate se pot scrie sintetic cu ajutorul unor tabele (matrici).

Succesiunile decizionale ce au loc în cadrul procesului de mentenanță pot fi modelate cu ajutorul unui arborescent, numit ARBORE DE DECIZIE, care are în nodurile sale variante decizionale (figura 1.6).

Fiecare arbore decizional, ce reprezintă schematic elementele succesiunii decizionale, grupate pe momente decizionale ($t = \overline{1, n}$) cuprinde noduri decizionale

(D...) și noduri de incertitudine (i...) încheindu-se cu nodurile finale (obiectivele de îndeplinit - evacuări, reparații, întrețineri tehnice etc.) Fiecare traseu cuprins între două noduri decizionale ale aceleiași moment decizional reprezintă un proces decizional. Pentru rezolvarea succesiunilor de probleme decizionale, arborele se parcurge de la sfârșit spre început, astfel că procesul decizional se desfășoară începând cu momentul decizional ($t = n$), trecând apoi la $T = n - 1...$ și așa mai departe până la momentul inițial.

Influența OMAL asupra VAL poate fi evidențiată pe baza sistemului de ecuații [22], [65] care exprimă evoluția luptei forțelor proprii F_1 cu forțele adversarului F_2 când se cunoaște eficacitatea E_1 și respectiv E_2 :

$$\begin{cases} \frac{dF_1}{dt} = -E_1 F_1 F_2 \\ \frac{dF_2}{dt} = -E_2 F_1 F_2 \end{cases} \quad (1.1)$$

Sistemul (1.1) exprimă sintetic evoluția probabilă în timp a pierderilor AL proprii și forțelor și mijloacelor inamicului angajat în lupta cu autovehiculele noastre de luptă. El reprezintă cazul în care operativitatea t în conducere este similară. În ipoteza că eficacitățile acestor forțe sunt egale ($E_1 = E_2$) evoluția pierderilor AL și mijloacelor antiblindate ale inamicului ar fi de asemenea similară [22], [65]. În scopul evidențierii influenței operativității conducerii trupelor se pot folosi perioadele de timp t_1 și t_2 care au semnificația întârzierii în conducerea trupelor. Dacă motivele întârzierii în conducerea forțelor inamicului t_2 ne interesează mai puțin, termenul t_1 poate releva aportul adus de OMAL asupra micșorării acestei perioade de timp. În această idee perioada de timp t_1 se poate exprima în funcție de timpul consumat de comandant și statul major (t_{lc}) și timpul consumat de serviciul tehnic și cel corespunzător efectuării lucrărilor de mentenanță (t_{lm}) astfel:

$$t_1 = t_{lc} + t_{lm}$$

În acest caz influența activității de conducere a mentenanței asupra viabilității AL se poate exprima prin sistemul:

$$\begin{cases} \frac{dF_1}{dt} = -E_1 F_1(t + t_2) F_2(t) \\ \frac{dF_2}{dt} = -E_2 F_1(t) \cdot F_2(t + t_{lc} + t_{lm}) \end{cases} \quad (1.2)$$

în care $t_{lc} + t_{lm}$ exprimă întârzierile cu care intervin trupele proprii asupra inamicului, iar t_2 reprezintă operativitatea conducerii forțelor inamicului.

Sistemul de ecuații (1.2) exprimă evoluția luptei dintre cele două părți în ipoteza precizată în [22] :

$$\begin{cases} F_1(t + t_2) = F_1(t) + t_2 F_1(t) \\ F_2(t + t_1) = F_2(t) + t_1 F_2(t) \end{cases} \quad (1.3)$$

După transformările prezentate în [22] din sistemele (1.2) și (1.3) de ecuații rezultă expresia raportului de forțe R :

$$R = \frac{E_1 F_2 (1 - a_2)}{E_2 F_1 (1 - a_1)}$$

în care a_1 și a_2 sunt pierderile relative la un moment dat în AL proprii, respectiv în mijloacele antiblindate ale inamicului.

Când operativitatea în conducerea și efectuarea lucrărilor de mentenanță este apropiată de valoarea optimă rezultă un timp t_{lm} minim (optim) pe care-l notăm t_{lo} și în această situație rezultă timpul total:

$$t_{lmin} = t_{lc} + t_{lo}$$

Corespunzător acestei situații apare posibilitatea ca $t_{lmin} < t_2$ și rezultă că pierderile în AL a_1 sunt mai mici decât cele ale inamicului (a_2): $a_1 < a_2$, ceea ce înseamnă că a sporit viabilitatea autovehiculelor noastre de luptă. q.e.d. Astfel se poate pune în evidență influența OMAL (calității conducerii mentenanței) asupra VAL.

Sensul în care se pune problema reducerii timpului t_{lm} până la valoarea t_{lo} (valoare optimă) se poate evidenția prin intermediul duratei ciclului de conducere a MAL (T_{MAL}) care este unul dintre cei mai importanți indicatori pentru eficiența conducerii MAL și acțiunilor de mentenanță [22]:

$$T_{MAL} = T_e \left\{ 1 + (1 - n) \left[\frac{T_i + T_d(1-m) \frac{T_d}{T_i}}{T_e} \right] \right\} \quad (1.4)$$

în care:

T_i, T_d, T_e - timpii necesari pentru procesele informaționale, decizionale și pentru luarea măsurilor de execuție a acțiunilor de mentenanță;

m - coeficientul ce exprimă îmbinarea proceselor informaționale cu cele decizionale pentru MAL;

n - coeficient care exprimă suprapunerea parțială a proceselor informațional - decizional cu cel de execuție a lucrărilor de MAL.

Din această relație (1.4) rezultă că prin reducerea duratelor $T_i; T_d$ și T_e și prin realizarea unor activități de conducere simultane (pe verticală și pe orizontală) se poate reduce substanțial ciclul de conducere a MAL și obține o eficiență sporită a AL în lupta cu mijloacele inamicului și în ultimă instanță se asigură o VAL mult superioară. În acest scop major trebuie să se acționeze prin măsuri de ordin organizatoric, prin folosirea mijloacelor electronice de calcul și unui sistem de transmisiuni modernizat.

Problema în discuție presupune și o înaltă pregătire a tuturor cadrelor (de comandă și tehnice), formarea și sudarea comandamentelor de U (MU), a serviciilor tehnice, a conducerii USFAT, abordarea unitară (sistemică), integrată a luptei armate și MAL, ca un tot unitar, sistemic, o anumită disciplină a muncii serviciilor tehnice și USFAT, specifică activității de conducere, elaborarea unor criterii și a unui sistem de apreciere a eficienței conducerii MAL (SMAL).

1.2 Producerea deteriorărilor autovehiculelor de luptă ca proces

Poisson

Numărul tancurilor deteriorate ca urmare a focului inamic este de peste cinci ori mai mare decât cel produs de uzura normală [70]. S-a demonstrat [70] că, într-o operație, focul inamicului este singura cauză de scoatere din funcționare a tancurilor cu nevoi de

reparații medii (RM) și capitale (RK) pentru motivul că acestea nu mai ajung să-și îndeplinească norma de parcurs pentru introducerea în RM sau RK, fiind lovite de inamic.

În literatura de specialitate [70] se precizează că numărul de tancuri care sunt deteriorate în operație (luptă) la orice eșalon este o variabilă aleatoare X . Dacă " T_L " reprezintă durata îndeplinirii unei misiuni, care se împarte în " n " intervale egale de timp, iar " X_i " - numărul de tancuri ce se deteriorează într-un interval de timp " i ", se pot stabili ușor frecvențele absolute " n_i " care ne arată de câte ori a apărut valoarea " X_i " în cele " n " intervale. Frecvența relativă se calculează conform relației cunoscute: $f_i = n_i / n$.

Dacă se consideră frecvențele relative f_i ca niște probabilități de pondere a deteriorărilor, atunci variabila aleatoare, care definește numărul de tancuri scoase din funcționare de acțiunile inamicului, este o serie statistică de forma:

$$X^* = \begin{pmatrix} X_1, X_2, X_3, \dots, X_k \\ f_1, f_2, f_3, \dots, f_k \end{pmatrix}$$

în care $f_i \geq 0$; $i = 1, 2, 3, \dots, K$; $\sum_{i=1}^k f_i = 1$

Legea de repartiție a variabilei aleatoare X^* rezultă din șirul frecvențelor cumulate și anume:

$$F(X_i) = \sum f_i; i = 1, 2, 3, \dots, k$$

Poligonul frecvențelor cumulate reprezintă legea de variație empirică a variabilei aleatoare X_i , care se compară cu una din legile de repartiție teoretică prin apelarea la un test corespunzător de verificare. Folosind testul PEARSON (ipoteza H_0) s-a demonstrat [70] că variabila aleatoare care estimează numărul de tancuri deteriorate pe timpul unei lupte (operații) are o repartiție POISSON (o lege POISSON de repartiție teoretică). Reprezentarea grafică a legii empirice de repartiție a numărului de tancuri deteriorate în intervalul de timp " T " este prezentată prin histograma frecvențelor cumulate (figura 1.7). Alura nesimetrică a curbelor din figura 1.7 sugerează o repartiție POISSON.

1.3 Estimarea fondului global de autovehicule de luptă deteriorate în operație (luptă)

Totalitatea autovehiculelor, de o anumită categorie " j ", deteriorate în operație (luptă), la un eșalon oarecare, constituie "fondul global de deteriorări" (N_G). Această sintagmă conține noțiunea de "global" pentru a se înțelege că se referă atât la deteriorările provocate de uzura normală (N_U), cât și la cele cauzate de acțiunile distructive ale inamicului (N_L).

$$N_{Gj} = N_{Uj} + N_{Lj}$$

Din figura 1.8 reiese că fondul global de deteriorări, este alcătuit din numărul de autovehicule rămase nereparate plus cele care s-au deteriorat și este variabil în funcție de timp.

Estimarea fondului de autovehicule defectate din cauza uzurii (N_U) se face în funcție de consumul global de motoresurse (C_{gm}), valoarea ciclului de reparații (C_R)

pentru categoria respectivă(j) de autovehicul, precum și numărul de RC și RM prevăzute a se executa într-un ciclu, conform relației:

$$N_{Uij} = C_{gmj} * n_{Rij} / C_{Rj}$$

sau

$$N_{Ui} = C_{gm} * n_{Ri} / C_R$$

în care: "n_{Ri}" este numărul de reparații de o anumită categorie "i"; dintr-un ciclu de reparații "C_R" (pentru RC i = 1; pentru RM i = 2; iar pentru RK i = 3). Valorile pentru C_R și n_{Ri} sunt date în tabelul nr. 1.1, în care se specifică și numărul de Km (D_C) parcursi de fiecare AL între două RC.

D. 57 Tc. a participat la Revoluția din decembrie 1989, în lunile decembrie și ianuarie, cu tancuri moderne, pentru care D_C este de 1.000 Km. (nr. crt. 1 și 2 din tabelul 1.1). Din documentele de exploatare reiese că la 20 decembrie 1989 cele 89 tancuri parcurseră în total (C_{gm}) 109 Km. și, ca urmare a rulajului, s-au defectat un număr de 22 tancuri. Până la 10 ianuarie 1990 au mai fost aduse și alte tancuri, astfel că numărul lor a ajuns la 138. Ele au parcurs (C_{gm}) 17750 Km. și au suferit un număr de 56 defectiuni, ceea ce înseamnă că între două RC tancurile au parcurs mai puțin de 1.000 Km.

Tabelul 1.1

Periodicitatea medie a ciclurilor de reparații ale AL
și numărul de RC și RM dintr-un ciclu

Nr. crt.	Categoria și marca	C _R (Km)	Norma până la n _{Ri} /C _R			
			RC (D _C)	RM (D _m)	n _{R1}	n _{R2}
1	Tanc T-55; TR-77	7.000	1.000	3.500	5*	1
2	Tanc TR-85	8.000	1.000	4.000	6	1
3	Tanc T-34; Atu T-100; T-76	5.400	500	1.800	8*	2
4	Atu T-152	3.300	500	1.100	3*	2
5	MLI-84	10.000	500	5.000	18	1
6	MLVM	5.400	500	1.800	8*	2
7	Tractor T-34	4.200	500	1.400	5*	2
8	Tractoare blindate de evacuare VT-55; TER-85	5.000	1.000	2.500	3*	1
9	BTR-50PU; TAR-76; AT-L; ATS-712; ATS-59	10.000	2.000	5.000	3*	1
10	Tractor AT-t	8.500	2.000	4.250	2*	1
11	TABC (BRDM); TAB-71; TAB-77	45.000	5.000	15.000	6	2
12	Tractor TERA	33.000	5.000	11.000	4*	2

Considerăm că valorile pentru numărul de reparații însemnate cu * nu sunt corecte deoarece trebuie să existe o legătură între normele în Km. până la RC și RM și aceste valori. Calculul se poate efectua grafic, luându-se un segment de dreaptă (0, C_R) la o anumită scară și trasând câte un semn pentru fiecare RM și apoi pentru fiecare RC. Numărul maxim de RC până la prima reparație trebuie să satisfacă relația:

$$[\max (RC)] * D_C < D_m$$

Pe această bază se poate calcula apoi n_{R1} cu ajutorul relației:

$$n_{R1} = [\max (RC)] * (n_{R2} + 1)$$

Aşa, de exemplu, pentru tancurile de la nr. curent 1 din tabelul 1.1 se determină valoarea pentru max. (RC) conform figurii nr. 1.9 Cu 1, 2 şi 3 s-au numerotat numărul de RC în ordinea în care se vor executa.

Pentru acest exemplu $[\max (RC)] \cdot Dc = 3 \cdot 1.000 < 3.500$ şi $n_{R1} = [\max (RC)] \cdot (n_{R2} + 1) = 3 \cdot 2 = 6$ şi nu 5 aşa cum este prezentat în tabelul nr. 1.1.

Din figura nr. 1.10 rezultă că valoarea maximă pentru distanţa medie parcursă între defectări este de 700 Km [86] pentru autovehiculele de luptă pe şenile americane ceea ce sugerează că normele până la RC (Dc) a tancurilor T-55, TR-85 şi TR-77 (1.000 Km) din tabelul nr. 1.1 sunt exagerate şi ar trebui revăzute.

Acţionând în direcţia reducerii numărului de defecţiuni produse la Km, prin eliminarea elementelor slabe, MTBF la tancul american M 60 A2 a crescut de la 40 Km la 400 Km [80].

În România, în urma experimentărilor din anul 1991, a rezultat un rulaj mediu între două căderi (defecţiuni) de aproximativ 20 Km la tancurile TR-85 şi 180 Km la TR-77, 16 Km la MLI-84, 200 Km la MLVM, iar la tractoarele de artilerie TMA-83 şi TAR-67 cca. 150 Km [7]. Ca urmare, Consiliul de înzestrare a hotărât luarea măsurilor corespunzătoare pentru executarea unor tancuri modernizate şi fiabilizate care să atingă un rulaj mediu între două căderi de cel puţin 200 Km [7].

În concluzie, normele până la reparaţia curentă din tabelul nr. 1.1 [97] trebuie într-adevăr corectate (micşorate în mod corespunzător).

Consumul global probabil de motoresurse pentru o categorie de autovehicule se poate determina cu relaţia:

$$C_{gm} = B * C_{sm} \quad (1.5)$$

în care: "B" reprezintă numărul de autovehicule în stare de funcţionare, iar " C_{sm} " este consumul specific probabil de motoresurse (pentru un autovehicul de o anumită categorie "j"). Numărul de RM (N_{U2}) şi RK (N_{U3}) se vor lua în consideraţie numai atunci când din situaţia rezervei de motoresurse, rezultă că există autovehicule care, pe timpul îndeplinirii misiunii îşi vor consuma întreaga rezervă de motoresurse (motokilometri).

Consumul specific de motoresurse se poate determina cu relaţia cunoscută:

$$C_{sm} = D_M K_M + D_L K_L \quad (1.6)$$

în care:

D_M este distanţa parcursă prin marş, în Km;

K_M este coeficientul de corecţie a distanţei de marş (tabelul nr. 1 din anexa 1) [72, 96].

D_L este adâncimea misiunii de luptă, în Km (pentru lupta de apărare se consideră un consum mediu zilnic de 20 - 30 Km pentru autovehiculele pe şenile şi 50 - 100 Km. pentru cele pe roţi, iar la MU 100 - 150 Km.);

K_L este coeficientul de manevră pe timpul luptei (valorile sale sunt trecute în anexa nr. 1) [72, 96].

Estimarea fondului de autovehicule deteriorate din cauza loviturilor inamicului se face cu relaţia din [96]:

$$N_{Li} = p * B * z * K_i; \quad i = 1...4, z \in N^* \quad (1.7)$$

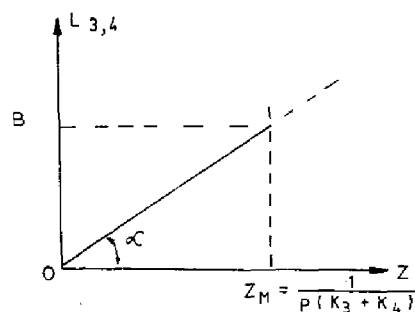


Fig. 1.11 Variația numărului autovehiculelor de luptă nerecuperabile și al celor cu nevoi de reparații capitale ($L_{3,4}$) în funcție de zilele de luptă (z)

$$L_{3,4} = p \cdot B \cdot (K_3 + K_4) \cdot z.$$

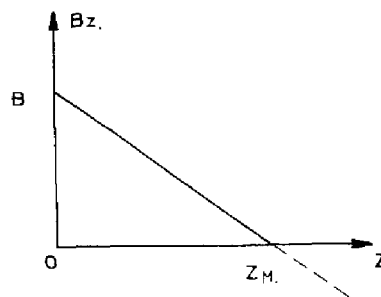
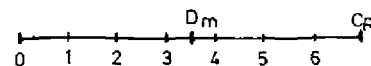


Fig. 1.12 Numărul de autovehicule de luptă (B) care mai rămân în stare de funcționare în situația în care în fiecare zi de luptă se repară toate autovehiculele cu nevoi de Rp. C. și Rp. M. ($L_1 + L_2$).



Fig. 1.13 Rata defectărilor (numărul de defectări la Km. par-curs.)



Scara 1:100.000.000 (1cm=1000 Km)

Fig.19. - Determinarea numărului de RC dintr-un ciclu de reparații (CR) pentru tancul T-55.

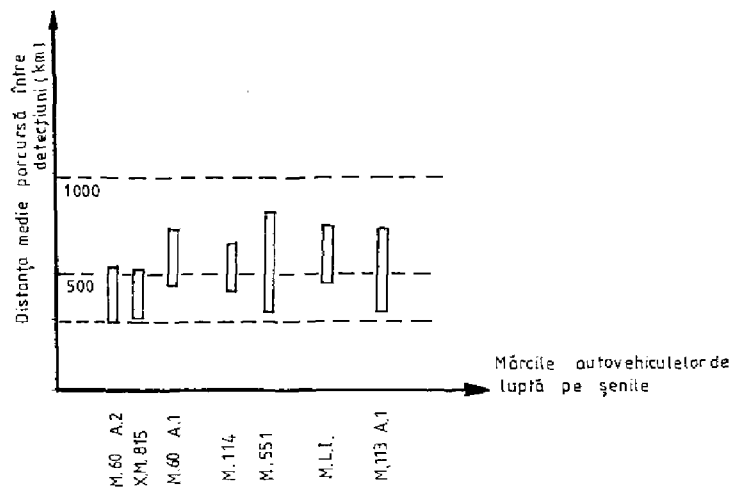


Fig.1.10. - Distanța medie parcursă între defecțiuni la autovehiculele de luptă pe șenile (tancuri,

în care: "p" este coeficientul de deteriorări probabile din cauza luptei (operației); "z" - perioada de timp în zile; "K_i" - coeficientul de repartitie a deteriorărilor probabile pe categorii de reparații (pentru autovehiculele nerecuperabile i = 4);

evident
$$\sum_{i=1}^4 K_i = 1$$

Valorile coeficienților "p" și "K_i" pentru autovehiculele de luptă sunt date în anexa nr. 1 [72, 96]. În procesul de exploatare, autovehiculele sunt supuse unor eforturi diferite pe timpul rulajului și din această cauză parcursul efectiv nu oglindește gradul real de solicitare și de uzură a acestora. De aceea pentru calcularea numărului, categoriilor și volumului lucrărilor de întreținere tehnice și reparații, precum și consumului de piese de schimb, materiale și carburanți - lubrifianți, se folosește parcursul echivalent.

Pentru a verifica exactitatea datelor din tabelul 3 (anexa nr. 1) vom face apel la datele statistice obținute pe timpul operațiilor ofensive ale AAI sovietice în cel de-al doilea război mondial (anexa nr. 2); valorile coeficientului p sunt trecute în coloana 9 din anexa nr. 2. În această anexă s-a realizat și un tabel în care s-au redat frecvența și procentul p pe baza căruia s-au construit histograma și curba de variație a valorilor frecvenței în funcție de p. Din grafic și din calculul lui m (anexa nr.2) rezultă că valoarea medie a lui p este 10,9% sau 0,109 și că p = 0,1 - 0,12 și nu 0,12 - 0,14 cum se prezintă în anexa nr. 1. Pentru a calcula coeficientul K_A se egalează valoarea din anexa nr. 2 cu cea din anexa nr. 1:

$$0,1 = 1,2 K_A \text{ și rezultă}$$

$$K_A = 0,08 \text{ (3); deci o valoare mai mică decât cea din anexa nr. 1.}$$

Pentru autovehiculele de luptă la care motoarele funcționează fără ca autovehiculul să se deplaseze, timpul de funcționare se evidențiază în ore și se transformă în kilometri echivalenți conform precizărilor din anexa nr. 3 [98].

Deși în literatura militară [98] se dă definiția parcursului echivalent (P_e) și se explică amănunțit modul de calculare al acestuia numai pentru automobile, totuși nu se face nici o referire la modalitatea de calcul pentru autovehiculele de luptă cu toate că acestea sunt supuse la eforturi mai mari în câmpul de luptă. De aceea, considerăm că în relația (1.6) distanțele D_M și D_L trebuie exprimate în kilometri echivalenți și nu în kilometri efectivi, așa cum în mod inexact se precizează în prezent în manuale și memoratoare [72, 96].

Folosind relația (1.7) se poate calcula numărul autovehiculelor de luptă nerecuperabile și al celor cu nevoi de reparații capitale care, conform aprecierii specialiștilor militari [72, 93], se scad din evidența contabilă a unității respective și se predau la eșalonul superior. Rezultă că numărul celor rămase în unitate (M.U.) se diminuează zilnic, iar pentru un anumit număr de zile de luptă acesta este:

$$N_{L,3,4} = p * B * z (K_3 + K_4), Z \in N \quad (1.8)$$

În coordonate carteziane (Z, N_L) această funcție (1.8) se reprezintă ca o semidreaptă care trece prin origine (fig. 1.11) și care are panta (unghiul α) dată de relația:

$$\operatorname{tg} \alpha = p(K_3 + K_4)$$

În situația în care în fiecare zi de luptă se repară toate autovehiculele cu nevoi de RC și RM ($N_{L1} + N_{L2}$), numărul (B_z) al celor care rămân în unitate după "Z" zile de luptă este dat de relația:

$$B_z = B - p \cdot B \cdot z (K_3 + K_4), \quad z \in N \quad (1.9)$$

unde N reprezintă mulțimea numerelor naturale, $N = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$

În scopul aflării după câte zile de luptă unitatea rămâne fără autovehicule, în relația (1.9) se consideră $B_z = 0$ și rezultă că:

$$Z_M = 1/[p \cdot (K_3 + K_4)] \quad (1.10)$$

Semidreapta din ecuația (1.9) se reprezintă grafic ca în figura nr. 1.12, în care se observă că pentru:

$$Z > \frac{1}{p(K_3 + K_4)} \quad (1.11)$$

ea nu mai are sens deoarece ar însemna că pierderile să fie mai mari decât numărul de autovehicule (B) pe care le-a avut unitatea (fig. 1.11) sau, altfel spus, ar însemna ca după un număr mai mare de zile de luptă decât valoarea dată de relația (1.10), numărul de autovehicule să fie negativ (fig. 1.12) ceea ce este absurd. De aceea, opinăm că relația (1.7) trebuie completată astfel:

$$N_{Li} = p \cdot B \cdot z \cdot K_i; \quad i \in \{1, 2, 3, 4\}, \quad z \leq \frac{1}{p(K_3 + K_4)} \quad (1.12)$$

În situația analizată, dacă, spre exemplu, unitatea suferă zilnic 30% pierderi în autovehicule de luptă, dintre care 18% sunt cu nevoi de reparații capitale, iar 15% sunt nerecuperabile (tabelul nr. 4 din anexa nr. 1), atunci aplicând relația (1.10), rezultă că după zece zile unitatea rămâne fără nici un autovehicul de luptă. Așa, spre exemplu, R2CL (anexa nr.5) a mai rămas, după 36 zile de luptă, cu numai două tancuri în stare de funcționare, iar armata a 4-a de tancuri sovietică a mai rămas, în urma operațiilor ofensive și de apărare, cu numai 4 tancuri din cauza neoptimizării mentenanței tancurilor (AL).

1.4 Interacțiunea dintre mentenanța, mentenabilitatea, fiabilitatea, și disponibilitatea autovehiculelor de luptă

În perioada de exploatare, fiabilitatea autovehiculelor de luptă depinde de condițiile de folosire (exploatare) și mentenanță, precum și de buna organizare și desfășurare a colectării, analizei și feedback-ului informațiilor și datelor [80].

Dacă în scopul înlăturării influențelor datorate uzurilor se înlocuiesc preventiv elementele din compunerea autovehiculului de luptă, acesta fiind supus periodic la intervale de timp bine alese, la revizii, practic nu va îmbătrâni. Astfel, elementele nu vor avea răgazul să se uzeze, iar rata de defectare se va reduce și va reflecta numai fenomenul defecțiunilor accidentale (fig. 1.13 curbele e și d). Autovehiculul de luptă revizuit și

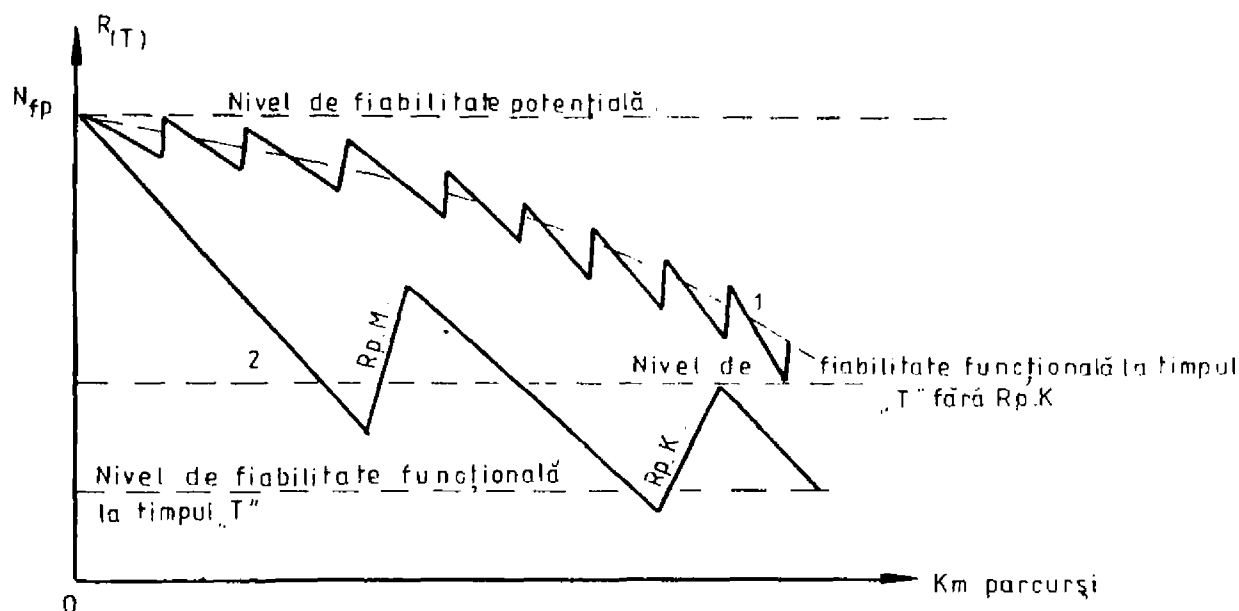


Fig.1.14 EVOLUTIA NIVELULUI DE FIABILITATE AL UNUI AUTOVEHICUL DE LUPĂ ÎN FUNCȚIE DE RULAJ

- 1-Deprecierea fiabilității în exploatare datorită uzurii în situația întreținerii tehnice periodice de calitate, la timp și în volum complet de lucrări ;
- 2-Deprecierea fiabilității datorită uzurii accelerate din cauza întreținerii tehnice necorespunzătoare, în situația în care produsul suferă reparații medii (Rp.M.) și capitale (Rp.K.)

Fig. 1.15 RELAȚII ÎNTRE DIFERITE CONCEPTE UTILIZATE

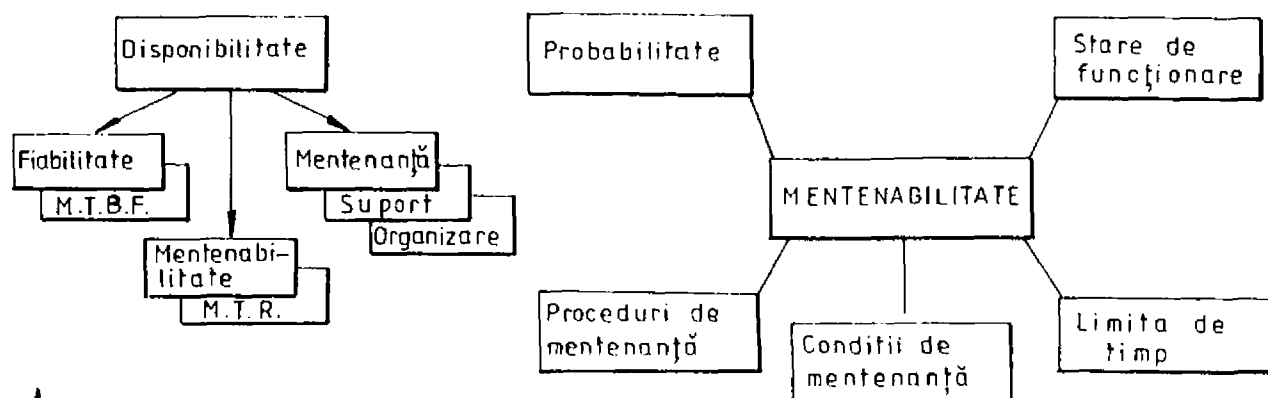


Fig 1.16 CONCEPTUL DE MENTABILITATE.

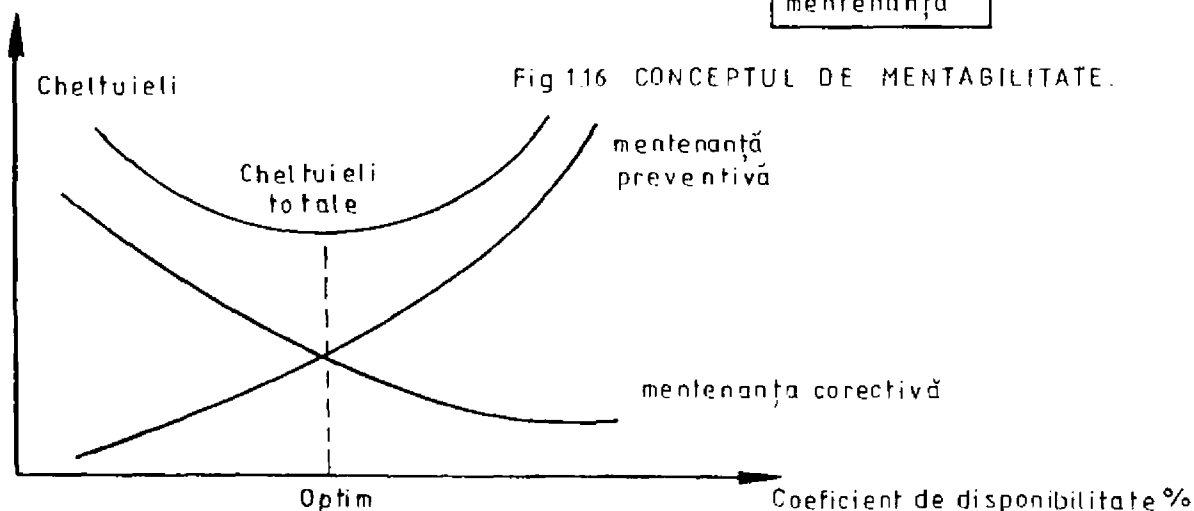


Fig.1.17 VARIAȚIA CHELTUIELILOR DE MENTENANȚĂ ÎN FUNCȚIE DE DISPONIBILITATE

reparat după plan poate fi considerat că se comportă la fel ca și unul nou, rodat, conform "proceselor fără memorie" [80] - În figura nr. 1.14 sunt redată evoluțiile nivelelor de fiabilitate ale unui autovehicul în două cazuri - cazul intervenției oportune pe linia excluderii defecțiunilor datorate uzurii (curba 1) și cazul 2 (cazul intervenției necorespunzătoare).

Potrivit caracteristicilor de destinație și condițiilor de exploatare, autovehiculele de luptă fac parte din clasa produselor de tehnică militară cu destinație tactic-operativă concretă, cu folosire multiplă, cu restabilire, întreținute și controlabile înainte de folosire. Ele se pot găsi, pe timp de război, în următoarele situații: păstrare (conservare de scurtă sau de lungă durată), așteptare, pregătire pentru folosire conform destinației, folosire, întreținere tehnică, reparație neplanificată, reparație planificată, transport, pregătirea pentru evacuare sau în procesul de evacuare [80].

Exprimată calitativ, fiabilitatea este aptitudinea unui sistem tehnic (AL) de a-și îndeplini funcția specificată, în condiții date (luând în considerare numai defecțiunile inerente) și de-a lungul unei durate date. Același concept (fiabilitatea) se poate defini și cantitativ ca fiind probabilitatea ca un produs tehnic să-și îndeplinească funcția specificată, în condiții date și de-a lungul unei durate date conform relației:

$$R(t) = \text{Prob} (t > T) \quad (1.13)$$

Această expresie se numește funcția de fiabilitate, unde $R(t)$ este probabilitatea de bună funcționare (fiabilitatea); " t " reprezintă timpul sau variabila de timp, iar " T " reprezintă limita specificată a duratei de bună funcționare.

Activitatea depusă în vederea menținerii sau restabilirii capacității de bună funcționare a autovehiculelor de luptă poartă denumirea de mentenanță, iar asigurarea bazei materiale a acțiunilor de mentenanță (piese de schimb, materiale, SDV-uri, documentație, personal calificat, etc.) se numește "suportul logistic de mentenanță" [80]. După opinia altor autori [6], mentenanța este ansamblul tuturor acțiunilor tehnico-organizatorice efectuate în scopul menținerii sau restabilirii unui sistem tehnic în starea de a-și îndeplini funcția specificată.

Mentenabilitatea reprezintă caracteristica sau aptitudinea unui sistem tehnic (AL), în condiții date de construcție și întreținere, de a fi ușor de întreținut, menținut în funcționare sau restabilit (reparat) în starea de a-și îndeplini funcția specificată, atunci când mentenanța se efectuează în condiții precizate de documentație (cu metode și remedii prescrise).

În literatura tehnică de specialitate [6], conceptul de disponibilitate reprezintă aptitudinea unui sistem tehnic de a-și îndeplini funcția specificată, sub aspectele combinate de fiabilitate, mentenabilitate și de organizare a acțiunilor de mentenanță, la un moment dat sau într-un interval de timp specificat. La fel ca și fiabilitatea, disponibilitatea se poate exprima cantitativ cu ajutorul relației:

$$A(t) = \text{Prob} (t > T_r) \quad (1.14)$$

unde T_r este o limită dată pentru ca produsul să se afle în stare de restabilire (în stare bună de funcționare, la cerere).

Funcția de disponibilitate $A(t)$ se poate scrie sub forma:

$$A(t) = R(t) + F(t) * M(tr) \quad (1.15)$$

în care $M(tr)$ este funcția de mentenabilitate care, în cazul legii exponențiale, este dată de relația:

$$M(tr) = 1 - \exp \left[- \int_0^{tr} \mu_{(tr)} dtr \right] \quad (1.16)$$

unde $\mu_{(tr)}$ este rata (intensitatea) reparației, iar "tr" este timpul de restabilire (repunere în funcțiune).

Dacă timpii de funcționare cât și cei de restabilire au o distribuție exponențială se poate utiliza indicatorul denumit în literatura de specialitate [6, 55] coeficient de disponibilitate (A):

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTR} = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (1.17)$$

în care λ reprezintă rata defectărilor (căderilor).

Coeficientul de disponibilitate reprezintă proporția timpului de bună funcționare (activ) față de timpul total.

Pentru autovehiculele de luptă, disponibilitatea reprezintă o necesitate imperioasă, deoarece de ea depinde starea de operativitate a unităților (marilor unități).

Pentru autovehiculele de luptă se mai întrebuintează și coeficientul de disponibilitate operativă care reprezintă probabilitatea ca acestea, aflându-se în regim de așteptare, să fie capabile să funcționeze la un moment și, începând din acel moment, să funcționeze fără defectare pe întreg parcursul intervalului de timp ordonat, interval care reprezintă [80] durata medie a operației ofensive a unei armate de arme întrunite.

Valoarea disponibilității autovehiculelor de luptă existente se poate mări prin sporirea fiabilității, prin optimizarea mentenanței și prin utilizarea corectă a lor în război.

Relația dintre cele patru concepte (disponibilitate, fiabilitate, mentenanță și mentenabilitate) este redată în figura nr. 1.15. Conținutul conceptului de mentenabilitate este exprimat sugestiv în figura nr. 1.16 din care reiese că el este o însușire probabilă a sistemelor (AL) și se referă la perioada de exploatare și la modul de exploatare și menținere a acestuia în stare de funcționare, în strânsă legătură cu fiabilitatea.

În funcție de obiectivele urmărite, de categoria autovehiculelor de luptă, de intensitatea de defectare, de repartitia defecțiunilor și de criteriile de optimizare (de economicitate, de timp, etc.), în literatura de specialitate [80] se stabilesc trei tipuri de mentenanță: preventivă, corectivă și complexă.

Mentenanța preventivă, denumită și mentenanța planificată, se caracterizează prin înlocuirea sistematică a elementelor din compunerea produselor înainte de defectarea lor și executarea unor lucrări de întrețineri tehnice periodice planificate.

Mentenanța corectivă (la necesitate) constă în repunerea în stare de funcționare a sistemelor tehnice după ce acestea s-au defectat, prin executarea unor lucrări de reparații în funcție de necesitățile apărute.

Mentenanța complexă (combinată) se caracterizează prin aplicarea unor măsuri combinate, atât de mentenanță preventivă, cât și de mentenanță corectivă, în funcție de criteriile funcționale și economice stabilite de persoanele de decizie.

În activitatea practică s-a constatat că dacă cresc cheltuielile destinate mentenanței preventive se reduc în mod corespunzător cheltuielile aferente mentenanței corective și se diminuează pierderile provocate de imobilizarea autovehiculelor. Aceasta conduce, teoretic, la o disponibilitate maximă a autovehiculului, dar cu prețul unor cheltuieli exagerate de mentenanță preventivă. De aceea, se caută un echilibru, un optim economic, respectiv o disponibilitate optimă între mentenanța preventivă și cea corectivă, astfel încât cheltuielile totale de mentenanță să fie minime (fig. 1.17).

În practică se urmărește alegerea unui optim între duratele celor două tipuri de mentenanță (preventivă și corectivă), astfel încât autovehiculul să fie indisponibil o perioadă de timp cât mai mică, iar cheltuielile totale de mentenanță să fie cât mai reduse.

1.5. Optimizarea organizării și funcționării sistemelor tehnice de reparare a autovehiculelor de luptă în operație (luptă)

1.5.1. Estimarea posibilităților de evacuare și reparare a autovehiculelor de luptă deteriorate

Posibilitățile de evacuare se estimează în funcție de următorii parametri:

- numărul de tractoare de evacuare existente (E_T), viteza medie de evacuare (V_{EV}) în km/h, timpul de lucru al tractorului (t_l) într-o zi de operație;
- distanța medie de deplasare a tractorului (D_{EV}) în km. pentru evacuarea unui singur autovehicul;
- coeficientul (C_{EV}) de evacuare, care considerăm că reprezintă raportul dintre numărul autovehiculelor evacuate de alte autovehicule de luptă special destinate și fondul de autovehicule deteriorate (F_{EV}) care urmează să fie evacuate;
- numărul de zile pentru care se fac calculele (Z);
- coeficientul timpului efectiv de lucru al tractorului (K_l), care reprezintă raportul dintre durata deplasării tractorului și timpul total de lucru (t_l);

Cu aceste precizări relația de estimare a posibilităților de evacuare (POSEV) este următoarea [70, 86, 96]:

$$POSEV = \frac{V_{EV} \cdot E_T \cdot t_l \cdot Z \cdot K_l}{2 \cdot D_{EV} \cdot C_D \cdot (1 - C_{EV})} \quad (1.18)$$

unde: C_D este coeficientul de dificultate a cărui valoare este supraunitară și crește odată cu agravarea defecțiunilor sistemelor de direcție, frânare, propulsie și suspensie din cauza creșterii rezistențelor de rulare și micșorării vitezei de evacuare.

iar V_{EV} se poate calcula cu o expresie de forma:

$$V_{EV} = \frac{2V_1V_2}{V_1 + V_2} \quad (1.19)$$

în care V_1 reprezintă viteza medie de deplasare a tractorului fără remorcă; V_2 este viteza medie de deplasare în timpul tractării autovehiculului deteriorat.

Posibilitățile de evacuare (1.18) se vor compara cu fondul de evacuare F_{EV} exprimată de relația:

$$F_{EV} = F_R - R_O \quad (1.20)$$

unde: F_R reprezintă fondul de autovehicule cu nevoi de reparații, iar R_O - numărul de autovehicule care se poate repara pe loc, fără a mai fi nevoie de evacuări [70].

Considerăm că această relație trebuie scrisă sub forma $F_{EV} = F_R - R_O + F_{im}$ unde F_{im} reprezintă numărul de mașini de luptă care sunt imobilizate dar nu au nevoie de lucrări de reparații.

Fondul de autovehicule de luptă care se poate repara în 24 de ore de un anumit eșalon se apreciază cu relația [70]:

$$POSRP = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^m \sum_{r=1}^4 (posR_p)_{ijr} \quad (1.21)$$

în care: - $posR_p$ reprezintă numărul de autovehicule de categoria "j" cărora li se execută reparații de categoria "i" de către forțe și mijloace de reparații de gen "r" ($r = 1$ sunt organice, $r = 2$ sunt capacități fixe M.Ap.N., $r = 3$ sunt întăriri, iar $r = 4$ sunt din economia națională).

Gânditorii militari [70] apreciază că în scopul estimării gradului posibil de reparare a fondului de deteriorări (la un eșalon) se poate face apel la "indicatorul de reparare" (I_R) care reprezintă raportul:

$$I_R = \frac{POSRP}{F_R} \quad (1.22)$$

Valorile acestui indicator [70] sunt trecute în tabelul nr. 5 (din anexa nr. 1), din care rezultă că valorile teoretice sunt cu atât mai mari cu cât eșalonul este mai mare (deoarece are posibilități mai mari de reparare). Cu aproximație, pentru diferite eșaloane, rezultă următoarele valori: 20...40% la B.Tc.; 50...60% la R.Mc. și R.Tc.; 55...75% la D.Mc. și 65...80% la D.Tc.

Valorile reale ale indicatorului de reparare vor scade atunci când evacuările nu se execută oportun sau în situația în care se diminuează capacitatea de producție (posibilitățile de reparare) din cauza loviturilor inamicului. Valorile acestui indicator vor crește dacă eșalonul primește întăriri (sprijin) în subunități de reparații (evacuare). Valoarea indicatorului este mai mare pentru valorile mai mici ale probabilității "p" de deteriorare (tabelul nr. 5 din anexa 1).

1.5.2 Sisteme tehnice pentru repararea autovehiculelor de luptă deteriorate în lupta armată (S.T.R.AL)

Sistemul tehnic de reparare a autovehiculelor de luptă face parte din sistemul asigurării tehnice care, la rândul său, reprezintă un subsistem din compunerea eșalonului respectiv (armată, divizie, regiment, etc.). Toate acestea fac parte din clasa "sistemelor tehnice mari" ("sisteme mari") - sintagma care a apărut în ultimii 20 - 25 ani [5]. Studiul organizării și funcționării sistemelor constituie obiectul ingineriei sistemelor.

Oricare sistem tehnic de reparare (STRAL) se compune din următoarele elemente interconectate: organisme de conducere a asigurării tehnice; forțe și mijloace de evacuare; forțe și mijloace de reparare; formațiunile (depozitele) de aprovizionare pentru efectuarea reparațiilor; subsistemele de reparații ale eșaloanelor subordonate.

Potrivit teoriei sistemelor, orice sistem tehnic (STRAL), la orice eșalon, are o dublă natură și anume: 1) de sistem pentru eșaloanele subordonate și 2) de subsistem pentru eșalonul imediat superior.

Sistemul tehnic de reparare a autovehiculelor de luptă al unui eșalon are structura organizatorică [70] compusă din următoarele subsisteme: de conducere; de evacuare; de reparații; de aprovizionare; subsistemele de reparare ale eșaloanelor subordonate.

Structura organizatorică se mai poate exprima sintetic astfel: 1) subsistemul de conducere; 2) subsistemul informațional; 3) subsistemele de execuție (de evacuare, de reparații, de aprovizionare și cele de reparare ale eșaloanelor subordonate, [70].

Parametrii principali ai sistemului analizat [70] sunt următorii: mulțimea variabilelor de intrare (X), de ieșire (Y) și de stare (S).

Variabilele aleatoare de intrare sunt următoarele:

- 1) vectorul fondului de autovehicule deteriorate, cu nevoi de reparații (F_R) și de evacuat (F_{EV});
- 2) vectorul care exprimă cantitatea de piese și materiale primite (M_{psm});
- 3) vectorul care reprezintă utilajele, SDV și autoatelierele, M_{ut} ;
- 4) vectorul forței de muncă specializate (M_{fms}).

Mulțimea variabilelor aleatoare de intrare este:

$$X(t) = \{F_R, F_{EV}, M_{psm}, M_{ut}, M_{fms}\} \quad (1.23)$$

Variabilele de stare ale sistemului la un moment "t" sunt reprezentate de vectorii:

- 1) vectorul posibilităților de evacuare (POSEV);
- 2) vectorul posibilităților de reparații (POSRP);
- 3) vectorul gradului de asigurare cu piese și materiale (F_{psm});
- 4) vectorul personalului specializat (F_{PERS}).

Mulțimea variabilelor de stare se scrie:

$$S(t) = \{POSEV, POSRP, F_{psm}, F_{PERS}\} \quad (1.24)$$

Principalele variabile de ieșire sunt următoarele:

- 1) fondul de autovehicule reparate (F_{RP});
- 2) fondul de autovehicule deteriorate care se predă la eșaloanele superioare (F_{pr});
- 3) fondul de forțe și mijloace materiale consumate în sistem (F_{cons}).

De aici rezultă mulțimea Y a variabilelor de ieșire:

$$Y(t) = \{F_{RP}, F_{pr}, F_{cons}\} \quad (1.25)$$

Analiza și descrierea fiecărui subsistem o găsim în literatura militară de specialitate [70].

Cunoscând matricea parametrilor de stare $S(t)$ care caracterizează sistemul la un moment dat " t_i " și matricele parametrilor de intrare și de ieșire X , respectiv Y , se poate scrie:

$$Y = S(t) * X \quad (1.26)$$

iar pentru sistemele cibernetice:

$$Y = \frac{S * X}{(1 \pm R.S.)} \quad (1.27)$$

în care R reprezintă reacția sistemului.

Pentru aprecierea eficienței sistemului se definește funcția de eficiență (F_e) conform expresiei:

$$F_e = \frac{S(t_i) - S(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}} \quad (1.28)$$

În funcție de valorile matricelor de stare există următoarele categorii de sisteme tehnice:

- regresive, caracterizate de valori $S(t_i) < S(t_{i-1})$;
- statice, la care $S(t_i) = S(t_{i-1})$;
- în dezvoltare, dacă $S(t_i) > S(t_{i-1})$.

Din punct de vedere al problematicei prezentei lucrări sistemul tehnic pentru repararea AL (STRAL), prezentate în lucrarea [70], are unele limite în sensul că STRAL este elaborat numai pentru repararea tancurilor și nu pentru toate blindatele (AL) și nu abordează toate lucrările de mentenanță (spre exemplu - întreținerile tehnice nu sunt luate în considerație).

1.5.3 Optimizarea organizării și funcționării sistemelor tehnice de reparare

În scopul analizei unui număr cât mai mare de variante pentru care se calculează anumiți parametri ai sistemului (pentru estimarea pierderilor probabile, fondul de reparat, de predat, de evacuat, necesarul de tractoare, consum probabil de motoresurse și necesarul de aprovizionat), se programează aceste calcule pe tehnica electronică de vârf. Există programele "ASIG-1" și "ATBAT-1" [70] implementate pe sistemul electronic de calcul "FELIX C-256" în limbaj FORTRAN. Calculele sunt rezolvate de calculatorul electronic în 2...3 minute în comparație cu 10...15 ore-om, care reprezintă volumul de lucru manual. În consecință, rezolvarea automată a calculelor pe mijloace electronice permite analiza unui număr mare de variante și deci, alegerea celei optime în funcție de criteriile de performanță adoptate (realizarea unui număr maxim de evacuări și reparații, a unui consum global de motoresurse cât mai mic etc.). Folosirea programului necesită 11 cartele perforate cu datele de intrare stabilite de utilizator [70].

În sistemul tehnic de reparații analizat în subcapitolul 1.5.2 circulă două fluxuri (informațional și tehnologic) între care nu trebuie să existe decalaje. Pentru aceasta se optimizează corelațiile dintre cele două fluxuri prin intermediul modelelor matematice deterministe sau probabilistice [70]. În acest scop se calculează comentropiile subsistemelor (Com.):

$$Com = p \log_2 1/p + q \log_2 1/q \quad (1.29)$$

sau:

$$Com = \sum \left[p(W_i) \log_2 1/p(W_i) \log_2 1/q(W_i) \right] \quad (1.30)$$

în care:

- W_i este comportamentul sistemului la un moment dat;
- $p(W_i)$ reprezintă probabilitatea ca sistemul să fie în starea de comportament W_i
- $q(W_i) = 1 - p(W_i)$.

Unitatea de măsură a comentropiei este **bitul** (atunci când se lucrează cu logaritmi în bază 2) și **ditul** dacă se lucrează cu logaritmi în baza 10. Cu cât este mai ridicat gradul de organizare al sistemului cu atât este mai mică valoarea comentropiei.

Comentropia sistemului tehnic crește atunci când: nu se rezolvă oportun perturbațiile apărute, personalul are un grad scăzut de calificare, utilajele sunt uzate sau nu sunt în cantități corespunzătoare, nu sunt asigurate piese și materiale în cantități suficiente, nu se aplică metode moderne de lucru, etc.

Într-un sistem tehnic de reparare, comentropia totală este generată de elementele fizice ale variabilelor de stare ale sistemului și reprezintă o însumare a următoarelor comentropii: a subsistemului de conducere (C_c), a posibilităților de evacuare (C_E), a posibilităților de reparații (C_{RP}), a procesului de aprovizionare (C_A) și ale subsistemelor de reparații subordonate (C_s):

$$C_T = C_C + C_E + C_{RP} + C_A + C_S \quad (1.31)$$

În literatura de specialitate [70] sunt redați principalii factori care conduc la dezorganizarea subsistemelor, precum și modul de calcul a comentropiei acestora.

Comentropia elementară (relația 1.29) are valoarea zero pentru $p = 0$ și $p=1$, iar pentru $p=0,5$ are valoarea maximă (figura nr. 1.18).

Probabilitatea p are semnificația gradului de asigurare al unui subsistem cu elementele necesare funcționării normale a acestuia.

În anexele 2,3,4 și 5 se prezintă pierderile mari în tancuri și autotunuri provocate nu numai ca urmare a loviturilor inamicului ci și din cauza neasigurării psm pentru reparații și neoptimizării MAL ceea ce a condus la micșorarea continuă a raportului de forțe și a viabilității tancurilor.

1.5.4 Estimarea eficienței funcționării sistemelor tehnice de reparare a autovehiculelor de luptă

Prin eficiența unui sistem tehnic se înțelege gradul lui de adaptare în scopul realizării funcției pentru care a fost conceput [5].

În vederea estimării eficienței unui sistem e necesar să fie selectate variantele cele mai eficiente (din mulțimea variantelor posibile) care să îndeplinească următoarele condiții :

☞ să realizeze cele mai multe autovehicule de luptă reparate în perioada de timp stabilită și în condițiile concrete existente;

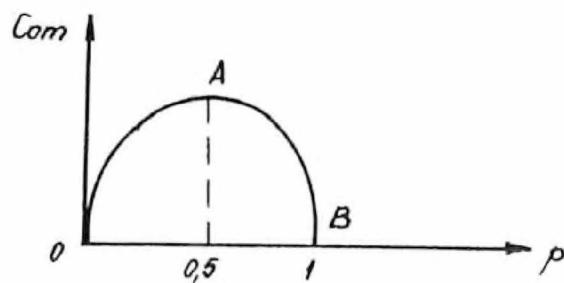


Fig. 1.23 Variația comentropiei elementore în funcție de probabilitatea (p).

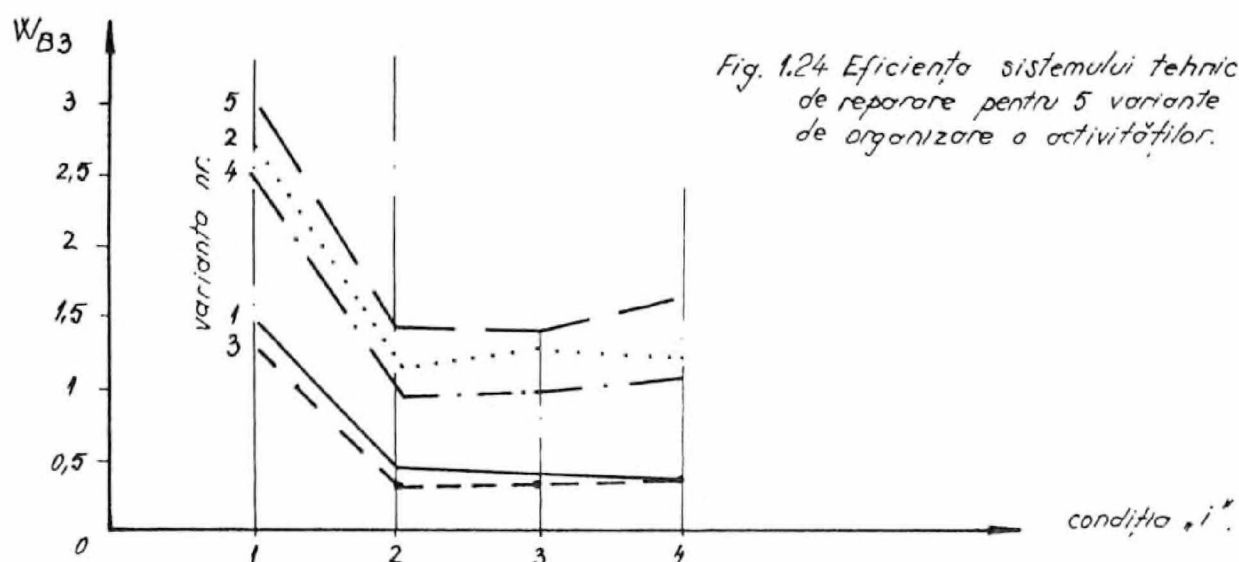


Fig. 1.24 Eficiența sistemului tehnic de reparare pentru 5 variante de organizare a activităților.

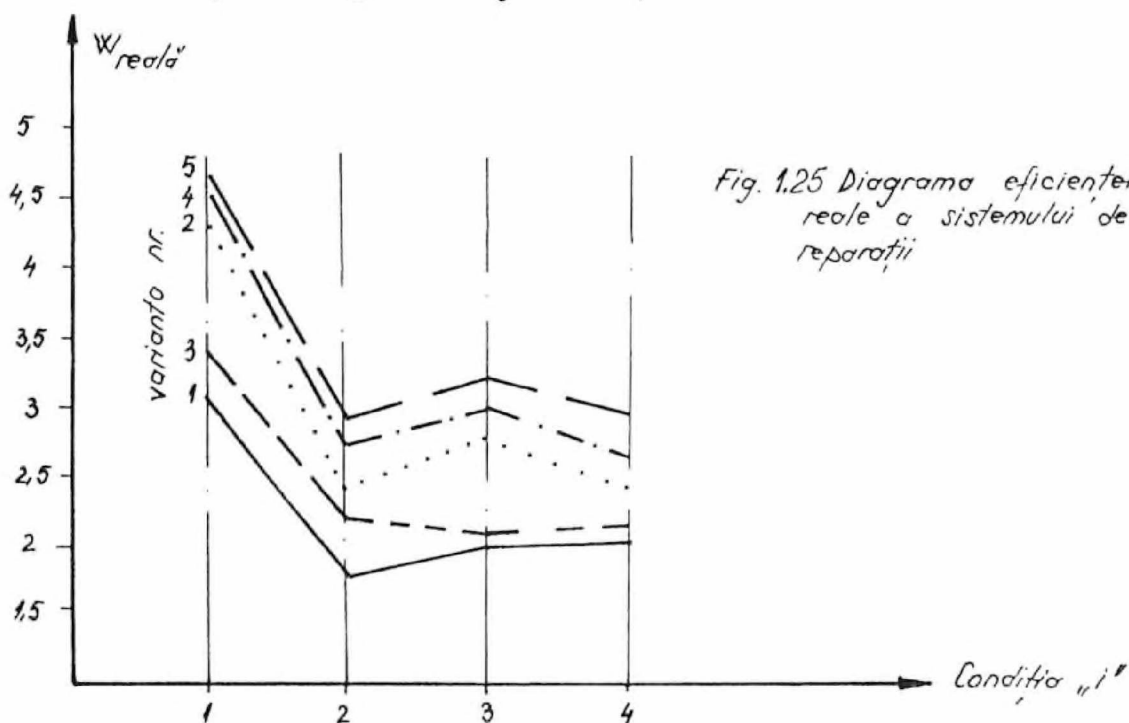


Fig. 1.25 Diagrama eficienței reale a sistemului de reparații

↳ să efectueze evacuarea tuturor autovehiculelor (care se repară în sistem și a celor care se predau la eșalonul superior) în timpul stabilit;

↳ valoarea rezultatelor funcționării sistemului să fie mai mare decât cea a cheltuielilor totale pentru crearea și funcționarea sistemului.

Eficiența unui sistem tehnic de reparare are două componente: eficiența tehnică și eficiența economică.

De asemenea, pentru estimarea eficienței se aleg parametrii care reflectă cel mai complet corespondența dintre sistem și destinația sa [5]. După cum se știe, rezultatul funcționării sistemului reprezintă o sumă a rezultatelor parțiale a subsistemelor componente.

Cei mai importanți parametrii care determină eficiența sistemului de reparare sunt: indicatorul absolut de recuperare prin reparații (I_{RA}) și indicatorul de evacuare (I_E) [70].

Primul este dat de relația:

$$I_{RA} = \frac{F_{RP}}{F_R} \quad (1.32)$$

unde F_{RP} - reprezintă numărul de autovehicule reparate în sistem.

Indicatorul de evacuare reprezintă raportul:

$$I_E = \frac{POSEV}{F_{EV}} \quad (1.33)$$

Indicatorul principal al sistemului este cel de recuperare, deoarece el este o funcție complexă:

$$I_{RA} = f(F_R, F_{EV}, POSEV, POSRP, F_{PERS}, F_{psm}) \quad (1.34)$$

În continuare, urmează etapa de căutare a valorilor parametrilor reglabili pentru aprecierea eficienței maxime a sistemului.

Dacă R_i , $i = 1, \dots, 4$ sunt patru parametri reglabili ($POSEV$, $POSRP$, F_{PERS} , F_{psm}), fiecare dintre ei are o limită de eficiență admisibilă, astfel încât:

$$(R_i)_{\min} < R_i < (R_i)_{\max} \quad (1.35)$$

Acest sistem de inegalități delimitează domeniul D care este m dimensional ($m = 4$).

Sistemul funcționează eficient numai dacă, prin procesul de reglare, se mențin parametrii de funcționare (punctul de funcționare) ai săi în interiorul domeniului D . Fiecărui punct din acest domeniu îi corespunde o anumită eficiență E . Numai unui singur punct (P_M) îi corespunde eficiența maximă. Acest punct va avea coordonatele $(R_i)_M$. În [5] se reprezintă câteva procedee de determinare a coordonatelor punctului P_M .

Evaluarea eficienței sistemelor tehnice de reparare [5] se efectuează după schema următoare:

- a) cazul A - evaluarea după un singur criteriu și o singură condiție;
- b) cazul B cunoaște trei variante:

1. - evaluarea după un singur criteriu și o gamă de condiții;
2. - evaluarea după mai multe criterii și o singură condiție;
3. - evaluarea după mai multe criterii și o gamă de condiții.

Pentru o misiune concretă se poate considera: F_{PERS} constant, iar F_{psm} având o valoare care să asigure complet procesele tehnologice de executare a reparațiilor. În această situație I_R depinde de numai două criterii: POSEV și POSRP.

Dacă, spre exemplu, se admite pentru timpul "t" de lucru dintr-o zi de operație valoarea minimă $t_m = 10$ ore și cea maximă $t_M = 15$ ore, iar din memoratoare [96] se aleg valorile pentru probabilitatea producerii deteriorărilor, minimă (p_m) și maximă (P_M) rezultă patru condiții posibile:

1. pentru t_m și p_m ; 2. pentru t_m și P_M ; 3. pentru t_M și p_m ; 4. pentru t_M și P_M . În [70] se analizează eficiența sistemului pentru cele patru cazuri și cele patru condiții.

Variantele de structură ale sistemului tehnic de reparare:

- pentru $j = 1$, se consideră că la subsistemele subordonate se execută reparații curente, iar la subsistemul de reparații propriu se efectuează reparații medii, folosindu-se numai forțele și mijloacele organice;

- pentru $j = 2$, la fel ca în varianta 1, cu deosebirea că în această situație se vor folosi întăriri (sau în sprijin);

- pentru $j = 3$, subsistemele subordonate execută întrețineri tehnice și reparații curente, iar în subsistemul de reparații propriu se execută restul de reparații curente și, în raport de posibilități și reparații medii (se întrebuintează numai forțele și mijloacele organice);

- pentru $j = 4$, ca în varianta 3 dar se vor mai întrebuinta și subunități de reparații primite de la eșalonul superior și din economia națională;

- pentru $j = 5$, forțele și mijloacele subsistemului propriu de reparații efectuează reparații direct în dispozitivele subsistemelor subordonate, eliminându-se evacuările autovehiculelor deteriorate.

Eficiența sistemului pentru toate condițiile "i" și pentru toate variantele "j" de structură a sistemului este dată de matricea:

$$W = \left\| W_{ij} \right\| \begin{matrix} i = 1, \dots, m \\ j = 1, \dots, n \end{matrix} \quad (1.36)$$

Valorile matricei W se transpun într-un sistem de axe rectangulare în care, pe axa absciselor se trec cele patru condiții (i), iar pe ordonată, valorile eficienței W (fig. 1.19), calculate pentru o mare unitate care, în 24 ore îndeplinește o misiune cu 200 tancuri ($D_{\text{EV}} = 15$ km; $V_{\text{EV}} = 7$ km/h; $C_{\text{EV}} = 0,2$ și $G_D = 1,5$). Pentru fiecare variantă de structură "j" s-au considerat că există 14; 23; 14; 23 și respectiv 23 tractoare blindate de evacuare [70].

Eficiența reală a sistemelor tehnice de reparații de unități sau de mari unități se estimează având în vedere următoarele aspecte: să se ia în calcul posibilitățile reale de reparații și să se refere numai la categoriile de deteriorări pentru care eșalonul analizat are competențe de reparații. În această idee indicatorul real de recuperare se va calcula cu relația:

$$I_{RR} = \sum_1^k \left(\frac{F_{RP}}{F_R} \right)_K \quad (1.37)$$

în care: - K reprezintă categoria de reparații care se va executa la un autovehicul deteriorat;

- F_{RP} reprezintă posibilitățile de reparații pentru care sistemul analizat are competență (reparații curente și medii la mari unități tactice, iar la cele operative și reparații capitale);

- F_R reprezintă fondul de autovehicule deteriorate cu nevoi de reparații pentru care eșalonul respectiv are competențe.

Pentru exemplul analizat anterior, eficiența sistemului, calculată în funcție de indicatorul real de recuperare, este relevată în figura 1.19.. Din acest grafic rezultă că cea mai bună variantă de structură este numărul 5; totuși este foarte bună și varianta numărul 4 de organizare a reparațiilor. Cea mai slabă organizare rezultă pentru varianta 1 și chiar 3 în care sistemul nu beneficiază de forțe și mijloace suplimentare primite de la eșalonul superior. De asemenea, din diagrama prezentată în figura numărul 1.19 se desprinde concluzia că este de preferat ca sistemul să funcționeze în condițiile pentru care $i = 1$ (atunci când pierderile sunt minime, iar timpul afectat pentru reparații este minim).

Eficiența sistemelor tehnice (SMAL) nu poate fi caracterizată în totalitate printr-un singur indicator, după un singur criteriu ci după mai multe criterii. Deoarece unele trebuie minimalizate, iar altele maximizate, de regulă condițiile sunt incompatibile. Astfel, soluția care conduce la maximizarea unui indicator, W_1 , nu realizează nici maximizarea și nici minimizarea celorlalți indicatori ($W_2, W_3, \dots$). De aceea este greșită exprimarea: "realizarea unui efect maxim cu cheltuieli minime" [5]. Se poate spune: realizarea unui efect dat cu cheltuieli minime sau "realizarea unui efect maxim cu cheltuieli prevăzute".

Analiza cantitativă a eficienței permite să se renunțe la variantele neraționale de soluții. În cazul a doi indicatori (costul C și eficiența W) ai funcționării unui STRAL sau SMAL este bine să se aleagă soluția pentru care W are valoarea maximă, iar costul este minim. Pentru aceasta fiecare variantă analizată (variantă a organizării SMAL sau STRAL) se reprezintă printr-un punct în sistemul de coordonate W și C (fig. 1.20). Din figura nr. 1.20 reiese că unele variante ale STRAL sau SMAL trebuie eliminate din cauza costurilor prea mari sau a eficienței prea scăzute.

Evident, sunt bune numai variantele care îndeplinesc condițiile de eficiență mare.

De aceea se unesc cu linie punctată variantele care sunt reprezentate prin puncte situate la limita din dreapta (punctele X_1, X_2, X_3 și X_4). Figura 1.20 relevă clar dificultatea alegerii variantei optime. Locuitorul tehnic al comandantului trebuie să decidă (iar comandantul să hotărască sau să aprobe) care este prețul plătit pentru creșterea maximă a eficienței sau cât acceptă să scadă eficiența pentru a se încadra la un anumit prag al cheltuielilor.

1.5.5 Simularea procesului de evacuare și reparare a autovehiculelor de luptă deteriorate în operații cu ajutorul sistemelor electronice de calcul

Analiza cu ajutorul simulării variantelor de structură, organizare și funcționare a sistemelor tehnice de reparare, precum și a deciziilor, permite (facilitează) obținerea

soluției optime sau, cel puțin, a unei soluții apropiate de cea optimă, deoarece timpul consumat se reduce foarte mult și astfel se pot studia o serie de variante în diferite condiții. Acestea sunt avantaje reale în analizarea unor sisteme și fenomene cum sunt acțiunile de luptă și operațiile care nu pot fi experimentate pe real. Chiar și aplicațiile cu trupe sunt mari consumatoare de timp, resurse și nici nu pot reproduce cu fidelitate toate condițiile luptei armate. De aceea metoda simulării pe tehnica electronică de calcul este eficientă și economică pentru studiul organizării reparațiilor în război. Această metodă permite analiza funcționării sistemului tehnic de reparare nu numai în starea inițială și în cea finală, dar și în stările lui de tranziție în următoarele scopuri principale: 1) elaborarea unui model de decizie; 2) optimizarea procesului de evacuare și reparare (determinarea valorilor extreme ale unor funcții care definesc desfășurarea procesului respectiv; 3) evaluarea unor soluții propuse pentru funcționarea modelului.

Prin intermediul simulării, decidentul poate alege, în funcție de numărul variantelor realizate și eficiența algoritmului utilizat, regimul optim de funcționare al sistemului.

Procesul de evacuare și reparare a tancurilor în operațiile armatei de arme întrunite a fost simulat în limbajul GPSS (General Purpose Simulation System) și în limbajul SIMUB (realizat la Universitatea din București) considerând sistemul tehnic de reparare ca un sistem de servire în care au loc fenomene de așteptare [70]. Schema logică a modelului de simulare [70] s-a conceput pornind de la considerația că tancurile deteriorate trebuie evacuate de "stațiile de servire", care sunt de fapt elementele subsistemului de evacuare și reparate de alte "stații de servire" (elementele componente ale subsistemului de reparații). S-a folosit legea POISSON de intrare a tancurilor deteriorate în sistem și legea de repartiție exponențială pentru servirile (executarea evacuărilor și reparațiilor) de la "stațiile de servire". Pentru derularea evenimentelor care se produc în acest sistem s-a folosit un generator de tact (orologiu) și o scară de tipul "timp real - timp computer". Servirea în sistem s-a efectuat cu ajutorul a două tipuri de entități: stații cu un singur post de servire și stații cu mai multe posturi de servire.

Modelul fizic al programului SIMEROPA (simularea evacuărilor și reparațiilor în operația armatei), prezentat în lucrarea [70], are la bază o mare unitate operativă, compusă din 6 mari unități tactice, care execută o operație de apărare de 5 zile. Pentru fiecare mare unitate tactică și fiecare misiune de îndeplinit în cele 5 zile de operații s-au dat anumite valori probabilităților de scoatere din funcționare a tancurilor și s-au calculat numerele probabile de tancuri, care se pot deteriora în fiecare zi de operații, precum și intervalul mediu de timp de "cădere" (în primele 12 ore ale fiecărei zile de operație). S-au considerat trei axe de evacuare - reparare, ale armatei și pe fiecare dintre ele s-au respectat următoarele principii de funcționare ale sistemului tehnic:

1 ➤ fiecare unitate evacuează toate tancurile deteriorate cu excepția celor cu nevoi de reparații curente care se pot repara de către subunități chiar pe locul scoaterii lor din funcționare;

2 ➤ unitățile repară în RATD restul de tancuri cu nevoi de reparații curente și predau la eșalonul superior cele cu nevoi de reparații medii și capitale;

3 ➤ marile unități tactice evacuează din RATD de unități în cel propriu toate tancurile cu nevoi de reparații medii și capitale și repară numai o parte din cele cu nevoi de reparații medii (RM), iar restul se predau la armată;

4 ➤ armata predă eșalonului superior tancurile cu nevoi de reparații capitale (RK) și repară pe cel cu reparații medii preluate de la marile unități tactice.