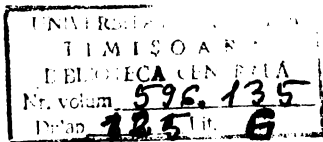


INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VULIA" TIMIȘOARA

FACULTATEA DE MECANICĂ AGRICOLĂ



Ing. CARLOS OSWALDO RUIZ BODERO

CERCETARI PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA INDICILOR DE FIABILITATE AI PLUGURILOR PURTATE PE TRACTOARELE CU ROTI

- TEZA DE DOCTORAT -

COORDONATOR ȘTIINȚIFIC,

Prof. dr. doc. șt. ing. AFTANASIE SAIDRU

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICĂ"  
TIMIȘOARA

- Timișoara, 1969 -

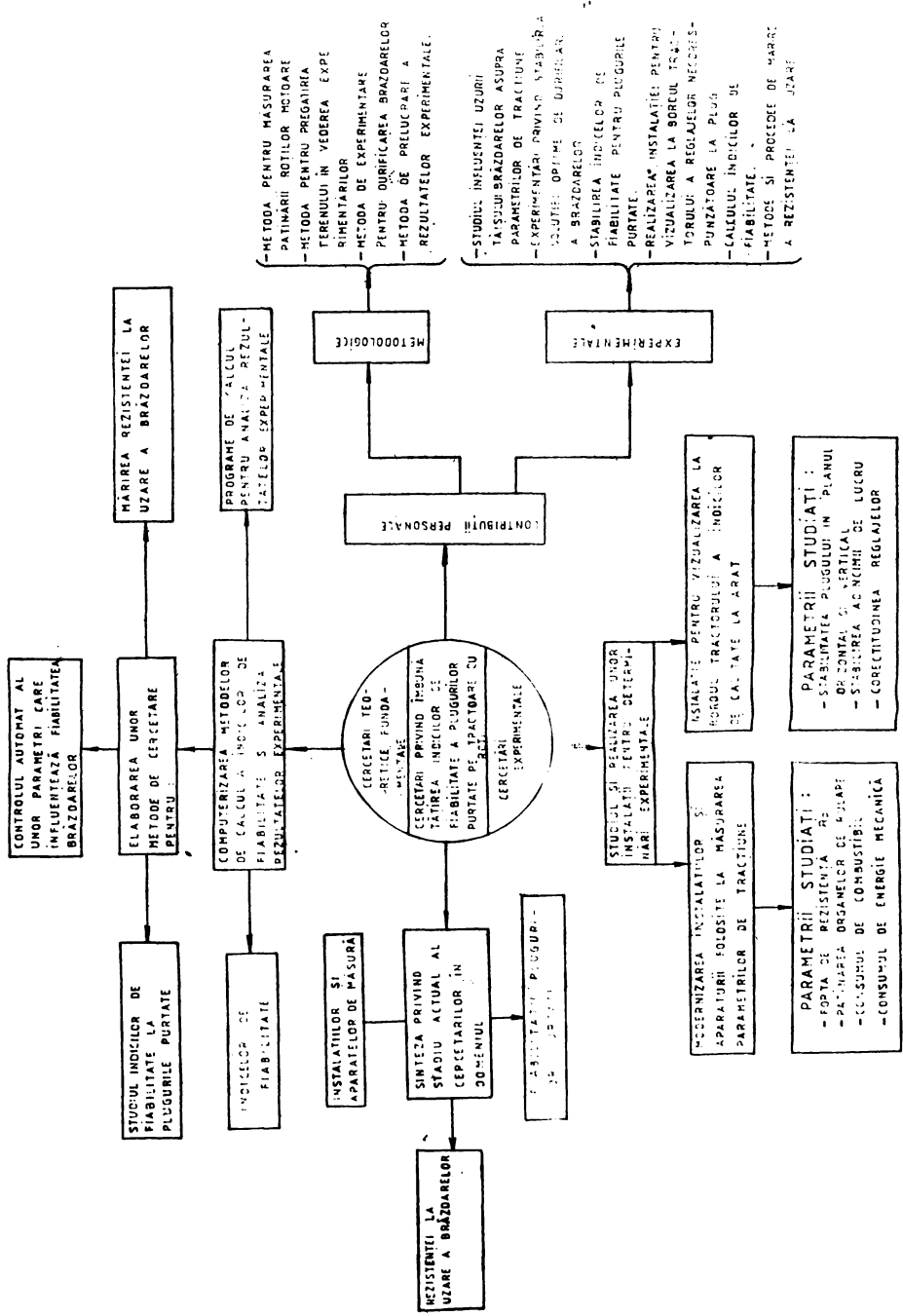


Fig.1

Fig.1

## INTRODUCERE

Aratul reprezintă lucrarea de bază a solului prin care se asigură răsturnarea, mărunțirea și afinarea solului, introducerea sub brază a resturilor vegetale și a îngrășămintelor, creîndu-se astfel condiții pentru o bună dezvoltare a sistemului radicular al plantelor și aprovizionarea acestora cu apă și elemente nutritive.

Lucrarea de arat, prin adîncimea la care mobilizează și răstoarnă solul și indicii de calitate îndepliniți, implică în mod direct numărul și calitatea lucrărilor de pregătire a terenului în vederea însămînțării și în foarte mare măsură, producțiile obținute.

Aratul reprezintă lucrarea cu ponderea cea mai ridicată din punctul de vedere al consumului de energie și al fondului de timp de folosire a parcului de tractoare. Pentru executarea arăturilor se consumă cea mai mare cantitate de energie mecanică, reprezentînd circa 30-35 % din totalul de energie consumată pentru executarea mecanizată a lucrărilor în producția vegetală. De asemenea, aratul necesită o mare cantitate de combustibil consumat în vederea executării lucrărilor. Acest consum de combustibil este direct proporțional cu gradul de tasare și compactare a solului, rezistența specifică a solului, cantitatea de apă existentă în sol, tipul de sol etc.

Pentru a găsi o corelare între consumul de combustibil și parametrii ce caracterizează solul, se folosesc diferite aparate și dispozitive care se montează pe tractor, precum și prin determinări experimentale, grafice și calcul analitic. Date de o importanță majoră pentru economia țării, cunoașterea consumului de motorină la hectar în funcție de rezistența specifică a solului, adînci-

mea de lucru și lățimea de lucru.

Creșterea capacității de lucru și reducerea consumului de energie și materiale la executarea lucrărilor de arat, constituie o problemă importantă în direcția îmbunătățirii calității lucrărilor în direcția respectării cerințelor agrotehnice.

Executarea lucrărilor în perioade optime depinde în mare măsură de capacitate de lucru, la rândul ei, de fiabilitatea plugurilor purtate folosite cu tractoarele D-550 m.

Unul din factorii importanți care contribuie la îmbunătățirea indicilor de fiabilitate reprezintă rezistența la uzură a suprafeței active de la trupașă, din care face parte și brăzdarul.

În sensul măririi rezistenței la uzură a brăzdarilor, în decurs de 3 ani am urmărit în exploatare și am contribuit la efectuarea încercărilor a diferitelor variante de brăzdare, prin depunere de aliaje dure, care față de brăzdarul martor (brăzdar manual calitate ClF), au o rezistență mai mare la uzură și prezintă fenomenul de autoascuțire.

Prin reducerea numărului de căderi ale plugurilor cauzate de uzura brăzdarilor, s-a ajuns la îmbunătățirea indicilor de fiabilitate și ca urmare, la creșterea capacității de lucru a agregatelor de arat și reducerea consumului de combustibil la hectar.

Fiabilitatea plugurilor purtate pe tractoarele cu roți constituie una din problemele de importanță majoră ale mecanizării și automatizării proceselor de producție din agricultură.

Executarea arăturilor în perioadele optime, imediat după recoltare, când umiditatea solului este încă ridicată, fiind conservată de plantele recoltate, consumul de energie și combustibil este redus, iar numărul de defecțiuni la plugurile purtate este de asemenea redus,

Scăderea umidității din sol duce la creșterea forței de rezis-

tență la tracțiune, ceea ce determină creșterea solicitărilor din ansamblurile și piesele plugurilor purtate și deci la înrăutățirea indicilor de fiabilitate ai plugurilor purtate, creșterea consumului de combustibil și micșorarea capacității de lucru a agregatului.

Factorul hotărâtor în reușita celor arătate mai sus constă în folosirea la maximum a timpului efectiv de lucru și reducerea la minimum a defecțiunilor la plugurile purtate. De aceea, noile cercetări teoretice și experimentale, care vin să completeze literatura de specialitate, contribuie la îmbunătățirea indicilor de fiabilitate, creșterea capacității de lucru și reducerea consumului de combustibil.

Teza de doctorat conține șapte capitole, concretizate în 149 pagini, 11 tabele și un număr de 48 figuri. Problemele importante din teza de doctorat sînt prezentate în fig. 1.

În primul capitol intitulat "Stadiul actual al cercetărilor privind îmbunătățirea indicilor de fiabilitate", se prezintă considerații generale asupra fiabilității, ca o extensiune în timp a calității, după care se analizează raportul dintre cheltuielile de producție și cele de exploatare. Se arată că o parte din cheltuielile suplimentare de producție se compensează prin reducerea cheltuielilor de exploatare. O fiabilitate scăzută impune dotarea unităților cu un număr mai mare de mașini care să realizeze lucrările în perioadele agrotehnice optime.

Analizînd fiabilitatea operațională, ca produs dintre fiabilitatea intrinsecă și fiabilitatea de utilizare, se stabilește că pentru menținerea unui nivel ridicat al fiabilității este necesar să se acorde o atenție importantă în direcția realizării unor condiții optime de exploatare a agregatelor agricole, cît și pregătirii profesionale temeinice a personalului de deservire.

Se arată în continuare, că aparatura destinată determinărilor experimentale trebuie modernizată în vederea sporirii preciziei măsurătorilor experimentale. De asemenea studiul fiabilității necesită conceperea și realizarea de instalații pentru controlul automat al adâncimii de lucru a plugului cât și reglării corecte a acestuia, în vederea asigurării unei bune stabilități în timpul lucrului, ceea ce duce la economii de combustibil pînă la 30 %.

Mărirea rezistenței la uzare a brăzdarilor constituie o problemă care pînă în prezent nu este rezolvată satisfăcător și de aceea s-au făcut experimentări cu diferite procedee de durificare.

Se arată, de asemenea, că prin modernizarea construcției plugurilor, se poate îmbunătăți fiabilitatea. Plugurile cu lățime variabilă sînt prevăzute cu mecanisme care permit o reglare mult mai bună a plugurilor, în concordanță cu parametrii de tracțiune ai tractoarelor. Prin aceasta sînt eliminate solicitările anormale care ar putea duce la deteriorarea unor subansambluri sau piese de la plugurile purtate.

Cercetările teoretice și experimentale asupra indicilor de fiabilitate au impus rezolvarea următoarelor probleme :

- realizarea de aparatură și instalații destinate efectuării măsurătorilor ;
- studiul procedeeilor de mărire a rezistenței la uzare ;
- automatizarea controlului automat asupra desfășurării procesului de arat ;
- calculul și analiza indicilor de fiabilitate ai plugurilor purtate.

În capitolul 2 intitulat "Considerații teoretice asupra fiabilității plugurilor purtate", se prezintă relațiile fundamentale ale teoriei probabilităților aplicabile în fiabilitate și analiza teoretică a variabilelor aleatoare discrete și continue și a indicato-

rilor acestora, confirmind capacitatea autorului de a selecta și sintetiza din vasta teorie a probabilităților, a acelor elemente care se vor găsi în teoria fiabilității.

Relațiile fundamentale ale fiabilității, se referă la principalii indicatori care definesc această caracteristică, indicatori bine prezentați analitic și mai puțin grafic. Au fost selectate din mulțimea de legi de repartiție cunoscute, cele care pot descrie cel mai bine comportarea în exploatare a plugurilor purtate - legea Weibull și legea normală.

Alături de principalii indicatori prezentați analitic și grafic, sînt indicate și alte valori caracteristice ca : dispersia, abaterea tip, coeficientul de variație, coeficienții de asimetrie și de exces etc. întîlniți în statistica matematică și care definesc complet legea de repartiție analizată.

Testele pentru validarea ipotezelor privind legile de repartiție reținută ca model, constituie de asemenea o contribuție de seamă.

În capitolul 3 intitulat "Controlul automat al unor mărimi folosite la determinarea indicilor de fiabilitate", se prezintă studiul asupra influenței uzurii tăișului brăzdarelor asupra parametrilor de tracțiune, din care rezultă că, pe măsură ce intensitatea uzurii brăzdarelor se mărește, se reduce stabilitatea plugului în brasă, se modifică adîncimea și lățimea de lucru, iar consumul de combustibil la hectar se mărește.

Analiza rezultatelor experimentale precum și forma curbelor s-a stabilit în baza principiului celor mai mici pătrate. Prin rezolvarea sistemului de ecuații liniare independente s-au obținut relații de regresie, care permit aprecierea desfășurării proceselor studiate.

Rezultatele experimentale determinate în condiții de exploata-

se privind influența uzurii brăsdarelor asupra forței de rezistență la tracțiune a plugurilor, au scos în evidență necesitatea concepției și realizării unor instalații care să semnalizeze adâncimea de lucru și reglarea corectă a plugurilor purtate. În acest scop, se studiază și realizează o instalație pentru vizualizarea, la bordul tractorului, a variației adâncimii de lucru și reglarea corectă a plugului.

Reglarea incorectă a plugului se manifestă de cele mai multe ori prin mărirea sau micșorarea forței de rezistență la tracțiune la unul din tiranții longitudinali ai plugului, ceea ce duce la instabilitatea deplasării în linie dreaptă a tractorului și deci la înrăutățirea calității lucrului, creșterea consumului de energie și combustibil, reducerea capacității de lucru. Semnalizarea la bordul tractorului a fenomenului menționat avertizează pe conducătorul agregatului că trebuie oprit agregatul și făcute reglajele corespunzătoare în vederea eliminării defecțiunilor semnalizate.

În capitolul 4 intitulat "Instalațiile și aparatul folosit pentru determinarea parametrilor energetici și de tracțiune ai plugurilor purtate", se prezintă o instalație pentru măsurarea forțelor de rezistență la tracțiune a plugurilor, aparat pentru măsurarea consumului de combustibil și o instalație pentru măsurarea patinării roților motoare.

Instalațiile prezentate au fost modernizate și au o precizie sporită față de cele clasice.

Deoarece fiabilitatea plugurilor purtate nu poate fi separată de analiza condițiilor de exploatare și de reparare, studiile făcute asupra parametrilor ce caracterizează folosirea corectă a agregatelor de arat, confirmă necesitatea extinderii studiilor asupra fiabilității operaționale și de creare a condițiilor de exploatare favorabile menținerii indicilor de fiabilitate la nivele cât mai ridi-



cate. Construcția plugurilor cu lățime variabilă, prevăzute cu mecanisme de reglare simplificate precum și găsirea unor procedee eficiente de mărire a rezistenței la uzare a brăzdarilor, conduc la îmbunătățirea indicilor de fiabilitate.

În capitolul 5 intitulat "Metode și procedee de creștere a rezistenței la uzare a brăzdarilor, în vederea îmbunătățirii indicilor de fiabilitate", se prezintă considerații teoretice și experimentale asupra uzării brăzdarilor, tehnologii de fabricație și de încercare cu aliaje dure a brăzdarilor, metodica experimentală și analiza rezultatelor experimentale.

În capitolul 6 intitulat "Analize rezultatelor experimentale", se prezintă tabele în care sînt înregistrate datele selectate din teren și apoi interpretate. Poligonul frecvențelor și histogramamele utilizate pentru reprezentarea grafică a repartițiilor discrete respectiv a repartițiilor pe intervale, constituie una din metodele grafice de stabilire a legii teoretice de repartiție din care provin datele experimentale.

Informațiile culese și prelucrate în acest capitol sînt veridice, deoarece provin din condițiile concrete ale producției, eliminîndu-se cele neconcludente sau aberante.

Prelucrarea datelor experimentale s-a făcut cu multă precizie, la aceasta contribuind și programele în limbaj BASIC, elaborate în acest scop. Rezultatele obținute au confirmat considerațiile teoretice dintre care se pot menționa :

- testul binomial și-a dovedit superioritatea față de celelalte teste neparametrice ;

- valorile parametrilor legii de repartiție, obținute prin diferite metode de estimare, au arătat că alegerea modelului statistic este corectă.

Aplicabilitatea în producție a cercetărilor teoretice și ex-

perimentale este sporită și de analiza făcută cu competență, analiză însoțită de propuneri și soluții vizînd creșterea fiabilității plugurilor purtate.

Capitolul 7 al tezei de doctorat intitulat "Concluzii finale", sînt prezentate concluzii generale, contribuții personale și recomandări pentru producție.

\* \* \*

Alegerea subiectului tezei de doctorat o datorez distinsului meu dascăl și conducător științific - Prof.dr.doc.șt.ing.Stefan Căprioiu, sub a cărui îndrumare am susținut primele examene și o parte din referatele științifice și cărui mi sînt un ultim omagiu.

\* \* \*

Aduc și pe această cale, mulțumiri tuturor celor care m-au sprijinit la elaborarea tezei.

Conducătorului meu științific - Prof.dr.doc.șt.ing.Aftanasie Sandru, sub a cărui deosebit de exigentă îndrumare am efectuat primele cercetări și am reușit să elaborez teza de doctorat, îi adresez mulțumirile mele de permanentă recunoștință.

Mulțumesc, de asemenea, cadrelor didactice de la Catedra de Mașini agricole și organizare, care pe tot parcursul activității la doctorat, cu multă competență și amabilitate profesională, m-au ajutat la rezolvarea temei, precum și cadrelor didactice de la Catedra "Studiul metalelor" care, în etapele de documentare, mi-au pus la dispoziție cercetările personale și mi-au permis folosirea, pentru încercări, a aparaturii complexe de măsură și înregistrare.

## Capitolul 1

### STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA INDICILOR DE FIABILITATE LA PLOGURILE PURTATE.

#### 1.1. Considerații generale.

Între noțiunile de calitate, fiabilitate, mentenabilitate și disponibilitate există relații strinse, bine determinate.

Calitatea poate fi definită ca fiind mulțimea proprietăților ce caracterizează gradul de utilitate a unui produs, în funcție de posibilitățile producției sociale la un moment dat. Menținerea nesalterată a calității produselor, un timp cât mai mare, în condiții de lucru determinate, definește noțiunea de fiabilitate. Fiabilitatea este unul din parametrii principali ai calității unui produs. Calitatea poate fi considerată o virtute statică, adică satisfacerea beneficiarului în momentul receptării produsului, pe când fiabilitatea este o virtute dinamică, reflectând modul de comportare a produsului în procesul de exploatare [13]. În fond, fiabilitatea este o extensiune în timp a calității. Fără calitate la baza produsului, nu se poate pune problema fiabilității acestuia.

Ridicarea nivelului de fiabilitate al mașinilor, utilajelor și instalațiilor necesită cheltuieli de producție suplimentare care cresc într-un ritm mai accelerat decât creșterea fiabilității. O parte din aceste cheltuieli suplimentare se compensează prin reducerea cheltuielilor de exploatare, îndeosebi a celor de întreținere și reparare.

Curba 1 din figura 1.1, reprezintă cheltuielile de investiții (cercetare, proiectare, realizare a produsului), iar curba 2, cheltuielile de exploatare (întrețineri tehnice, revizii și reparații). Însemnând cele două curbe, se obține curba 3, ce reprezintă variația cheltuielilor totale. Zona optimă din punct de vedere economic

este zona minimă a prețului de cost.

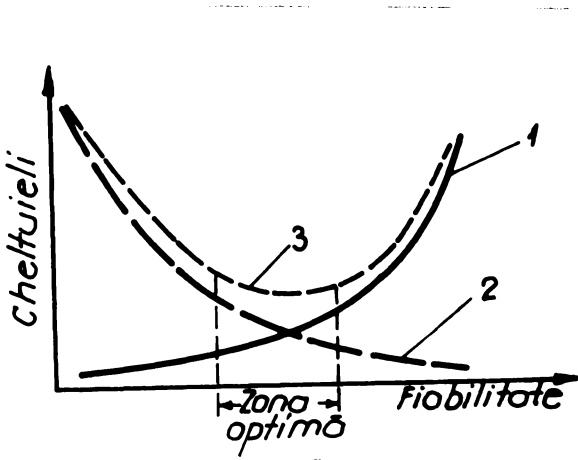


Fig.1.1

Perioadele agrotehnice optime, limitele în timp, impun existența unui număr mai mare de mașini, în cazul unei fiabilități scăzute, pentru a executa același volum de lucrări, ceea ce înseamnă intervenții și cheltuieli de producție suplimentare. Sub aspect economic, este de preferat o creștere a cheltuielilor de investiție,

deci a costului inițial al mașinii, în scopul reducerii cheltuielilor pentru întrețineri tehnice și reparații din perioada exploatarea utilajelor agricole.

Cheltuielile anuale pentru executarea întreținerilor tehnice, reviziilor și reparațiilor, reprezintă cea 30 % din valoarea cheltuielilor totale de producție. Rezultă că pentru toată perioada de exploatare a mașinii, pînă la casare, cheltuielile pentru menținerea capacității funcționale sînt însemnate 51 %.

Fiabilitatea operațională  $R_0$ , realizată în condițiile de producție de către beneficiar, reprezintă produsul dintre fiabilitatea intrinsecă  $R_1$  (fiabilitatea implementată mașinii de factorii : cercetare, proiectare și construcție) și fiabilitatea de utilizare  $R_u$  (care reflectă modul de deservire tehnică, exploatare etc.), adică:

$$R_0 = R_1 R_u \quad (1.1)$$

Pentru obținerea și menținerea unui nivel ridicat de fiabilitate, nu trebuie acționat numai asupra fiabilității proprii mașinii ci, în aceeași măsură, asupra pregătirii profesionale, a disci-

plinei și simțului de răspundere al personalului din exploatare.

Defecțiunile ce se produc la mașinile agricole arată că acestea sînt determinate în cea mai mare măsură de condițiile de exploatare, regimuri necorespunzătoare de utilizare insuficiență sau lipsa întreținerilor tehnice zilnice și periodice, executarea la un nivel tehnic scăzut a reviziilor tehnice și a reparațiilor.

Unele erori de proiectare, și în special de execuție (materiale necorespunzătoare, tehnologii învechite, montaj incorect etc.), duc la diminuarea fiabilității.

Față de cele arătate, se poate afirma că, pentru utilajele din agricultură, problema de bază, din punct de vedere al siguranței în funcționare, constă în asigurarea unei fiabilități optime și nu maxime. Întrucît în jurul minimumului, cheltuielile totale cu variații mici, nivelul fiabilității pentru agregatele de arat trebuie situat în zona optimă, în partea dreaptă a minimumului curbei.

Flugurile purtate pe tractoarele cu roți sînt cele mai mari consumatoare de energie și ca urmare, la executarea arăturilor se consumă o cantitate mare de combustibil. Realizarea de capacități de lucru ridicate, cu un consum minim de energie și materiale, constituie o problemă importantă pentru reducerea prețului de cost al lucrărilor executate.

## 1.2. Unele aspecte privind realizarea de instalații și aparatură destinate cercetării indicilor de fiabilitate.

Instalațiile și aparatura, folosite în cadrul activității de cercetare, sînt reduse ca număr deoarece acestea sînt folosite cu precădere în instituțiile de cercetare și ca urmare, producerea lor în serie nu prezintă interes pentru uzinele constructoare de mașini. În mare parte, instalațiile și aparatele destinate muncii

de cercetare sînt concepute și realizate de cercetători în cadrul instituțiilor de cercetare și de multe ori sînt unicate.

În domeniul cercetărilor de mecanică agricolă, pentru determinarea parametrilor de tracțiune ai agregatelor agricole, se folosesc instalații și aparatură care trebuie adaptate construcției specifice agregatelor agricole.

Forțele de rezistență la tracțiune a mașinilor agricole se măsoară cu dinamografe hidraulice, corelate cu rame dinamometrice destinate dinamometrării mașinilor agricole purtate. Din ce în ce mai mult sînt folosite instalații electrotensometrice, montate în autovehicule speciale, capabile să se deplaseze pe cîmp, alături de agregate agricole. La aceste instalații, traductorul de forță se montează între tractor și mașina agricolă, iar aparatura pentru amplificarea semnalului dat de traductor, adică puntea electrotensometrică, convertorul de tensiune, oscillograful și altele, sînt montate în interiorul autovehiculului.

Dinamografele hidraulice și mecanice prezintă dezavantajul că se uzează repede și devin imprecise. Instalațiile electrotensometrice, montate în autovehicule speciale, sînt complicate, consumă energie în plus, folosesc forță de muncă suplimentară și necesită un personal de deservire calificat. Acestea sînt foarte utile în cazul cercetărilor, cînd trebuie urmărite, în același timp, variațiile semnalelor unui număr mare de parametri.

În cazul cercetărilor, cînd se urmărește în exploatare variația unui număr redus de parametri, se impune folosirea de aparatură cu destinație specială care, pînă în prezent, atît în țară cit și în țările dezvoltate, nu sînt realizări deosebite, comparabile cu alte sectoare ale tehnicii industriale.

Tematica de cercetare, în cadrul doctoratului, prevedea efectuarea de măsurători asupra forțelor de rezistență la tracțiune a plu-

gurilor purtate, patinării organelor de rulare și a consumului orar de combustibil, în diferite condiții de exploatare. Pentru studiul variației acestor parametri, în corelație cu indicii de fiabilitate, a apărut necesitatea modernizării aparatelor și instalațiilor existente, prin aplicarea în construcția lor de noi principii de funcționare.

De asemenea se impune conceperea și realizarea de instalații care să permită controlul automat al calității lucrărilor de arat prin vizualizarea parametrilor controlați la bordul tractorului.

Aparatura concepută și realizată, prezintă performanțe tehnice superioare celor existente.

### 1.3. aspecte privind mărirea rezistenței la uzare a brăzderelor.

Metodica cercetării indicilor de fiabilitate ai plugurilor purtate este elaborată, de obicei, în mod diferit, în funcție de nivelul tehnic la care s-a ajuns în construcția mașinilor agricole și problematica care se urmărește în cercetarea fenomenelor studiate. Astfel, unii cercetători, nu țin seama de uzura brăzderelor la calculul indicilor de fiabilitate. Având în vedere că în prezent s-au realizat brăzdare cu rezistența la uzare mult mărită, și că numărul de căderi pentru înlocuirea brăzderelor uzate este mult redus, calculul indicilor de fiabilitate, ținând seama de uzura brăzderelor, prezintă interes pentru studiul fiabilității.

Brăzdarile fabricate conform normelor STAS 5435-78, se uzează în mod diferit, în funcție de condițiile de lucru ; o influență deosebită exercită tipul solului și umiditatea acestuia. Astfel la o umiditate de cea 10 %, brăzdarile oălite CIF se ascut zilnic, iar la o umiditate normală de cea 25 %, brăzdarile se ascut la 5 zile pe soluri mijlocii și la 3 zile pe soluri grele.

Datorită uzării rapide a brăzdarelor normale, călite CIF, se pune problema măririi rezistenței la uzare prin diferite metode și procedee pentru care se iau în studiu variantele prezentate în tabelul 5.1, în condițiile de sol a cărui caracteristici sînt înscrise în tabelul 5.2.

Deoarece nici o variantă, din tabelul 5.1, nu a corespuns cerințelor economice și de rezistență la uzare, pe baza experienței acumulate s-au elaborat alte variante pe bază de electrozi EI 60 H și sormait care au fost cercetate în ultimii doi ani și care au dus la rezultate care se vor aplica în producția de serie 13, 14, 15, 74 .

Metodele și procedeele de mărire a rezistenței la uzare a brăzdarelor vor reprezenta următoarele variante : încărcarea brăzdarelor cu sormait sovietic, sormait românesc, încărcare cu electrozi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>H, electrozi tarodur TD 74 , electrozi AlCr 4 S, sîrmă extradur cu CrNi 74 , electrozi Castolin HRC 57-62, electrozi GALSIV, brăzdare normale călite CIF și brăzdare recondiționate prin compensatori de uzură.

#### 1.4. Îmbunătățirea indicilor de fiabilitate prin modernizarea construcției plugurilor.

Fiabilitatea operațională, realizată în condițiile de producție de către beneficiar reprezintă produsul dintre fiabilitatea intrinsecă și fiabilitatea de utilizare. Pentru obținerea și menținerea unui nivel ridicat de fiabilitate, nu trebuie acționat numai asupra fiabilității proprii a mașinii, ci în aceeași măsură, asupra fiabilității personalului de deservire a agregatului de arat.

Fiabilitatea plugurilor purtate depinde în mare măsură de corelarea parametrilor de tracțiune ai tractoarelor cu parametrii constructivi ai plugurilor purtate, asigurarea stabilității în planul orizontal și vertical prin reglarea ecartamentului tractorului, în concor-



danță cu lățimea plugului, stabilirea regimului optim de deplasare al tractorului și corelarea acestui regim cu viteza tehnologică de lucru a plugului, asigurarea reglajelor de lățime și adâncime, și folosirea brăzdarelor ascuțite în limitele admise.

În condițiile de lucru când terenurile lucrate sînt uscate sau înghețate, forța de rezistență la tracțiune a plugului crește și odată cu aceasta, se mărește intensitatea uzurii brăzdarelor. De aceea se impune executarea lucrărilor în perioada cînd umiditatea solului este de 13-24 %, optimă executării lucrărilor de arat.

În afară de mărirea rezistenței la uzare a brăzdarelor, îmbunătățirea indicilor de fiabilitate, la pluguri, se poate face prin îmbunătățirea construcției plugurilor. Cele mai importante îmbunătățiri constructive sînt cele care s-au prevăzut la plugurile cu lățime variabilă. Aceste pluguri asigură în primul rînd o corelare perfectă între parametrii de tracțiune ai tractorului și lățimea plugului, în diferite condiții de lucru (categoria de sol, umiditatea, starea terenului etc.). Modificarea lățimii de lucru, la aceste pluguri nu se face prin montarea sau demontarea ultimei trapițe, ci prin schimbarea geometriei cadrului plugului cu ajutorul unor mecanisme simple.

Plugurile cu lățime variabilă sînt prevăzute cu mecanisme, acționate de la o manivelă, pentru deplasarea în planul perpendicular pe direcția înaintării plugului, a triunghiului de suspendare a acestuia în vederea plasării forței de rezistență la tracțiune a plugului în dreptul axei de simetrie a tractorului.

Dispozitivele de siguranță montate pe plugurile de construcție modernă din R.S.R. în vederea protejării brăzdarelor respectiv a trapițelor, împotriva superiorilor sau deformărilor accidentale provocate de obstacole neprevăzute. Aceste dispozitive, bine reglate determină ridicarea și rabatarea trapiței în timpul ciocnirii acesteia cu corpuri voluminoase și rezistente.

Pieptul cormanei, de la trupiță, fiind solicitat mai mult decât restul suprafeței pe care se deplasează brazda, se uzează mai mult. Pentru reducerea timpului de restabilire a cormanei, la unele construcții de pluguri, pieptul cormanei este detașabil și ca urmare, se înlocuiește repede, prin demontare și deci timpul de repunere în lucru a plugului se micșorează, realizându-se în același timp și economii însemnate de tablă de oțel de calitate superioară.

### 1.5. Problematika cercetărilor experimentale.

Rezolvarea temei tezei de doctorat "CARACTERIZARI PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIRILE INDICILOR DE FIABILITATE AI PLUGURILOR PURTATE PE TRACTOARELE CU ROTI" presupune efectuarea de studii și cercetări teoretice și experimentale, care să permită stabilirea unor concluzii cu caracter fundamental și practic, în direcția creșterii capacității de lucru și reducerii consumului de energie, combustibil și material.

Din studiul bibliografiei s-au stabilit considerații teoretice asupra fiabilității, care să permită o stabilire a relațiilor fundamentale de calcul a fiabilității, mentenabilității și disponibilității, precum și alegerea celor mai valoroase teste și estimatori pentru validarea parametrilor legilor de repartiție.

Cercetările experimentale contribuie, în mare măsură, la confirmarea sau infirmarea ipotezelor emise, în urma studiilor teoretice efectuate. Pentru realizarea cercetărilor experimentale se impune rezolvarea următoarelor trei probleme :

- Studiul parametrilor de exploatare în diferite condiții de lucru, care influențează asupra indicilor de fiabilitate ; în acest sens s-au studiat și s-au modernizat instalațiile și aparatura destinată efectuării măsurătorilor în condițiile de lucru ale agregatelor, echipate cu pluguri purtate ;

- Studiul metodelor și procedurilor de mărire a rezistenței la uzare, a suprafeței de lucru a trupiței, care este în contact direc

cu solul și ca urmare, uzarea acestora este legată direct de condițiile de climă și sol;

- Automatizarea controlului asupra desfășurării la parametrii optimi a procesului de arat, în sensul semnalizării la bordul tractorului, a dereglării plugului, ascuțirii necorespunzătoare a brazdărilor și pierderea stabilității plugului în planul orizontal și vertical;

Determinarea, calculul și analiza indicilor de fiabilitate ai plugurilor purtate, permite scoaterea în evidență a principalelor cauze care conduc la îmbunătățirea indicilor de fiabilitate.

Problemele enunțate sînt analizate fiecare într-un capitol separat și s-au stabilit concluziile corespunzătoare în urma cărora pentru producție, au rezultat aparate de măsură a parametrilor de tracțiune mai precise și mai ușor de manevrat, instalație pentru vizualizarea la bordul tractorului a stabilității în lucru a plugului și o metodă de mărire a rezistenței în lucru a brazdărilor, care se recomandă a fi folosite în producție.

#### 1.5. Contribuții personale și concluzii.

Din studiul bibliografiei privind stadiul actual al cercetărilor asupra indicilor de fiabilitate, se desprind următoarele constatări :

- Menținerea nealterată a calității produselor un timp cât mai mare, în condițiile de lucru determinate, reprezintă definiția fiabilității ;

- Pentru studiul fiabilității se impune modernizarea de instalații și aparatură destinate măsurării forțelor de rezistență la tracțiune a plugului, consumului de combustibil, pătrinderii cît și realizarea de instalații pentru vizualizarea la bordul tractorului a adîncimii de lucru și reglarea corectă a plugului.

596.135  
125 6

- Pentru îmbunătățirea indicilor de fiabilitate ai plugurilor purtate este necesar să fi studiate o serie de procedee destinate măririi rezistenței la uzura a brazdarelor;

- Plugurile moderne cu lățime variabilă sînt prevăzute cu dispozitive de siguranță care protejează trapițele împotriva ruperilor sau deformărilor accidentale provocate de obstacole neprevăzute ;

- Studiul influenței parametrilor de exploatare asupra indicilor de fiabilitate necesită modernizarea și realizarea de instalații și aparatură destinate efectuării măsurătorilor în condițiile de lucru ale agregatelor ;

- Reducerea riscului de cădere a plugurilor purtate se poate face prin realizarea de instalații pentru vizualizarea la bordul tractorului a variației adîncimii de lucru și reglării corecte a plugului.

CONSIDERAȚII TEORETICE PRIVIND FIABILITATEA  
PLUGURILOR PURTATE

2.1. Considerații generale asupra defecțiunilor și  
fiabilității mașinilor agricole.

În teoria fiabilității, noțiunea de defecțiune (cădere) se înțelege prin modificarea unor caracteristici ale produsului, care diminuează esențial sau conduc la pierderea completă a capacității de îndeplinire a uneia sau a tuturor funcțiilor de bază ale acestuia. Cu orice defecțiune este o cădere (defect) ; cele care nu împiedică îndeplinirea funcțiilor de bază ale mașinii nu constituie căderi.

Produsele-dispozitive sînt reparabile sau cu restabilire și nereparabile sau fără restabilire. În acest caz, fiabilitatea se poate studia în următoarele variante :

1. Dacă produsul - dispozitiv este reparabil, se pot calcula 3 feluri de indicatori :

- indicatorii funcționării (fără defectări) ;
- indicatorii reparării (restabilirii) ;
- indicatorii disponibilității.

2. Pentru produsele - dispozitive nereparabile, funcționarea lor se exprimă prin indicatorii funcționării fără defectări.

Termenul produs - dispozitiv în sensul STAS 3174/1-77 desemnează orice element component, ansamblu, echipament, subsistem sau sistem etc., ce poate fi considerat de sine statător și care poate fi încercat individual.

Fiabilitatea este o caracteristică a unui sistem tehnic (organ, ansamblu, mașină, instalație) exprimată prin probabilitatea că acesta să funcționeze fără căderi, în condiții de utilizare specificate și pentru o perioadă de timp determinată. Fiabilitatea se exprimă prin

funcția  $R(t)$  care dă probabilitatea evenimentului ca timpul  $T$  de funcționare fără defecțiuni să depășească timpul  $t$  prescris, adică:

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

Funcția  $R(t)$  fiind o probabilitate, are valori cuprinse între 0 și 1. Fiabilitatea se caracterizează prin patru concepte :

- **PROBABILITATEA**, se determină pe baza metodelor statisticii matematice și a teoriei probabilităților ;

- **PERFORMANȚELE DE ÎNDEPLINIT**, trebuie bine definite pentru a preciza concret noțiunea de cădere (defectare) ;

- **CONDITIILE DE FUNCȚIONARE** reprezintă ansamblul condițiilor de exploatare pentru care a fost proiectat produsul ;

- **DURATA DE FUNCȚIONARE** se exprimă în unități de timp (ore, zile, ani etc.) sau alți parametri ca numărul ciclurilor de funcționare etc.

Evenimentul a cărui probabilitate se estimează este îndeplinirea corectă a performanțelor date într-o perioadă de timp. Rezultă că este foarte important de precizat funcțiile exacte pe care le are de îndeplinit utilajul agricol, fără defecțiuni, în condițiile de exploatare date, menționând performanțele cerute. În cazul plugurilor purtate, se consideră că acestea funcționează corect în cazul când sînt respectate următoarele cerințe :

- arăturile să se execute în termenele prevăzute de cerințele agrotehnice, când umiditatea în stratul arabil al solului este optimă, solul se mărunțește ușor, iar consumurile energetice sînt minime ;

- adîncimea de lucru să se stabilească diferențiat, în funcție de limitele stratului arabil ; abaterrea maximă față de adîncimea impusă este de  $\pm 1$  cm ;

- solul să fie bine mărunțit pe întreaga adîncime de lucru ; fracțiunile de sol cu dimensiunea convențională mai mică de 5 cm

să reprezinte mai mult de 75 % din masa totală de sol mobilizat de plug ;

- resturile vegetale și îngrășămintele organice să fie introduse sub brazdă, gradul de acoperire cu sol a masei vegetale trebuind să fie mai mare de 90 % ;

- suprafața timpului arat să fie cât mai netedă, cu brazde bine răsturnate, fără creste și șanțuri ;

- să nu existe greșuri (suprafețele de teren nearate în interiorul parcelei reprezintă zona de infestare cu buruieni), iar capetele parcelei să fie bine încheiate, cu ultima brazdă răsturnată spre interiorul câmpului arat ;

- pe terenurile cu unghiul de pantă mai mare de  $6^{\circ}$ , arătura să se execute după curbele de nivel, cu răsturnarea brazdei spre deal și numai cu pluguri reversibile.

Calitatea lucrărilor de arat se apreciază vizual (dacă arătura este bine încheiată, brazdele complet răsturnate, existența greșurilor, vegetația acoperită) sau prin calculul anumitor indici calitativi și compararea valorilor obținute prin măsurari, cu valorile limită admise de agrotehnică. Dintre indicii calitativi, cei mai importanți sînt :

- Adîncimea medie  $a_m$  a arăturii, care se determină cu ajutorul relației :

$$a_m = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}$$

în care :

$a_i$  reprezintă valorile adîncimilor măsurate, în cm ;

$n$  reprezintă numărul de măsurări efectuate.

Valorile  $a_i$  se măsoară la peretele brazdei, în cca 20 de locuri, situate, de regulă, pe direcția diagonalei parcelei. La

primele 3-4 parcureri în lucru, se urmărește cu mai multă atenție calitatea arăturilor ; abateri mai mari de  $\pm 1$  cm ale adâncimii medii realizate, față de adâncimea cerută de agrotehnică.

- Abaterrea maximă  $\Delta a$  față de adâncimea medie, se determină cu relația :

$$\Delta a = a_{\min} (\max) - a_m \quad ;$$

în care :

$a_{\min} (\max)$  este valoarea minimă (respectiv maximă) din cele  $n$  măsurări ale adâncimii de lucru  $a_1$ .

Abaterrea maximă  $\Delta a$  nu trebuie să depășească 20 % din valoarea adâncimii de lucru ( $\Delta a \leq \pm 0,2 a_m$ ).

- Gradul de mărunțire a solului  $G_{ms}$ , se determină cu relația :

$$G_{ms} = \frac{m_{sc}}{m_{ts}} \cdot 100 \quad [\%]$$

în care :

$m_{sc}$  este masa de sol cu dimensiunea bulgărilor mai mică decît dimensiunea convențională (5 cm), în kg ;

$m_{ts}$  - masa totală de sol din proba lustră, în kg.

Pentru efectuarea determinărilor, se dislocă întreaga masă de sol de pe o suprafața de  $1 \text{ m}^2$  și pe adâncimea de lucru a plugului, se trece printr-o sită cu orificii circulare cu diametrul de 5 cm și se cîntărește masa de sol trecută prin orificii ( $m_{sc}$ ) și masa bulgărilor ( $m_b$ ) rămași pe sită ( $m_{ts} = m_{sc} + m_b$ ). Valoarea minimă admisă pentru gradul de mărunțire a solului la arat este de 75 %.

- Gradul de acoperire cu sol a masei vegetale  $G_{av}$ , se determină cu relația :

$$G_{av} = \frac{m_{va}}{m_{tv}} \cdot 100 \quad [\%]$$

în care :

$m_{va}$  este masa vegetală îngropată sub brazdă, în grame din proba lustră pe  $1 \text{ m}^2$  ;



$M_{tv}$  - masa vegetală totală din probă, înainte de executarea arăturii, în grame.

Se tunde cu foarfeca toată vegetația cuprinsă în interiorul unei rame patrute cu latura de 1 m și se cântărește ( $M_{tv}$ ). După trecerea plugului, pe o suprafață cu același grad de îmburuienare, se așază rama patrută pe arătură, se tunde vegetația rămasă ( $M_{rn}$ ) neacoperită și se cântărește ( $M_{va}$ ). Prin diferența ( $M_{va} = M_{tv} - M_{rn}$ ) se determină mase vegetală aflată sub brazdă. Arătura se consideră corespunzătoare, din acest punct de vedere, dacă se realizează un grad de acoperire cu sol, a masei vegetale, mai mare de 90 %.

La încercările de omologare a plugurilor, se determină încă o serie de indici calitativi ai arăturii executate : abaterea medie, coeficientul de variație a adâncimii de lucru (exprimă stabilitatea plugului în plan vertical), lățimea medie de lucru, gradul de afinare a solului etc.

Liniaritatea brazdelor și răsturnarea completă a acestora, existența greșurilor (în special la intrarea în lucru pe parcelă), încheierea parcelei la capete, se apreciază vizual în timpul executării lucrării, luându-se măsuri imediate de corectare a deficiențelor. Cauzele care generează aceste abateri sînt, în general, de natură organizatorică (nejalonarea primului parcurs, zona de întorscere cu lățime mică, conducerea incorectă a agregatului etc.

## 2.2. Relații fundamentale ale fiabilității.

Funcția de fiabilitate  $R(t)$  reprezintă probabilitatea de funcționare a elementului în intervalul  $(0, t)$

$$R(t) = P(T > t) \quad ; \quad (2.1)$$

Funcția de defiaibilitate (probabilitatea de defectare)  $F(t)$ , denumită și funcția de nonfiabilitate sau funcția de repartiție

a căderilor, reprezintă probabilitatea cumulată de defectare adică probabilitatea apariției unui defect în intervalul de timp  $(0, t)$ ,

$$F(t) = P(T < t) \quad (2.2)$$

Variația funcțiilor  $R(t)$  și  $F(t)$  în timp sînt reprezentate în Fig.2.1. Între aceste două evenimente, funcționarea și defectarea, există relație :

$$R(t) + F(t) = 1$$

Din figura 2.1 re-

zultă cîteva proprietăți ale funcțiilor  $R(t)$  și  $F(t)$  și anume :

-  $R(t)$  este o funcție monoton descrescătoare ;

-  $F(t)$  tinde către 0 cînd timpul  $t$  tinde către infinit ;

-  $R(0) = 1$  corespunde acelor sisteme sau ele-

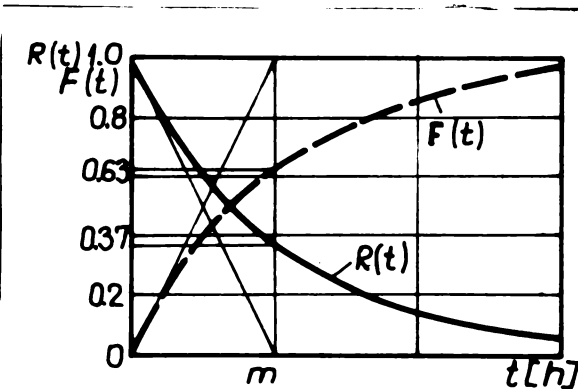


Fig.2.1

mente care sînt în bună stare de funcționare în momentul pornirii ( $t=0$ ).

Funcțiile  $R(t)$  și  $F(t)$  se pot determina prin experiență. Se încercă  $N$  elemente identice, în aceleași condiții. La momentul  $t$ , cînd experimentul încetează, vor exista  $N_F$  elemente care au rezistat (funcționează) și  $N_C$  elemente căzute (defecte). În conformitate cu teorema lui Basel [24] se poate scrie raportul :

$$\frac{N_F}{N} \longrightarrow R(t) \text{ cînd } N \longrightarrow \infty$$

Practic cînd  $N$  este mare, cu o fiabilitate apropiată de unitate, se poate scrie  $R(t) = N_F/N$ , care se numește funcția empirică a fia-

bilității. Probabilitatea de defectare  $F(t) = N_r/N$ .

Derivata în raport cu timpul a funcției de fiabilitate  $F(t)$  reprezintă densitatea de probabilitate de defectare  $f(t)$  adică :

$$f(t) = \frac{dF}{dt} = - \frac{dR}{dt} \quad (2.4)$$

Aria totală limitată de curba diferențială  $f(t)$  și axele de coordonate este egală cu unitatea :

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (2.5)$$

ceea ce arată că probabilitatea de defectare  $F$  la momentul  $t$  este egală cu aria limitată de curba de densitate și axele de coordonate. Această arie este o funcție crescătoare de  $t$ , adică  $F(t)$  este probabilitatea cumulată de defectare. Fiabilitatea este o funcție descrescătoare cu timpul  $t$  de funcționare. Deoarece  $A(t) = 1 - F(t)$  se poate scrie egalitatea :

$$A(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt \quad (2.6)$$

Intensitatea de defectare  $\lambda(t)$  se numește și rata căderilor. Funcția  $\lambda(t)$  reprezintă probabilitatea de defectare între momentele  $t$  și  $t + dt$ , redusă la unitatea de timp a unui element de funcționare sau capabil de a funcționa la momentul  $t$ .

Frecvența defecțiunilor pe unitate sau densitatea de repartiție a defecțiunilor (funcție de frecvență) se stabilește cu ajutorul relației [113] :

$$f(t) = \frac{dF}{dt} = - \frac{dR}{dt} = \frac{1}{N} \frac{dN_c}{dt} \quad (2.7)$$

sau :

$$\frac{dN_c}{dt} = - N \frac{dR}{dt} \quad (2.8)$$

Prin împărțirea relației (2.3) cu  $N_r$  se obține intensitatea de defectare sau probabilitatea instantanee de defectare  $\lambda(t)$  a unui element :

$$\lambda(t) = \frac{1}{N_r} \cdot \frac{dN_r}{dt} = \frac{N}{N_r} \cdot \frac{dN}{dt} \quad (2.9)$$

$$\lambda(t) = - \frac{1}{N(t)} \frac{dN}{dt} \quad (2.10)$$

Relația (2.10) este expresia generală a ratei căderilor și se aplică tuturor distribuțiilor.

Modul de variație a ratei defecțiunilor delimitează trei perioade tipice din viața produsului.

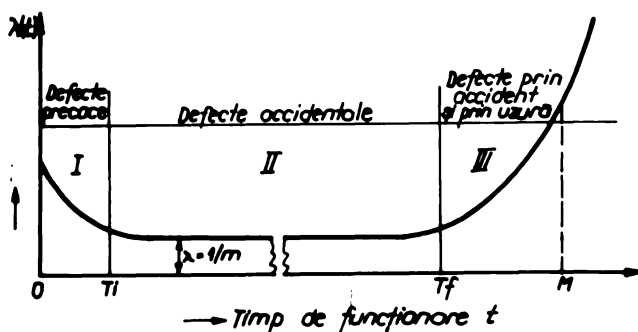


Fig.2.2

I. Perioada inițială ( $0 - T_1$ ) a defectelor precoce cuprinde defectele care apar la începutul punerii în funcțiune a produsului. Aceste defecțiuni se pot reduce sau elimina prin controlul sporit în fluxul de fabricație, efectuarea coreșpunzătoare a rodajului și efectuarea atentă a întreținerilor tehnice.

II. Perioada de funcționare normală sau perioada de viață utilă  $T_1 - T_2$  este cea care caracterizează fiabilitatea produsului. Ratele căderilor este relativ constantă iar defectele sînt accidentale.

III. Perioada de uzură, în care rata căderilor crește brusc datorită îmbătrânirii și uzurii elementelor. Între momentele  $t_g$  și  $t_d$  circa jumătate din elementele care au funcționat pînă la  $t_g$  se vor defecta.  $M$  este timpul mediu de uzură al componentelor.

#### Timpul mediu de bună funcționare

$T_{mbf}$  este un parametru de bază în fiabilitate. Măsurarea lui este direct proporțională cu gradul de fiabilitate al produsului. Se determină cu aparența matematică a variabilei aleatoare  $T$ , adică :

$$M(T) = T_{mbf} = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \quad (2.11)$$

În cazul elementelor reparabile,  $T_{mbf}$  reprezintă media timpilor de bună funcționare între căderi sau pînă la prima cădere, iar pentru elementele nereparabile reprezintă durata medie pînă la defectare.

Timpul mediu de bună funcționare se poate exprima matematic ca inversul intensității de defectare ( $m = 1/\lambda$ ). Timpul mediu din această relație care se referă numai la defectele accidentale, este în general mult mai mare decît timpul mediu de uzură  $M$ .

### 2.3. Menținabilitatea plugurilor purtate.

După STAS 8174/2-77, menținabilitatea este aptitudinea unui dispozitiv, în condiții date de utilizare, de a fi menținut sau restabilit în starea de a-și îndeplini funcția specificată atunci cînd mentenanța se efectuează în condiții date, cu procedee și remedii specificate.

Mentenanța este formată din ansamblul tuturor acțiunilor tehnice și organizatorice care le sînt asociate, efectuate în scopul menținerii sau restabilirii unui dispozitiv în starea de a-și îndeplini funcțiile prevăzute.

Operațiile de mentenanță se împart în două categorii :

- mentenanța corectivă sau ocazională, se efectuează la apariția unui defect, avînd ca scop restabilirea cît mai rapidă a capacității de funcționare și constă în înlocuirea, repararea sau reglarea elementului defect ;

- mentenanța preventivă sau sistematică cuprinde operații de întreținere, control și revizie.

Operațiile de mentenanță preventivă, la plugurile purtate, sînt următoarele :

a. se efectuează operațiile de întreținere necesare funcționării normale (curățire, ungere, reglare, desfundare de resturi vegetale) ;

b. se înlocuiesc sau se recondiționează elementele intrate în perioada de uzură accelerată (perioada a III-a din figura 2.2) ;

c. se fac reviziile tehnice, reparații curente și reparații capitale.

mentenabilitatea este influențată în mod direct de următorii factori [107] :

- factori constructivi : separabilitatea, accesibilitatea, diagnosticarea stării tehnice fără demontare, forma constructivă a pieselor etc.

- factori tehnologici : procedeele tehnologice de fabricație, metodele de realizare a preciziei necesare, procedeele tehnologice de realizare a formei și dimensiunilor pieselor etc.

- factori de exploatare : sisteme de organizare a întreținerilor tehnice și reparațiilor, periodicitatea și conținutul întreținerilor tehnice, asigurarea cu piese de schimb și materiale, calitatea executării întreținerilor tehnice și a reparațiilor, dotarea tehnică etc.

Cantitativ, mentenabilitatea reprezintă caracteristica unui produs exprimată prin probabilitatea repunerii în stare de funcționare

in intervalul de timp  $(0, t')$  și in condiții date. Funcția de mentenabilitate  $M(t')$  este :

$$M(t') = P(T_R < t')$$

unde :

$T_R$  este variabila aleatoare "Timp de reparare".

In figura 2.3 este reprezentata succesiunea stărilor de funcționare și de reparare a utilajelor agricole.

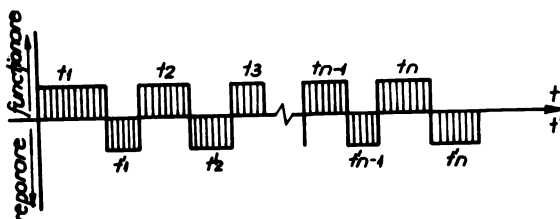


Fig. 2.3

Timbul mediu de reparare  $\bar{t}_{MR}$  - notat cu  $\bar{t}_R$ , se stabilește cu ajutorul expresiei :

$$\bar{t}_{MR} = \bar{t}_R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i' \quad (2.12)$$

Intensitatea reparării (restabilirii)  $r$  este dată de relația:

$$r = 1/\bar{t}_R \quad (2.13)$$

Parametrul  $\bar{t}_R$ , (exprimat de obicei în ore) se folosește pentru compararea mentenabilității produselor de același fel.

#### 2.4. Disponibilitatea plugurilor pusecate.

Disponibilitatea este aptitudinea unui dispozitiv sub aspectele combinate de fiabilitate, mentenabilitate și de organizare a acțiunilor de mentenanță de a-și îndeplini funcția specificată la un

moment dat sau într-un interval de timp dat (STAS 8174/3-77).

Sub aspectul calitativ, disponibilitatea reprezintă capacitatea unui produs de a îndeplini în timp misiunea printr-o funcționare fără defectări și menținerea în stare de funcționare.

Sub aspectul cantitativ, disponibilitatea reprezintă procentul de timp în care mașina este în stare de funcționare sau procentul de mașini disponibile pentru utilizare după un timp de funcționare.

Disponibilitatea reprezintă probabilitatea ca un produs să fie în stare de funcționare la un moment  $t$ , adică :

$$D(t) = n(t) + [1 - n(t)] \cdot (t') \quad (2.14)$$

unde :

$n(t)$  și  $(t')$  sînt fiabilitatea respectiv mentenabilitatea;

$t = \sum_1^n t_1$  este timpul de funcționare fără defectări aferent unui ciclu, iar  $n$  este numărul ciclurilor de bună funcționare ;

$t' = \sum_1^n t'_1$  ( $t'_1$  este timpul de repartiție pentru un ciclu).

În cazul mașinilor agricole [107] se evidențiază următoarele forme de disponibilitate :

- Disponibilitatea tehnică se exprimă prin coeficientul de disponibilitate  $K_d$ , care reprezintă raportul între timpul mediu de bună funcționare  $\bar{t}$  și durata medie a unui ciclu funcționare-reparare  $(\bar{t} + \bar{t}_R)$ .

$$K_d = \frac{T_{bf}}{T_{bf} + T_{Rf}} = \frac{\bar{t}}{\bar{t} + \bar{t}_R} = \frac{T}{T + T_R} \quad (2.15)$$

unde :

$T$  este timpul total de bună funcționare în ore ;

$T_R$  - timpul total de reparații, în ore-om.

- Disponibilitatea de mentenanță se exprimă prin coeficientul



de mentenanță  $K_m$ , care include în calcul și timpul total  $T_1$  pentru întreținerea tehnică (în multe cazuri variază între 9 și 15 % din timpul total de funcționare zilnic), adică :

$$K_m = \frac{T}{T + T_R + T_1} \quad (2.16)$$

unde :  $T, T_R, T_1$  sînt timpii totali pe perioada unei campanii agricole.

- Disponibilitatea funcțională sau tehnologică se exprimă prin coeficientul  $K_g$  care se stabilește cu ajutorul relației :

$$K_g = \frac{T}{T + T_R + T_1 + T_d} \quad (2.17)$$

unde :  $T_d$  reprezintă timpul total necesar înlăturării defecțiunilor tehnologice (înfundări, blocări etc.).

## 2.5. Legile teoretice de repartiție utilizate în fiabilitate.

În studiul fiabilității se pot folosi numeroase legi de repartiție ca : repartiția normală, repartiția log - normală, repartiția lui gama (Pearson III), repartiția uniformă, repartiția beta, repartiția exponențială, repartiția Weibull, repartiția Rayleigh și altele. Cele mai utilizate legi de repartiție folosite în teoria fiabilității și care se vor utiliza la calculul indicilor de fiabilitate la plugurile purtate sînt : repartiția exponențială, repartiția normală și repartiția Weibull.

Stabilirea modelelor matematice care descriu cel mai bine comportamentul plugurilor purtate, se face pe baza valorilor experimentale, prin verificarea concordanței unei repartiții empirice cu o repartiție teoretică aleasă ca model.

REPARTIȚIA EXPONENȚIALĂ se aplică bine la toate sistemele teh-

nice, eliberate de defectele precoce și care nu suferă încă de fenomene de uzură sau de deteriorare a performanțelor datorită vârstei lor [4, 29, 44]. Această lege descrie foarte bine comportamentul elementelor în perioade de funcționare normală (perioada a II-a), fiind definită prin parametrul  $\lambda$  sau inversul său  $m$ .

Repartiția exponențială se poate caracteriza prin următoarele funcții :

- funcția diferențială (densitatea de probabilitate) ;
- funcția de fiabilitate (probabilitatea de funcționare) ;
- funcția de repartiție (defiabilitatea), intensitatea căderilor (rata căderilor) și timpul mediu de bună funcționare.

Densitatea de probabilitate (funcția diferențială) este dată de relația :

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.18)$$

unde :

$e$  este baza logaritmilor naturali (2,71828) ;

$\lambda$  este intensitatea căderilor ;

$t$  este durata de utilizare arbitrară pentru care se caută fiabilitatea.

Inversul intensității căderilor, denumit timp mediu între defecțiuni sau timpul mediu de bună funcționare ( $m = 1/\lambda$ ) se stabilește cu ajutorul relației :

$$f(t) = \frac{1}{m} e^{-t/m} \quad (2.19)$$

Funcția de fiabilitate se stabilește cu ajutorul relației :

$$F(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{sau} \quad R(t) = e^{-t/m} \quad (2.20)$$

În figura 2.4 este reprezentată curba funcției de fiabilitate. În perioade normală de funcționare, fiabilitatea este, în principiu, aceeași pentru durate de utilizare egale.

Funcția de repartiție reprezintă probabilitatea căderilor până la momentul  $t$  și se stabilește cu ajutorul relației :

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt = \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.21)$$

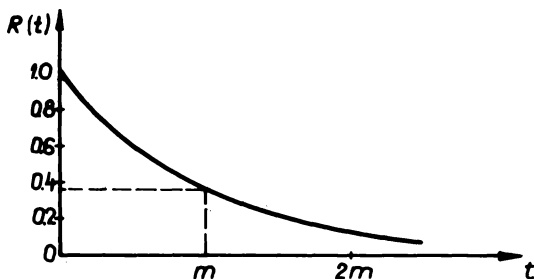


Fig.2.4

In figura 2.5 este reprezentată variația funcției nonfiabilității.

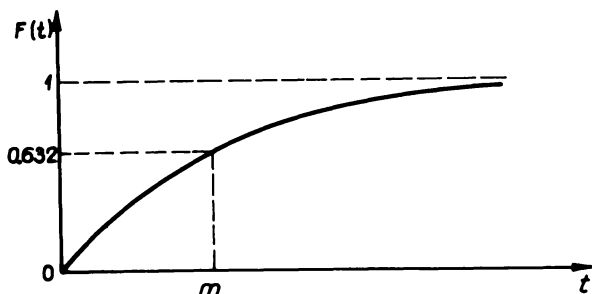


Fig.2.5

Intensitatea căderilor se stabilește cu ajutorul relației :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = \lambda = \text{const.} \quad (2.22)$$

Intensitatea căderilor  $\lambda$  fiind constantă, este singura valoare a repartiției exponențiale care arată că probabilitatea de funcționare este aceeași pentru perioade de utilizare egale între ele.

Timpul mediu de bună funcționare

Caracterizat de densitatea de probabilitate exponențială, are o valoare caracteristică care este media sa. Aceasta se poate obține cu ajutorul relației :

$$M(T) = m = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} t \lambda e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad (2.23)$$

Din relația (2.23) rezultă că pentru repartiția exponențială, timpul mediu între defectări nu este egal cu inversul ratei căderilor .

Alte valori caracteristice în cazul repartiției exponențiale sînt :

- Dispersia .....  $D^2(T) = m^2$
- Abaterea tip .....  $D(T) = m$
- Momentul centrat de ordinul trei .....  $D_3 = 2 m^3$
- Momentul centrat de ordinul patru ....  $D_4 = 9 m^4$
- Coeficientul de variație .....  $C_v(T) = 1$
- Coeficientul de simetrie .....  $1 = 2$
- Coeficientul de exces .....  $2 = 9$

În cadrul repartiției exponențiale timpul  $t$  din relațiile (2.18) - (2.23) nu reprezintă nici vîrsta reală a produsului, nici totalul orelor de funcționare de la darea în exploatare a acestuia. Timpul  $t$  reprezintă orele unei perioade de funcționare arbitrar aleasă și nu depinde de timpul de funcționare anterior perioadei considerate.

În cadrul distribuției exponențiale, pentru o durată de funcționare  $t = m$ , probabilitatea de funcționare în continuare este numai 36,8 %. Practic aceasta înseamnă că din 100 de pluguri de același tip, funcționînd în aceleași condiții, aproximativ 37 vor funcționa încă la capătul timpului  $t = m$ , celelalte fiind defecte.

REPARTIȚIA NORMALĂ sau legea lui Gauss - Laplace cu aspect de clopot se aplică de obicei la studiul fiabilității elementelor supuse uzurii [4, 24, 44]. În cazul distribuției normale, în general, jumătate din defecțiuni se produc înaintea duratei medii de uzură  $M$ , în timp ce la distribuția exponențială aproximativ 63 % din defecțiuni se produc pînă la timpul mediu  $m$  de bună funcționare.

În privința timpului mediu de bună funcționare  $m$  (timpul mediu între defectări accidentale) și a timpului mediu de uzură  $M$ , se poate preciza că, în general, valorile lui  $m$  sînt mult mai mici față de valorile lui  $M$ . Dacă nu se prevede sistematic uzura pieselor peste limita maximă, printr-o mentenanță corespunzătoare, uzura prezintă caracteristicile unei distribuții normale.

Densitatea de probabilitate a legii normale este dată de relația :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(t - M)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2.24)$$

unde :

$t$  este timpul de funcționare cumulat de la punerea în funcțiune ;

$M$  - timpul mediu de uzură ;

- abaterea medie pătratică a timpilor de uzură în raport cu media  $M$ .

O arie parțială din figura 2.6 situată sub curba densității de probabilitate între  $t_1$  și  $t_2$  reprezintă procentul din cele  $N$  elemente de origine care se vor defecta în acest interval.

Această arie parțială reprezintă probabilitatea a priori că unul din elementele puse în funcțiune la  $t = 0$  să se defecteze în intervalul  $t_2 - t_1$  adică :

$$P(t_2 - t_1) = \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt \quad (2.25)$$

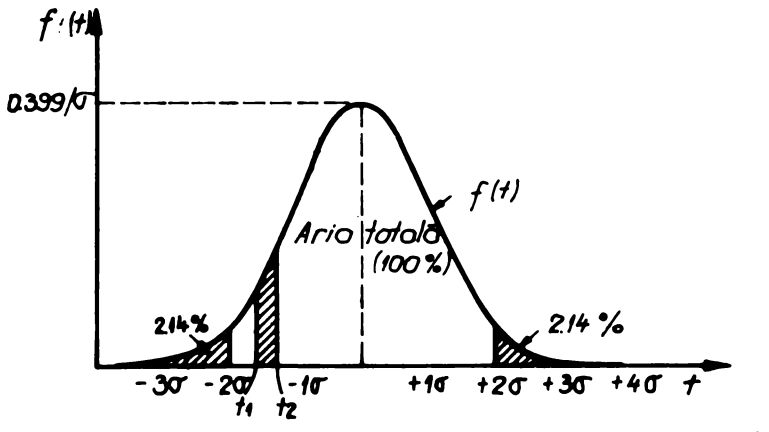


Fig.2.6

O probabilitate a priori ca plugul sa se defecteze in intervalele  $M - 3\sigma$  la  $M - 2\sigma$  respectiv  $M + 2\sigma$  la  $M + 3\sigma$  este aceeași. Pentru a evalua fiabilitatea plugului, la această probabilitate trebuie adăugată probabilitatea de defectare de la  $t = 0$  (prima punere în funcțiune) la începutul intervalului considerat adică de avut în vedere probabilitatea cumulată de defectare.

În acest exemplu rezultă că probabilitatea de defectare sau deficiabilitate într-un interval dat este dată de raportul dintre volumul plugurilor defectate în intervalul considerat și volumul de pluguri în funcțiune la începutul intervalului.

Aria situată sub curba de densitate de probabilitate este egală cu 100 % dacă curba este întinsă la infinit în cele două sensuri. Deoarece un plug nou intră în funcțiune la timpul  $t = 0$  și nu la timpul  $t = -\infty$  rezultă că legea lui Gauss este aproximativă. Totuși această aproximație este foarte bună, mai ales când abaterea tip este mică în raport cu media  $M$ . Rezultă că deci  $M \geq 3$  se poate înlocui limita inferioară a integralei ( $-\infty$ ) cu  $t = 0$ . Aceasta deoarece

pentru  $t \leq M - 3\sigma$ , din tabele rezultă că  $F(t) = 1,3 \times 10^{-3}$ , deci probabilitatea apariției unei căderi este foarte mică, sub 0,2 % și se poate neglija în cazul că această condiție nu este îndeplinită, adică  $M < 3\sigma$ , se poate egala la o distribuție trunchiată, iar în alte cazuri este preferabil să se treacă de la legea normală la legea log - normală (legea lui Galton), care are avantajul de a avea  $f(t) = 0$  la  $t = 0$ .

Funcția fiabilității în cazul repartiției normale este dată de relația :

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \exp. \left[ -\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (2.25)$$

În figura 2.7 sînt reprezentate curbele  $R(t)$  și  $F(t)$  în cazul distribuției normale. Din analiza curbelor din figura 2.4 și 2.7 rezultă că, în cazul distribuției exponențiale, funcția fiabilității  $R(t)$  descrește în raport cu  $m$  (timpul de ore de funcționare) mult mai repede decît în cazul distribuției normale, referînd  $t$  la  $m$ .

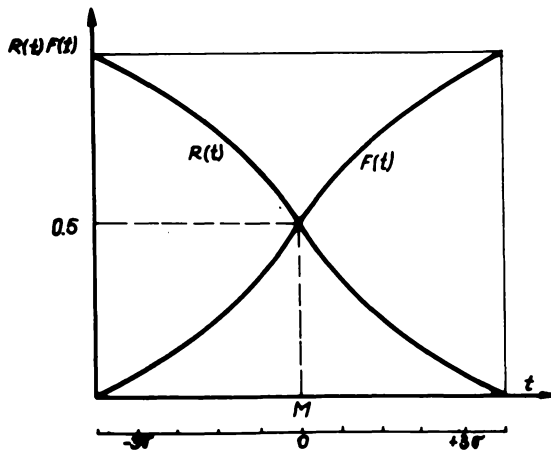


Fig.2.7

Funcția de repartiție care reprezintă probabilitatea căderii plugului pînă la momentul  $t$  este :

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt \quad (2.27)$$

Limita inferioară ( $-\infty$ ), în cazul evenimentului timp, nu are sens. Se poate înlocui cu  $t = 0$ , în condițiile arătate mai sus, sau se poate evita integrând de la  $t$  la  $+\infty$  și luând complementul integralei la 1.

Intensitatea de defectare în cazul distribuției normale este crescătoare, o creștere accentuată remarcându-se când plugul a încheiat perioade de funcționare normală. Relația de calcul a intensității de defectare este :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{F(t)}$$

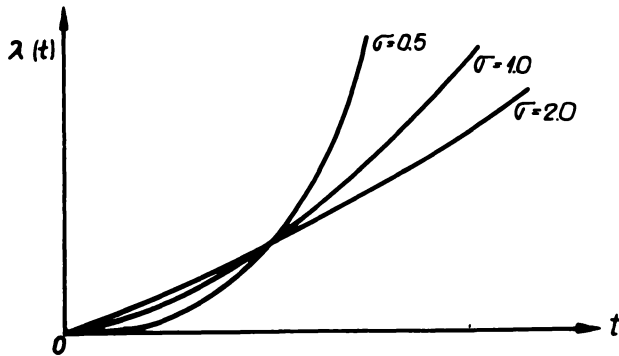


Fig.2.3

În figura 2.3 sînt reprezentate curbele  $\lambda(t)$  pentru  $\sigma = 0,5$ ,  $\sigma = 1$  și  $\sigma = 2$ .

Alte valori caracteristice distribuției normale sînt :

- Dispersia .....  $D_2 = \sigma^2$
- Abaterrea tip .....  $D(T) = \sigma$
- Valoarea medie .....  $E(T) = \mu = \mu$



- Coeficientul de variație .....  $C_v (t) = \sigma/\mu$
- Momentul centrat de ordinul trei .....  $\mu_3 = 0$
- Momentul centrat de ordinul patru .....  $\mu_4 = 3\sigma^4$
- Coeficientul de simetrie .....  $\beta_1 = 0$
- Coeficientul de excoes .....  $\beta_2 = 3$

Deoarece calculul integralelor  $R(t)$  și  $F(t)$  este incomod, printr-o schimbare de variabilă întâmplătoare  $T$ , la variabila normală standard  $Z = (t - M) \sigma^{-1}$ , se obține distribuția normală normală cu densitatea.

$$f_0(t) = f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-z^2/2\right] \quad (2.2)$$

și parametrii  $M = 0$  și  $\sigma^2 = 1$  (figura 2.9).

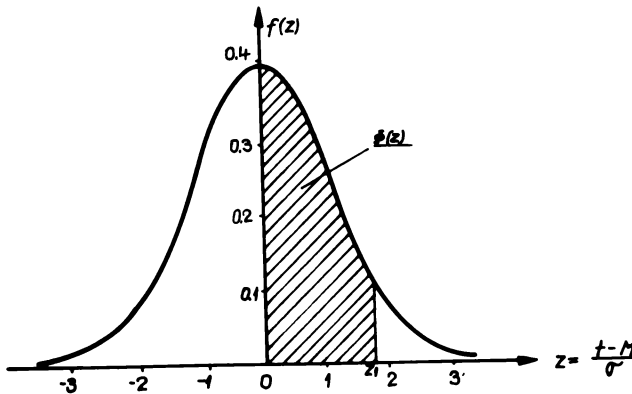


Fig.2.9

Ordonata maximă este  $f(0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-0/2} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} = 0,3989$

Aria mărginită de curba  $f(z)$  în intervalul  $(-z, 0)$  este egală și de sens contrar cu aria limitată în intervalul  $(0, z)$ . Din această cauză funcția de repartiție se poate scrie sub forma :

$$F_0(t) = F(z) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-s^2/2} ds \quad (2.29)$$

Integrala :

$$\Phi(z) = \frac{1}{2} \int_0^z e^{-s^2/2} ds \quad (2.30)$$

reprezintă aria măsurată din figura 2.9 și se numește funcția lui Laplace. De remarcat că :

$$\Phi(0) = 0 ; \Phi(-z) = -\Phi(z) ; \Phi(+\infty) = \frac{1}{2} ; \Phi(-\infty) = -\frac{1}{2}$$

Ca urmare, funcția de repartiție  $F(z)$  se poate scrie sub formă :

$$F(z) = \frac{1}{2} + \Phi(z) \quad (2.31)$$

Se poate trece de la distribuția normală normată la distribuția normală a variabilei  $T$ , adică :

$$F(t) = F(z) \quad \text{unde} \quad z = \frac{t - \mu}{\sigma} \quad (2.32)$$

Conform relației (2.32), ordonata unui punct corespunzător de pe curba  $F(z)$  este egală cu ordonata punctului corespunzător de pe curba  $F(t)$ , iar abscisa punctului respectiv rezultă din relația  $t = z\sigma + \mu$ .

În domeniul fiabilității la mașinile agricole, repartiția normală reflectă buna comportare a unor elemente care în timpul lucrului suferă de fenomene de uzare. Legea normală de repartiție reflectă bine repartiția valorilor uzurilor limită ale pieselor, dispersia resurselor totale și remanente ale pieselor, dispersia pieselor de schimb necesare reviziilor și reparațiilor.

REPARTIȚIA WEIBULL are numeroase aplicații în cele mai diverse domenii de activitate (controlul produselor, durabilitate etc.). Are o largă răspândire deoarece înglobează modelele exponențiale, Rayleigh

normal și altele sub formă de cazuri particulare [4, 55, 65, 87], poate descrie fenomene și procese de o complexitate ridicată și caracterizează mai bine caracteristicile repartizate asimetric.

Repartiția Weibull apare în diferite lucrări într-o varietate mare de forme. Se prezintă trei dintre cele mai importante variante. Prin transformări simple se poate trece de la o formă la alta și utiliza cea mai potrivită situație concretă de studiat.

Repartiția Weibull prezintă o mai bună legătură cu repartițiile exponențiale, Rayleigh și normală.

Densitatea de probabilitate în varianta bimodă este dată de relația

$$f(t) = b \lambda t^{b-1} e^{-\lambda t} \quad (2.35)$$

unde :

$b$  este parametrul de formă, definește alura curbei Weibull.

Din relația (2.35) și figura 2.10 se observă că pentru  $b = 1$  modelul Weibull corespunde repartiției exponențiale, pentru  $b = 2$  repartiția Rayleigh, iar pentru  $b = 3,5$  la care  $\beta_1 = 0$  și  $\beta_2 = 2,72$  se constată o asemănare mare cu modelul normal.

Funcția de repartiție a caderilor are expresia :

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t^b) \quad (2.36)$$

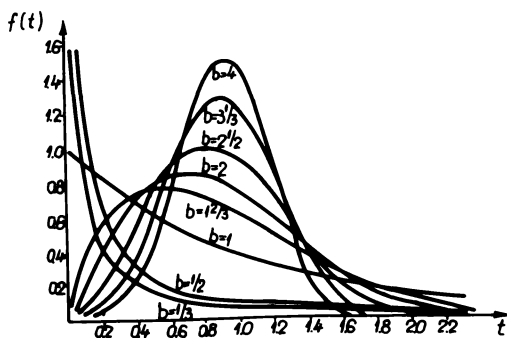


Fig.2.10

Funcția fiabilității sau probabilitatea funcționării fără căderi se stabilește cu ajutorul relației :

$$R(t) = \exp(-\lambda t^b) \quad (2.35)$$

Intensitatea de defectare se stabilește cu ajutorul relației :

$$\lambda(t) = b \lambda t^{b-1} \quad (2.36)$$

Timul mediu de bună funcționare este dat de relația :

$$T_{mbf} = \int_0^{\infty} R(t) dt = \frac{\Gamma(1/b + 1)}{\lambda^{1/b}} \quad (2.37)$$

unde :  $\Gamma$  reprezintă funcția gama.

MODELUL LEGII LEIBULL-NORMATA este caracterizat prin următoarele funcții : funcția de frecvență (densitatea de probabilitate), funcția de repartiție a căderilor, funcția de fiabilitate, intensitatea de defectare și timpul mediu de bună funcționare.

Funcția de frecvență a legii Leibull (densitatea de probabilitate) în forma normală, este dată de relația :

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\frac{t}{a}\right)^b \quad (2.38)$$

unde :

$$a = 1/\sqrt[b]{\lambda} \text{ rezultând din relația } \lambda = 1/a^b.$$

Funcția de repartiție a căderilor la forma normală a legii Leibull se stabilește cu ajutorul relației :

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right] \quad (2.39)$$

Funcția de fiabilitate se calculează cu ajutorul expresiei :

$$R(t) = \exp\left(-\frac{t}{a}\right)^b \quad (2.40)$$

Pentru orice valoare a parametrului  $b$ , toate curbele trec prin punctul  $M$  de coordonate  $t/a = 1$  și  $R(t) = e^{-1} = 0,36783$ .

Intensitatea de defectare se stabilește cu ajutorul relației :

$$\lambda(t) = b/a (t/a)^{b-1} \quad (2.41)$$

Timpu mediu de bună funcționare este dat de expresia :

$$T_{mbf} = a \Gamma(1/b + 1)$$

MODELUL TRILIBRUL TRIPARAMETRIC include al treilea parametru  $c$ , numit parametru de localizare sau reperaj. Acesta reprezintă perioada minimă de funcționare în care nu se constată nici un defect, adică  $R(t) = 1$ . Acest parametru indică funcționarea tuturor elementelor urmărite între 0 și  $c$ . Punctul 0 poate fi momentul dării în exploatare a utilajului, al începerii testării în laborator sau al observației în exploatare. Cu excepția unor cazuri particulare, parametru de localizare este nul și ca urmare se obține forma normală a repartiției.

Densitatea de probabilitate de defectare are expresia :

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t-c}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\frac{t-c}{a}\right)^b \quad (2.42)$$

unde :

$$t > c ; a > 0 \text{ și } b > 0.$$

Funcția de repartiție are forma :

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t-c}{a}\right)^b \quad (2.43)$$

și exprimă probabilitatea ca defecțiunea să apară în intervalul  $c - t$ .

Funcția fiabilității (probabilitatea funcționării fără căderi până la momentul  $t$ ) este :

$$R(t) = \exp\left(-\frac{t-c}{a}\right)^b \quad (2.44)$$

Intensitatea de defectare este dată de relația :

$$\lambda(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t-c}{a}\right)^{b-1} \quad (2.45)$$

$$\lambda(t) = 0 \quad \text{pentru } t < c \quad (2.46)$$

Timul mediu de bună funcționare rezultă din relația :

$$T_{mbf} = c + a \Gamma\left(\frac{1}{b} + 1\right) \quad (2.47)$$

Alte caracteristici numerice mai importante ale repartiției

Weibull sint :

Dispersia :

$$D^2(T) = a^2 \left[ \Gamma(2/b+1) - \Gamma^2(1/b+1) \right] \quad (2.48)$$

Abateres tip :

$$D(T) = a \sqrt{\Gamma\left(\frac{2}{b} + 1\right) - \Gamma^2\left(\frac{1}{b} + 1\right)} \quad (2.49)$$

Coefficientul de variație :

$$C_v(T) = \left[ \frac{\Gamma(1 + 2/b)}{\Gamma^2(1 + 1/b)} - 1 \right]^{1/2} \quad (2.50)$$

**APRECIERI PRIVIND ALEGAREA LEGILOR DE R.PARTITIE.**

Repartițiile continue descrise pot fi considerate drept repartiții teoretice ale timpului de funcționare fără defecțiuni a sistemelor studiate.

Repartiția exponențială negativă se indică a fi utilizată numai atunci când există motive temeinice de a neglija influența uzurii. Ipoteza că intensitatea de defectare  $\lambda(t)$  este constantă se identifică cu ipoteza că proprietățile fizico-chimice ale materialelor sînt invariabile în timp. În realitate toate sistemele tehnice suferă o uzură și îmbătrînire. Fenomenele de oboseală, uzură etc. conduc la legi de repartiție mai complexe (legea normală, legea Weibull etc.).

Cu ajutorul datelor experimentale se stabilește funcția de repartiție empirică care estimează, într-o măsură mai mare sau mai mică, legea de repartiție teoretică.

Alegerea modelului statistic se face, în general, în două etape :

- se determină tipul de lege de repartiție aplicabilă fenomenului luat în studiu ;

- se determină parametrii legii după care se desfășoară fenomenul studiat.

Alegerea legilor de repartiție se face după criteriile empirice sau metode grafice. Criteriile empirice se bazează pe unele proprietăți caracteristice proprietăților statistice. Metodele grafice constituie o cale aproximativă de stabilire a legii de repartiție, prin prezentarea datelor experimentale prin intermediul histogrammei.

Repartiția exponențială are coeficientul de variație teoretic egal cu unitatea.

Această proprietate poate fi folosită în practică când dintr-un set de date experimentale  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  se obține media  $\bar{t}$  și abaterea tip  $S$ , iar  $t \approx S$ . În această situație este plauzibil că datele de observație să fi provenit dintr-o populație exponențială, deoarece :

$$C_v = \frac{S}{\bar{t}} = 1 \quad (2.51)$$

Sînt și alte repartiții care au această proprietate (repartiția POISSON, repartiția "INVERS gaussiană") la care media teoretică este egală cu dispersia teoretică.

Valabilitatea ipotezei asupra modelului exponențial se verifică prin mediana de selecție. Deci pe lângă  $t_{RS}$  are loc și egalitatea  $M_0 \approx \int_0^{\infty} 2/\bar{t}$  ; atunci există certitudinea că datele experimentale provin dintr-o populație exponențială.

Ipoteza că datele experimentale se supun unei legi de repartiție normală se acceptă cînd  $C_v$  are valori mai mici de 0,33. Pen-

tru valori ale coeficientului de variație  $C_v$ , cuprinse între 0,33 și 1 se admite ipoteza unei legi de repartiție Weibull [58].

## 2.6. Teste pentru validarea ipotezei privind legea de repartiție.

Înainte de a proceda la exploatarea rezultatelor unui experiment, la formularea de concluzii este necesar să se verifice că ipoteza privind legea de repartiție admisă este valabilă. Este necesar să se verifice că datele experimentale nu contravin ipotezei formulate privind legea de repartiție aleasă ca model.

Teoria verificării ipotezelor statistice permite găsirea răspunsului la două genuri de întrebări : primul, referitor la natura repartiției datelor experimentale, iar cel de al doilea, asupra parametrului necunoscut al repartiției. Ipoteza statistică este întotdeauna făcută asupra populației și nu a eșantionului pe care îl avem la dispoziție.

Dacă  $T$  reprezintă caracteristica unui produs al cărui comportament îl studiem, atunci se fac măsurători asupra acestei caracteristici și se construiește histograma. Aceasta ne sugerează tipul de repartiție. Testul statistic obligă în final luarea cu un anumit risc, a uneia din cele două decizii, acceptare sau respingere.

TESTUL  $\chi^2$  este un test neparametric, care se aplică la toate distribuțiile și reprezintă o importantă aplicație a repartiției [27, 91].

Pentru a aplica acest test, este necesar un număr important de date ( $n > 50$ ). Pe baza eșantionului  $t_1, t_2, \dots, t_n$  efectuat asupra unei variabile aleatoare  $T$ , cu funcție de repartiție  $F(t)$ , se verifică ipoteza reală :

$$H_0 : F(t) = \bar{F}(t)$$

unde :

$F(t)$  este funcția de repartiție specificată.



Acest test constă în :

- divizarea duratei de observație în  $k$  intervale astfel încât  $k > 3$ , iar numărul mediu de defecțiuni în fiecare interval  $n p_i > 5$ , unde  $p_i = F(t_i) - F(t_{i-1})$  este probabilitatea de defecție în intervalul  $t_{i-1}, t_i$ .

- calculul numărului mediu de defecțiuni pe fiecare interval.

Dacă numărul parametrilor necunoscuți este  $\ell$ , atunci se demonstrează în statistica matematică, că expresia :

$$\chi^2_{calc} = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n p_i)^2}{n p_i} \quad (2.52)$$

Urmează la limită o repartiție  $\chi^2$  cu  $k - \ell - 1$  grade de libertate. Din tabelele corespunzătoare repartiției  $\chi^2$  se citește valoarea  $\chi^2_{\epsilon}$  ( $\epsilon$  este nivelul de încredere).

Ipoteza se acceptă când  $\chi^2_{calc} < \chi^2_{\epsilon}$ , afirmând că există o concordanță între repartiția teoretică presupusă și cea empirică dată.

TESTUL KOLMOGOROV-SMIRNOV numit și de distanță, evaluează distanța dintre funcție empirică de repartiție  $\bar{F}(t)$ , generată de datele experimentale și funcția teoretică  $F(t)$  aleasă după model. În baza teoremei lui Kolmogorov, îmbunătățită de Smirnov, pentru nivelul de încredere  $1 - \alpha$ , se poate scrie relația :

$$P(\max d_u) \leq \frac{\lambda \alpha}{\sqrt{n}} = 1 - \alpha \quad (2.53)$$

unde :

$$d_u = \left| F(t_i) - \bar{F}(t_i) \right| \quad (2.54)$$

Statistica testului este distanța maximă  $d_{max}$  dintre funcția de repartiție empirică și cea teoretică (fig.2.11).

În tabele sînt date valorile  $\lambda \alpha / \sqrt{n}$  pentru care :

$$P \left[ \max \left| F(t_i) - \bar{F}(t_i) \right| \leq \frac{\lambda \alpha}{\sqrt{n}} \right] = 1 - \alpha \quad (2.55)$$

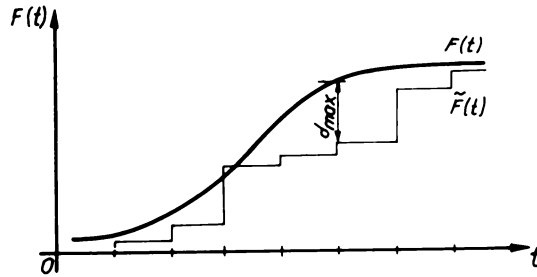


Fig.2.11

Dacă  $d_{max}$  calculat este mai mic decât  $\lambda \alpha / \sqrt{n}$  tabelat se acceptă ipoteza.

TESTUL BINOMIAL este un test general neparametric [27,91]. Cunoșcând funcția de distribuție teoretică  $F(t)$  a unei variabile aleatoare  $T$ , probabilitatea de a observa o valoare inferioară sau egală cu  $t$  este  $F(t)$ . Când încrederea este repetată de  $n$  ori, proporția de rezultate inferioare sau egale cu  $t$ , fie  $F(t)$  este o variabilă aleatoare care urmează o lege binomială cu densitatea de probabilitate :

$$B [n, F(t)] = \frac{n!}{(n-1)! 1!} F(t)^1 [1 - F(t)]^{n-1} \quad (2.56)$$

Dacă se cunosc limitele fluctuațiilor aleatoare ale lui  $\tilde{F}(t)$  la un prag de încredere dat și dacă  $\tilde{F}(t)$  este în toate punctele, între aceste limite, ipoteza unei distribuții  $F(t)$  poate fi acceptată.

Probabilitatea de a observa cel mult  $i$  căderi  $i = nF(t)_1$  este:

$$P(T \leq i) = \sum_{i=1}^1 B [nF(t)] \quad , \quad (2.57)$$

iar probabilitatea de a observa cel puțin  $i$  căderi este :

$$P(T \geq i) = 1 - P(T < i) = 1 - \sum_{i=1}^1 B [n, F(t)] \quad (2.58)$$

Dacă  $F_1(t)$  și  $F_2(t)$  sînt limitele intervalului de încredere cu nivelul  $1 - \alpha$ , considerînd un interval de încredere centrat  $1 - \alpha$ , se obține :

$$\frac{\alpha}{2} = I \left[ i + 1, n - i, F_2(t) \right], \quad (2.59)$$

iar

$$1 - \frac{\alpha}{2} = I \left[ i, n - i - 1, F_1(t) \right] \quad (2.60)$$

unde :

$I(p, q, t)$  reprezintă funcția Beta de parametrii  $p, q$ .

Se caută în tabelele funcției Beta incomplete pentru  $p = i + 1$  și  $q = n - i$ , valoarea  $F_2(t)$  astfel că :

$$I \left[ p, q, F_2(t) \right] = 0,95 \quad (2.61)$$

De asemenea se caută pentru  $p = i$  și  $q = n - i - 1$  valoarea  $F_1(t)$  astfel că :

$$I \left( p, q, F_1(t) \right) = 0,95 \quad (2.62)$$

Dacă valorile  $F(t)$  sînt cuprinse între  $F_2(t)$  și  $F_1(t)$ , ipoteza concordanței repartiției teoretice cu cea empirică se acceptă cu un nivel de încredere de 95 %. Cel mai precis este testul binomial, apoi testul Kolmogorov-Smirnov și în fine testul  $\chi^2$ .

Testele speciale asociate unei anumite repartiții statistice sînt : testul Shapiro-Wilk se aplică unei variabile exponențiale, testul Pearson-Geary se folosește pentru verificarea concordanței repartiției empirice cu repartiția teoretică normală (sînt peste 40 de teste [119]) și testul Mann, reprezentînd mai multe criterii analitice de adecvare a legii Weibull.

## 2.7. Estimarea parametrilor legilor de repartiție.

Estimarea parametrilor populației se poate face în două mo-

duri : estimarea punctuală și estimarea prin intervale de încredere. Dacă pentru parametrul estimat se calculează o singură valoare, estimarea se numește punctuală, în sensul că reprezintă un punct pe dreapta reală. Cînd pentru fiecare valoare tipică (parametri), se calculează un interval, în care să se găsească valoarea teoretică estimată cu o probabilitate dată, estimarea se numește prin intervale de încredere.

ESTIMAREA PARAMETRILOR DE ÎNTRU UNULUI TIP DE ABATERI se face în mod frecvent prin estimarea punctuală și prin intervale de încredere.

Estimarea punctuală și fiabilitatea trebuie cunoscute cu multă precizie, valoarea medie a timpului între căderile datorate uzurii (timpul mediu de uzură  $\bar{t}$ ) și a abaterii tip  $\bar{\sigma}$  pentru a putea stabili periodicitatea reviziilor tehnice și repartițiilor cînd se recondiționează sau se înlocuiesc piesele uzate.

Cunoscînd duratele de funcționare ale componentelor care s-au defectat datorită uzurii, se estimează timpul mediu de uzură  $\bar{t}$  și dispersia  $S^2$  cu ajutorul relațiilor :

$$\bar{\mu} = \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} ; \quad \bar{\sigma}^2 = S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 \quad (2.63)$$

care dau estimatori nedeplasați pentru  $\mu$  și  $\bar{\sigma}^2$ .

Estimarea abaterii standard a populației normale se poate face direct prin extragerea rădăcinii pătrate din  $\bar{\sigma}^2$ . Un estimator nedeplasat pentru  $\bar{\sigma}$  se poate calcula, cînd  $n$  este suficient de mare, cu ajutorul coeficientului de conversie  $c$ , folosindu-se relația:

$$\bar{\sigma} = c \cdot S \quad \text{unde} \quad c = \sqrt{(n-1)/(n-3/2)} \quad (2.64)$$

Pentru  $n$  relativ mare, după Dixon și Massey, constanta :

$$c_n = 1 + \frac{1}{4(n-1)} \quad (2.65)$$

poate fi folosită drept factor de nedepășare pentru  $S$ , adică :

$$\bar{G} = \sum_n S \tag{2.66}$$

este estimatorul căutat.

Estimarea prin intervale de încredere

În cazul în care abaterea medie pătratică  $G$  este cunoscută, intervalul de încredere al mediei teoretice  $M$  este dat de relația:

$$\bar{M} - \frac{G}{\sqrt{n}} z_{\alpha/2} < M < \bar{M} + \frac{G}{\sqrt{n}} z_{\alpha/2} \tag{2.67}$$

unde :

$z_{\alpha/2}$  este cvantila repartiției normale standard.

Relația (2.67) se poate aplica și în cazul abaterii tip  $G$ , dacă este estimată prin  $S$ , cînd  $n > 25$ .

Cînd nu se cunoaște  $G$ , iar numărul căderilor  $n < 25$ , se folosește intervalul de încredere dat de relația :

$$\bar{M} = \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha/2, j^{n-1}} < M < \bar{M} + \frac{S}{\sqrt{n}} t_{\alpha/2, j^{n-1}} \tag{2.68}$$

unde :

$t_{\alpha/2, j^{n-1}}$  reprezintă cvantila repartiției studiate cu  $n-1$  grade de libertate.

Intervalul de încredere pentru dispersie în ipoteza mediei necunoscute și estimată prin  $\bar{M}$ , este dat de relația :

$$\frac{\sum_1^n (t_i - \bar{M})^2}{\chi^2_{\frac{1+\alpha}{2}, j^{n-1}}} < \sigma^2 < \frac{\sum_1^n (t_i - \bar{M})^2}{\chi^2_{\frac{1-\alpha}{2}, j^{n-1}}} \tag{2.69}$$

unde :  $\chi^2_{a,b}$  reprezintă  $a$ -cvantila repartiției  $\chi^2$  cu  $b$  grade de libertate.

**ESTIMAREA PARAMETRILOR LEGII WEIBULL.**

Parametrii legii Weibull pot fi estimați cu mai multă precizie prin metode analitice. Dintre acestea am considerat mai importantă metoda celor mai mici pătrate (MCMP) și metoda verosimilității maxime (MVM).

Estimarea parametrilor prin MCMP.

Se aplică în general la aprecierea parametrilor legii Weibull de forma biparametrică.

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t^b} \quad \text{sau} \quad e^{-\lambda t^b} = \frac{1}{1 - F(t)} \quad (2.70)$$

Printr-o dublă operație de logaritmare rezultă :

$$\ln \quad + \quad b \ln t = \ln \ln \frac{1}{1 - F(t)} \quad (2.71)$$

În relația (2.71) se notează  $\ln \lambda = a_1$ , iar  $\ln \ln \frac{1}{1 - F(t)} = y$

În acest caz se obține :

$$y = a_1 + b \ln t \quad (2.72)$$

Folosind principiul celor mai mici pătrate, conform căruia suma S să fie minimă,

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - a_1 - b \ln t_i)^2 = \min.$$

Prin anularea derivatelor parțiale, se obține un sistem de două ecuații care conduc la stabilirea parametrilor.

$$\hat{a}_1 = \frac{\left( \sum_{i=1}^n y_i \right) \left( \sum_{i=1}^n \ln^2 t_i \right) - \left( \sum_{i=1}^n y \ln t_i \right) \left( \sum_{i=1}^n \ln t_i \right)}{n \left( \sum_{i=1}^n \ln^2 t_i \right) - \left( \sum_{i=1}^n \ln t_i \right)^2} \quad (2.73)$$

$$\hat{b} = \frac{n \left( \sum_{i=1}^n y_i \ln t_i \right) - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right) \left( \sum_{i=1}^n \ln t_i \right)}{n \left( \sum_{i=1}^n \ln^2 t_i \right) - \left( \sum_{i=1}^n \ln t_i \right)^2} \quad (2.74)$$

Pentru estimarea funcției de repartiție în punctele  $t_i$ , se folosește estimatorul :

$$\hat{F}(t_i) = \frac{i - 1/2}{n} \quad \text{sau} \quad \hat{F}(t_i) = \frac{i}{n+1}$$

Cunoscând parametrul  $\hat{a}_1$  dat de relația (2.73) și relația (2.71) se obține parametrul  $\hat{\lambda} = e^{a_1}$ , cu ajutorul parametrilor  $\hat{\lambda}$  și  $b$  se estimează indicele de fiabilitate ca :  $R(t)$ , Tmbf și alții. În acest caz :

$$R(t) = \exp. (- \hat{\lambda} t^{\hat{b}})$$

#### Estimarea parametrilor prin MVA

Se aplică la modelul Weibull triparametric, când  $c$  este cunoscut sau  $c = 0$ . Pornind de la relația :

$$f(t) = \frac{b}{a} \left( \frac{t-c}{a} \right)^{b-1} \exp \left( - \frac{t-c}{a} \right)^b,$$

după logaritmarea, calculând derivatele parțiale în raport cu  $b$  și  $a$ , după anularea lor, rezultă un sistem pentru care se obține în final când  $c = 0$ , egalitatea :

$$\frac{n}{b} + \sum_{i=1}^n \ln t_i = \frac{n \sum_{i=1}^n t_i^b \ln t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^b} \quad (2.75)$$

$$a = \sqrt[b]{\frac{\sum_{i=1}^n t_i^b}{n}} \quad (2.76)$$

Ecuațiile (2.75) se pot rezolva și prin metoda aproximațiilor

successive sau dând diferite valori parametrului  $b$  între 1 și 3,5 pînă ce se egalează cei doi termeni ai relației. Parametrul  $b$  se poate determina mai ușor pe cale grafică. În relația (2.75) se notează :

$$y_1 = \frac{n}{b} + \sum_1^n \ln t_1 \quad ; \quad y_2 = \frac{n \sum_1^n t_1^b \ln t_1}{\sum_1^n t_1^b}$$

În intervalul 1 - 3,5 se dau cca 7 valori lui  $b$  și se construiește graficul cu valorile  $y_1$  și  $y_2$ .

### 2.3. Contribuții personale și concluzii.

Cercetările teoretice asupra fiabilității se referă la sintetizarea și evidențierea celor mai importanți parametri ai fiabilității, mentenabilității și disponibilității utilajelor agricole. De asemenea, s-au prezentat principalele legi teoretice de repartiție și valorile lor caracteristice, s-a realizat o diversificare a calculului statistico-matematic pentru o bună alegere a modelului teoretic și o corectă evaluare a caracteristicilor cantitative ale acestuia.

Din analiza testelor pentru validarea ipoteselor privind legea de repartiție, rezultă că uneori, pentru un număr redus de observații, testele permit acceptarea a două sau chiar trei legi de repartiție, ceea ce nu are sens. În aceste cazuri se folosesc alte metode prin calculul funcțiilor de regresie și evaluarea abaterilor față de punctele observate.

Pentru estimarea legii teoretice de repartiție s-au prezentat metode empirice punându-se accent pe rezultatele confirmate de cercetările experimentale. S-a făcut și o analiză a unor metode de estimare a parametrilor legilor de repartiție, stabilindu-se în mod concret domeniul de aplicare. Metodele de estimare punctuală și prin intervale de încredere se vor aplica la analiza cercetărilor experimentale.



### Capitolul 3

#### CONTROLUL AUTOMAT AL UNOR MARIMI FOLOSITE LA DETERMINAREA INDICIILOR DE FIABILITATE.

##### 3.1. Influența uzurii tăișului brăzdarelor asupra parametrilor de tracțiune.

Plugurile cu brăzdare uzate s-au încercat pe solurile grele și foarte grele din Banat, de tipul "lăcoviștilor asfaltice", cu o rezistență specifică la arat  $k_0 = 1,2 - 1,5 \text{ daN/cm}^2$ .

Gradul de uzură și ascuțire a brăzdarelor s-a evidențiat prin opt variante de brăzdare, la care grosimea tăișului a fost marită din 0,5 în 0,5 mm, în limitele de la 0,5 la 4,0 mm.

Fiecare variantă a reprezentat trei brăzdare. Toate brăzdarele folosite la încercări au fost identice (STAS 5435-73) ; cele opt variante de grosimi ale tăișurilor brăzdarelor au fost realizate prin polizare.

Încercările în condiții de laborator-cîmp, pentru determinarea consumului de energie și a indicilor calitativi de lucru, s-au făcut conform metodei de încercare a plugurilor în condiții de laborator-cîmp.

În figura 3.1 sînt reprezentate formele (epurele) brăzdarelor uzate corespunzătoare celor opt variante.

Pregătirea agregatului pentru lucru s-a făcut după cum urmează :

- expertiza tehnică (verificarea calității de asamblare a trușițelor pe cadrul plugului, aprecierea construcției generale a plugului, executarea reglajelor necesare pentru un mers stabil al plugului) ;

- experimentările în condițiile de laborator-cîmp au început după ce s-au efectuat și verificat reglajele la plug, corespunzător



Fig. 3.1

toare respectării parametrilor calitativi de lucru (adâncime, lățime etc.) și a stabilității agregatului de arat.

Terenul pe care s-au efectuat încercările a fost orizontal și neted, fără denivelări. Experimentările s-au efectuat cu agregatul de arat format din tractorul U-650 și plugul purtat P-4 (3) - 30 pe care s-au montat toate variantele încercate.

În urma măsurătorilor efectuate asupra adâncimii de lucru  $a$  și lățimii de lucru  $b$ , s-au efectuat următoarele calcule statistice :

- S-a stabilit modelul probabilistic. Legea de repartiție a erorilor aleatoare de măsurare s-a stabilit cu strictețe, respectându-se numărul de repetiții de un număr mare de ori, în condiții identice, măsurarea mărimilor " $a$ ", " $b$ " și  $R_p$ , forța de rezistență și considerându-se numărul " $m$ " de rezultate ale măsurătorilor ce cad într-un anumit interval. Raportul dintre " $m$ " și " $n$ " (al tuturor măsurătorilor efectuate) se apropie de o constantă, situație care permite aplicarea teoriei probabilităților la studiul erorilor aleatoare de măsurare.

În modelul probabilistic teoretic erorile  $z = x - a$  și deci însăși rezultatele măsurătorilor  $x = a + z$  se consideră variabile ce pot lua orice valoare reală.

$$\frac{m}{n} \approx P(z_1 < z < z_2)$$

Aceasta se numește legea de repartiție a variabilei aleatoare "z".

- S-au trasat curbele de repartiție normală a erorilor aleatoare de măsurare după legea Gauss-Laplace.

$$f(z) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2\sigma^2}}$$

- S-a calculat probabilitatea ca erorile aleatoare să cadă în intervalul simetric  $(-z_1, z_1)$  în cazul unei repartiții normale, folosindu-se relația :

$$P(-z_1 < z < z_1) = P(|z| \leq z_1) = 2 \Phi \frac{z_1}{\sigma}$$

- S-a calculat abaterea (eroarea) medie pătratică de măsurare :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i (x_i - \bar{x})^2}$$

- S-a calculat media aritmetică a valorilor  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , adică :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- S-a calculat estimarea preciziei măsurătorilor :

$$\sigma^2 \approx s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$$

- S-au eliminat erorile grosolane :

$$t = \frac{x_0 - \bar{x}}{\sigma \sqrt{\frac{(n+1)}{n}}}$$

- S-a efectuat unificarea normalității repartiției prin criteriul de concordanță  $\chi^2$  ("hi pătrat").

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^g \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$$

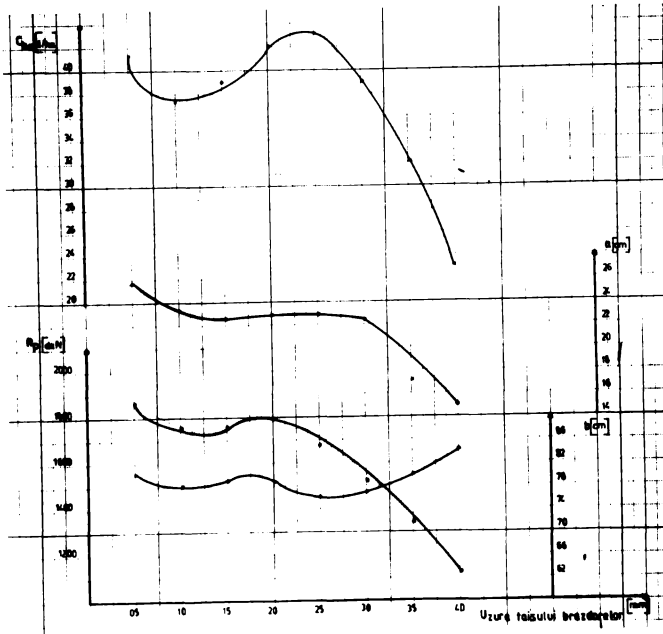


Fig. 3.2

Din analiza rezultatelor experimentale prezentate în tabelul 3.1, reprezentate grafic în figura 3.2, se constată următoarele :

- pe măsură ce uzura brăzdarilor crește, se reduce stabilitatea plugului în brazdă, când se micșorează și adâncimea de lucru de la  $a = 20$  cm la  $a = 20$  cm ;
- instabilitatea plugului se manifestă și în plan orizontal prin modificarea lățimii de lucru, de la  $b = 85,6$  cm la  $b = 73$  cm ;
- consumul de combustibil se micșorează o dată cu micșorarea secțiunii brazdei de la  $V_1 = 2032$  cm<sup>2</sup> la  $V_3 = 1130$  cm<sup>2</sup> ;
- forța de rezistență a plugului  $R_p$  se micșorează datorită

micșorării secțiunii brazdei.

Valorile coeficientului de variație  $V$  se modifică în limite mari, atât pentru  $a$  cât și pentru  $b$ , ceea ce indică o instabilitate mare a plugului în brazdă, atât pe verticală cât și pe orizontală.



Fig. 3.3

Din cercetările comparative ale brazderelor din figura 3.1 cu cele din figura 3.3, efectuate cu scopul de a stabili influența tipului de daltă asupra stabilității plugului, în timpul procesului de lucru și a influenței asupra consumului de combustibil, au rezultat următoarele : stabilitatea plugului în brazdă se îmbunătățește atât pe verticală cât și pe orizontală (adâncimea de lucru " $a$ " și lățimea de lucru " $b$ " se mențin în limitele acceptabile însă consumul de combustibil crește), brazdarele de tipul cu daltă din figura 3.3 rețin foarte bine plugul în brazdă în limitele reglate, chiar și în solurile tari și uscate.

Pentru o adâncime reglată de  $a = 25 - 20$  cm s-a obținut o medie de  $a = 25,30$  cm, cu un coeficient de variație  $V = 12,05$  %. Pentru lățimea de lucru reglată  $b = 85 - 81$  cm, s-a obținut o medie  $b = 83,14$  cm, cu un coeficient de variație  $V = 15,54$  %.

Actuala daltă a brăzdarului SA 5435-78 nu imprimă o stabilitate corespunzătoare după ce se uzează peste limitele admise. Daltă

Tabelul 3.1

Variante	PARAMETRULI DE EXPLOATARE										JUDICIUL ESTIMARE A REZULTATILOR EXPERIMENTALE			
	$a_m = \bar{x}$ (cm)	$b_m = \bar{x}$ (cm)	$a_m \times b_m$ (cm <sup>2</sup> )	$R_p$ (dat)	$k_0$ $\frac{(\text{dat})}{\text{cm}^2}$	$C_{ha}$ (1/h)	$V_1$ $\left(\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right)$	$U_m$ (%)	$C$ (cm)	$V$ (%)	$C$ (cm)	$V$ (%)		
V <sub>1</sub>	25,4	80,10	2032	1850	0,9	39	3,22	15,41	4,73	18,64	13,97	17,68		
V <sub>2</sub>	22,6	70,84	1736	1750	1,1	35	3,06	14,22	4,63	20,49	4,96	6		
V <sub>3</sub>	22,5	81,01	1800	1750	1,0	37	3,06	9,2	6,57	29,20	6,31	8,02		
V <sub>4</sub>	23,0	78,8	1812	1800	0,9	40	2,95	11,8	3,90	17	7,73	9,7		
V <sub>5</sub>	21,6	73,0	1576	1650	1,1	41	3,01	17,8	5,8	26,9	14,75	20,2		
V <sub>6</sub>	21,64	77,4	1670	1600	0,9	37	3,67	15,6	5,4	23,01	9,65	12,47		
V <sub>7</sub>	17,02	73,20	1346	1300	0,9	30	3,32	16,87	5,92	34,36	15,60	20,9		
V <sub>8</sub>	13,2	85,60	1130	1050	0,9	21	3,21	11,5	4,95	16,44	10,01	11,78		

de tip reglabil contribuie în același timp și la protejarea tăișului brăzdarului contra uzurii premature a acestuia deoarece dăta preia asupra ei cele mai mari solicitări din partea solului.

### 3.2. Analiza rezultatelor experimentale.

Analizând forma curbelor din figura 3.3, s-a stabilit că acestea reprezintă polinomul de gradul trei, adică :

$$\varepsilon = A_0 f^3 + A_1 f^2 + A_2 f + A_3 \quad (3.1)$$

În baza principiului celor mai mici pătrate, se scrie sistemul de ecuații normale, adică :

$$nA_0 + A_1 \sum_{i=1}^n f_i + A_2 \sum_{i=1}^n f_i^2 + \dots + A_m \sum_{i=1}^n f_i^m = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i$$

$$A_0 \sum_{i=1}^n f_i + A_1 \sum_{i=1}^n f_i^2 + A_2 \sum_{i=1}^n f_i^3 + \dots + A_m \sum_{i=1}^n f_i^{m+1} = \sum_{i=1}^n f_i \varepsilon_i$$

$$A_0 \sum_{i=1}^n f_i^2 + A_1 \sum_{i=1}^n f_i^3 + A_2 \sum_{i=1}^n f_i^4 + \dots + A_m \sum_{i=1}^n f_i^{m+2} = \sum_{i=1}^n f_i^2 \varepsilon_i$$

.....

$$A_0 \sum_{i=1}^n f_i^m + A_1 \sum_{i=1}^n f_i^{m+1} + A_2 \sum_{i=1}^n f_i^{m+2} + \dots + A_m \sum_{i=1}^n f_i^{2m} = \sum_{i=1}^n f_i^m \varepsilon_i$$

(3.2)

Prin rezolvarea sistemului de ecuații liniare independente, se determină valorile optime pentru coeficienții  $A_j$ ,  $j \in [1, m]$ . Deoarece forma funcției s-a considerat arbitrar, s-a verificat modul în care datele obținute reflectă mai tare sau mai slab procesul real.

Folosind datele din tabelul 3.1, cu care s-au trasat curbele din figura 3.2, prin rezolvarea sistemului (3.2), folosind schema

logică din figura 3.7, s-au obținut următoarele relații de regresie :

$$c_M = - 1,773 \cdot 10^{-2} f^3 + 3,533 \cdot 10^{-1} f^2 - 3,319 f + 47,57$$

$$a_M = - 7,265 \cdot 10^{-4} f^3 + 3,531 \cdot 10^{-2} f^2 - 5,678 \cdot 10^{-1} f + 25,622$$

Verificarea cu precizie, privind aproximarea dată curbei, s-a făcut prin determinarea intensității corelației  $I_{\varepsilon/f}$  care, pentru polinomul de gradul  $m$ , cînd datele sînt negrupate, este :

$$I_{\varepsilon/f} = \frac{A_0 \sum \varepsilon_1 + A_1 \sum f_1 \varepsilon_1 + A_2 \sum f_1^2 \varepsilon_1 + \dots + A_m \sum f_1^m \varepsilon_1 - \frac{(\sum \varepsilon_1^2)}{n}}{\sum \varepsilon_1^2 - \frac{(\sum \varepsilon_1)^2}{n}} \quad (3.3)$$

Corespunzător indicelui de corelație, calculîndu-se eroarea standard :

$$s_{1j} = \frac{1 - I_{\varepsilon/f}^2}{\sqrt{n - m_1}} \quad (3.4)$$

unde :

$m_1 = m + 1$  reprezintă numărul parametrilor din ecuația de regresie.

Aprecierea modului cum relația de regresie stabilită este apropiată procesului real, s-a făcut prin calculul abaterii medii pătratice - abaterea standard.

### 3.3. Instalație pentru vizualizarea la bordul tractorului a unor indicatori de fiabilitate.

Un plug este bine reglat și se află în echilibru cînd forța de rezistență a plugului este uniform repartizată pe cei doi tiranți laterali ai mecanismului de ridicare a plugului. Pornind de la aceste considerente, pe cei trei tiranți ai mecanismului de ridicare se montează captori electrotensometrici, dintre care, doi sînt des-



tinați măsurării forțelor de rezistență la tracțiune, iar cel de al treilea este montat pe tirantul central, supus la compresiune.

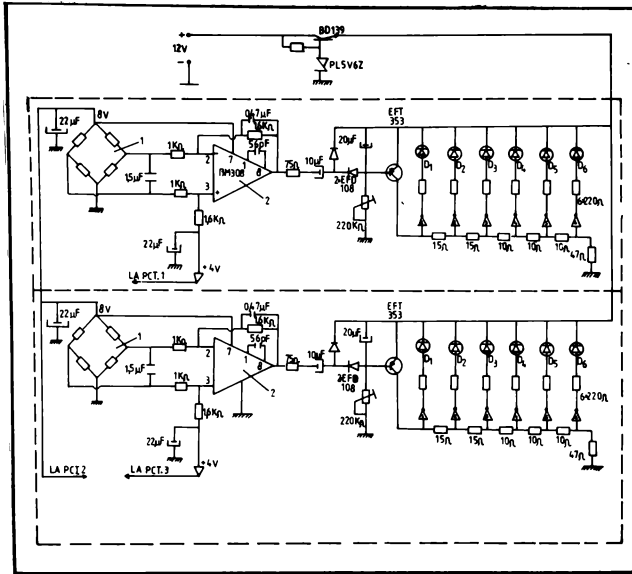


Fig. 3.4

In figura 3.4 este reprezentată schema instalației electrice care se montează pe cei doi tiranți laterali ai mecanismului de ridicare al tractorului. Instalația este formată din două captoare electrotensometriche 1 și două amplificatoare diferențiale propriu-zise 2. Ieșirea amplificatorului este conectată la intrarea etajului următor care este prevăzut la intrare cu un tranzistor EFT-353. Alegându-se în mod corespunzător valorile rezistențelor prin care se alimentează LED-urile notate cu  $D_1-D_6$ , se poate obține iluminarea succesivă a acestora, proporțional cu valoarea semnalului de la intrarea etajului. Deci pentru semnul egal cu zero, toate LED-urile sînt stinse. Pe măsură ce semnalul capătă valori mai mari, se aprind pe rînd celelalte LED-uri ( $D_1-D_6$ ).

Elementele amplificatoare care comandă fiecare LED sînt niște inversoare care intră în componența circuitelor integrate CDB 404.

Decă semnalul de la ieșirea din amplificatorul operațional este prea mic, se va intercala încă un etaj de amplificare care permite egalizarea semnalului în cele două canale. Stabilizarea se mai poate face și din potențiometrul de 22 K $\Omega$  din baza transistorului APT 353. Cînd semnalele din cele două canale sînt identice ca valoare, numărul de LED-uri care se aprind, pentru fiecare din cei doi tiranți longitudinali, este aceeași.

Indicatorul optic este alimentat cu o tensiune de 5 V. În acest sens este prevăzut un stabilizator care realizează această tensiune, din cea de 12 V de la bateria de acumulatori.

În figura 3.5 este prezentată schema blocului de alimentare diferențială a punții tensometrice și blocurile 4 de compensare a offsetului.

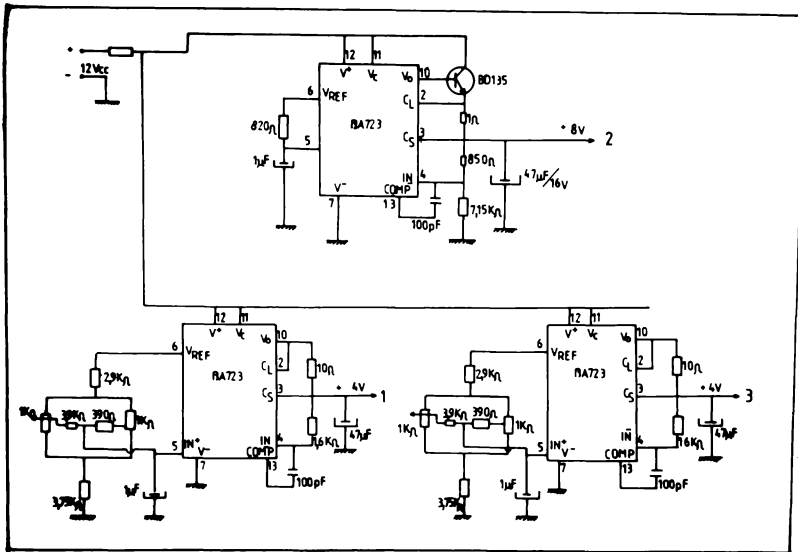


Fig. 3.5

Blocul de compensare a efectului este în esență o sursă de tensiune reglabilă și stabilizată care are rolul de a compune deriva tensiunii de ieșire datorată neîmperecherii timbrei tensometrice, a efectului propriu al circuitului diferențial și a derivatei termice generale.

Blocul de alimentare diferențială 3 se compune din două surse de tensiune continuă stabilizată de 4 V și respectiv 3 V. În acest mod există posibilitatea alimentării amplificatorului diferențial cu două tensiuni egale și de polaritate opusă.

Variațiile tensiunii de alimentare ale bateriei sunt eliminate prin utilizarea stabilizatoarelor de tensiune realizate cu circuitul integrat monolitic A 723, în tandem cu tranzistoare de putere medie BD 135, realizând o precizie de 0,001 % din variația de tensiune a sursei.

După etalonarea instalației de vizualizare, la bordul tractorului, a reglării corecte a plugului, s-au făcut încercări de exploatare prin care s-a constatat că dereglarea plugului în planul orizontal duce la creșterea forței de rezistență la tracțiune la unul din tiranții longitudinali și deci semnalizarea acestui fenomen la bordul tractorului. Conducătorul agregatului este, în acest caz, obligat să oprească tractorul și să regleze plugul pentru a obține solicitări egale în ambii tiranți longitudinali. Prin aceste reglaje sunt eliminate consumurile inutile de combustibil la hectar și prin urmare, crește capacitatea de lucru a agregatului, în condițiile respectării cerințelor agrotehnice.

#### 5.4. Instalație pentru vizualizarea la bordul tractorului a adâncimii de lucru a plugului.

Adâncimea de lucru a plugului este unul din parametrii foarte importanți cu care se apreciază calitatea lucrărilor executate.

In exploatare, adâncimea de lucru se măsoară cu ajutorul brăso-  
metrului [92]. Având în vedere că în urma uzării tăișului brăso-  
darului, adâncimea de lucru se micșorează, apare necesitatea vizualiză-  
rii la bordul tractorului a parametrului adâncimit de lucru. Micșo-  
rarea adâncinii, în acest caz, caracterizează uzura tăișului brăso-  
darului.

În figura 3.6 este reprezentată schema instalației destinată  
vizualizării, la bordul tractorului, a variației adâncinii de lucru  
a plugului. Instalația este formată din roata de copiere 1, meca-  
nismul 2, care transmite modificările poziției roții 1 la potențio-  
metrul 3. Variația tensiunii, la voltmetrul V, este proporțională cu  
înălțimea de ridicare a roții 1.

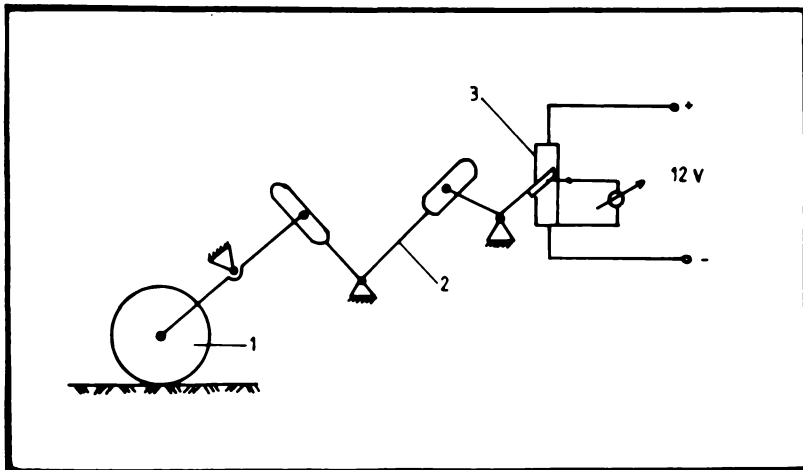


Fig.3.6

### 3.5. Contribuții personale și concluzii.

Studiile efectuate asupra influenței uzării tăișului brăso-  
darului asupra stabilității în lucru a plugului, au condus la următoarele :

- Pe soluri grele, tari și uscate, pe măsura uzării brăzdarelor, crește instabilitatea plugului în brazdă, atât pe adâncime cât și pe lățime.

- Brăzdarele echipate cu dălți de tipul celor din figura 3.3, imprimă plugului o stabilitate bună în brazdă, atât pe adâncime cât și pe lățimea de lucru, iar consumul de combustibil la hectar crește.

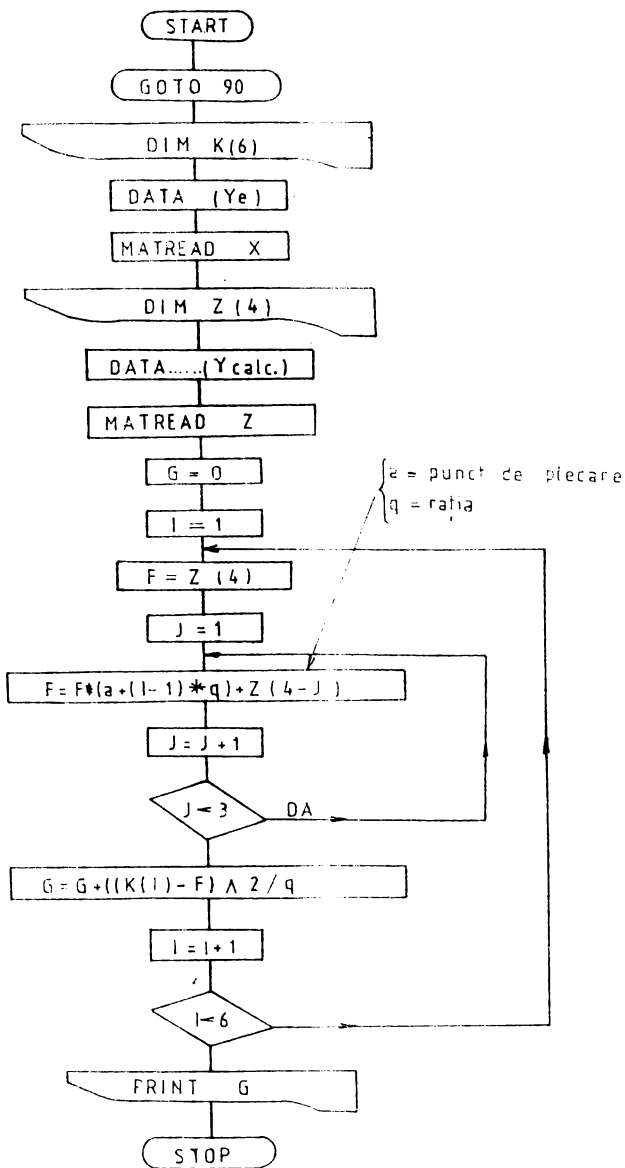
- Creșterea consumului de combustibil se datorează refacerii reglajelor în limitele admise de cerințele agrotehnice. Rezultatele încercărilor experimentale, prezentate în figura 3.2, s-au obținut în condițiile uzării tășului brăzdarelor, fără a interveni asupra restabilirii reglajelor, ceea ce a condus la efectuarea lucrărilor de arat în discordanță cu calitatea arăturilor. Pentru respectarea indicilor de calitate este necesar să fie refăcute reglajele, pentru menținerea în timpul lucrului a adâncimii și lățimii de lucru la aceeași valoare constantă, stabilită la începutul experiențelor. Ca urmare a forțelor de rezistență suplimentare care apar, după refacerea reglajelor, acționând asupra mecanismelor de reglare a stabilității plugului, se mărește cu cca 35% consumul de motorină, iar capacitatea de lucru se micșorează.

- Menținerea în timpul lucrului a parametrilor reglați, în concordanță cu cerințele agrotehnice, impune vizualizarea la bordul tractorului a corectitudinii reglării plugului. În acest sens, s-a conceput o instalație pentru vizualizarea adâncimii de lucru. Această semnalizează conducătorului agregatului abaterile de la adâncimea reglată.

- Instalația concepută și realizată pentru semnalizarea la bordul tractorului a stabilității în lucru a plugului, semnalizează conducătorului de agregat, inegalitatea forțelor de rezistență la tracțiune în tiranții laterali. La apariția semnalelor, conducă-

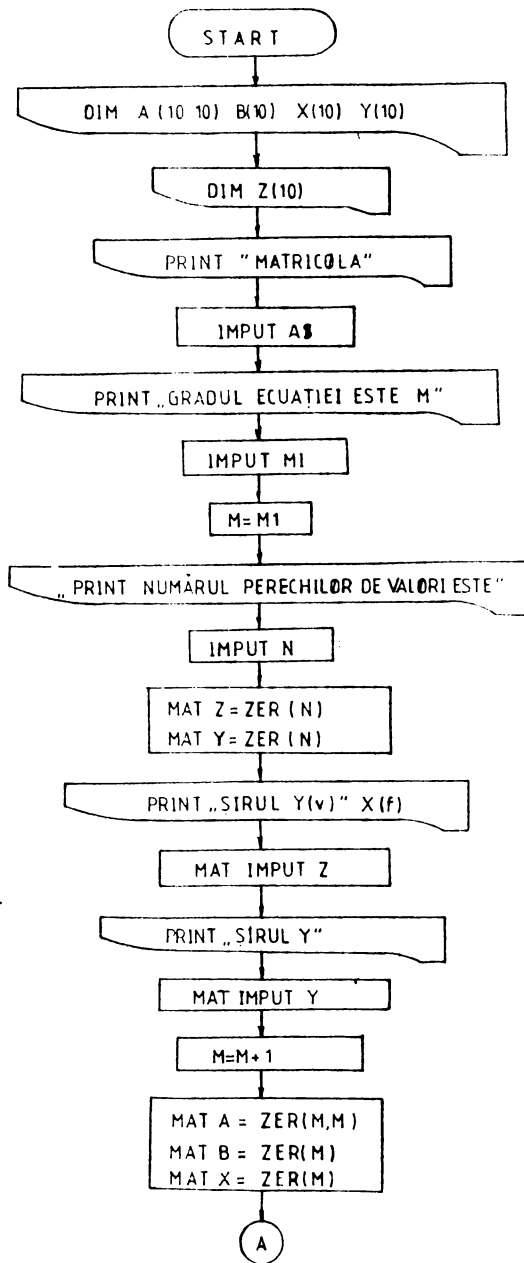
torul agregatului trebuie să execute corecturile de reglare, cu ajutorul mecanismelor destinate reglării stabilității plugului în planul orizontal.

- Modelul matematic stabilit pentru determinarea coeficienților relațiilor de regresie a permis o interpretare corectă a rezultatelor experimentale. Cercetarea teoretică prin care s-au stabilit ecuațiile ce au fost introduse în calculator și s-au determinat coeficienții  $A_j$  pentru stabilirea polinoamelor care se reprezintă cât mai fidel stabilitatea plugurilor, a fost corect efectuată.

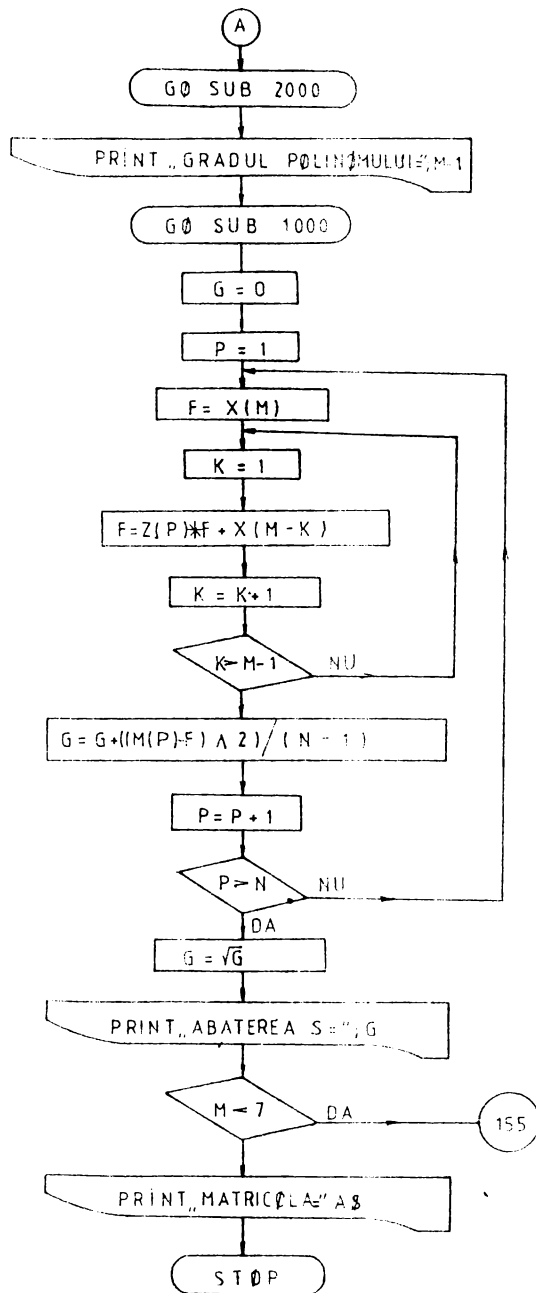


SUBPROGRAM DE VERIFICARE A  
 REZULTATELOR PARTIALE

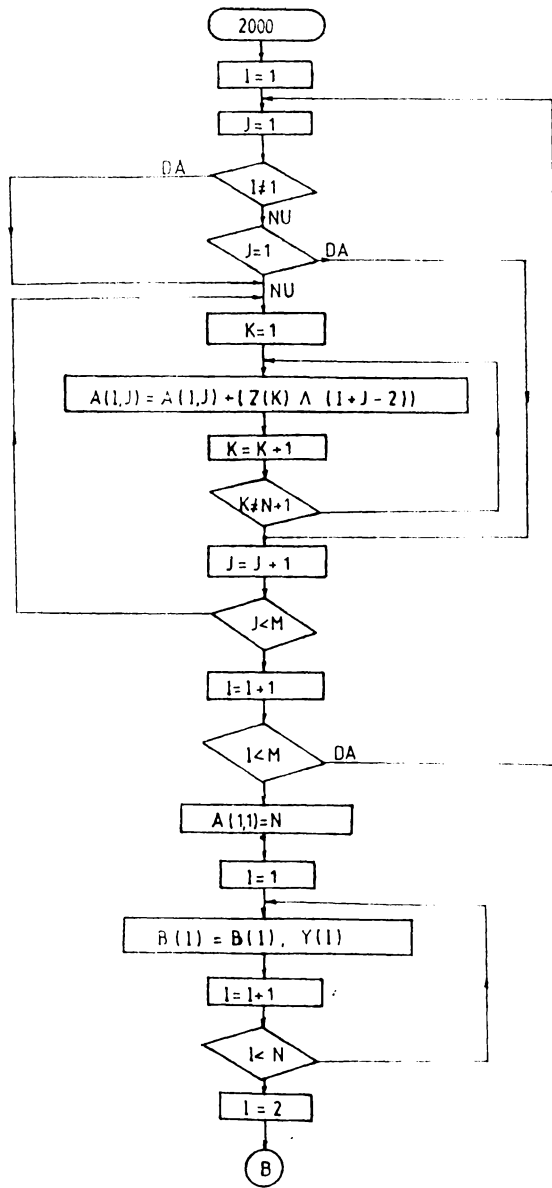
Fig. 3.7

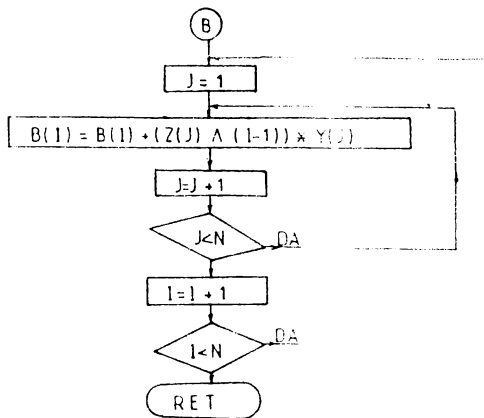




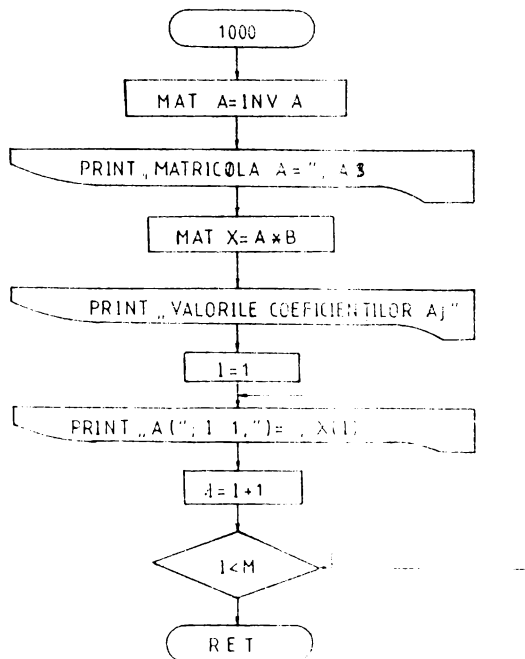


ALGORITM PROGRAM PRINCIPAL





ALGORITM SUBPROGRAM PENTRU CALCULUL SUMELOR



ALGORITM SUBPROGRAM PENTRU REZOLVAREA  
SISTEMULUI NORMAL

#### Capitolul 4

### INSTALAȚIILE ȘI APARATURA FOLOSITA PENTRU DETERMINAREA PARAMETRILOR ENERGICI DE TRACȚIUNE AI PLUGURILOR PUSATE.

#### 4.1. Instalația pentru măsurarea forțelor de rezistență la tracțiune a plugurilor.

Instalația pentru măsurarea forțelor de rezistență la tracțiune este formată din două părți : rama dinamometrică și dinamograful electronic.

Forța de rezistență la tracțiune a mașinilor agricole purtate se determină cu ajutorul ramei dinamometrice montată pe tractor (figura 4.1). Rama dinamometrică este formată din două lonjeroane orizontale 1 și două suporturi verticale 2 montate în părțile laterale ale tractorului. Suporturile verticale 2 și lonjeroanele orizontale 1 formează împreună o ramă care se montează pe cadrul tractorului, prin intermediul articulațiilor 3 și 4. În partea inferioară, între carterul transmisiei și suportul vertical 2, se montează elementul elastic al dinamografului 5. Pe suporturile verticale se montează mecanismul de ridicare și coborâre al instalației hidraulice.

Sub acțiunea forței de rezistență la tracțiune  $R_p$ , rama acționează asupra elementului elastic 5, iar prin conductorul electric, semnalele electrice se transmit la mecanismul de înregistrare 7. Forța măsurată este înregistrată pe diagrame, care prin prelucrare și etalonare, ne dau forța de rezistență la tracțiune  $R_p$ .

Dinamograful electronic se compune din elementul elastic (traductorul de forță), amplificatorul de semnal și mecanismul de înregistrare. Dinamograful convertește forța aplicată asupra

elementului elastic într-un semnal electric ce se înregistrează la mecanismul de înregistrare.

Traductorul de forță este format dintr-un inel, cu o curbură mare la interior, ale cărui capete servesc pentru imbinarea cu piesele de aplicare a forței. Sub acțiunea forțelor aplicate elementului elastic apar deformații mecanice. În locul în care sînt lipite traductoarele tensometrice rezistive, aceste deformații se transmit traductoarelor modificînd rezistența lor electrică.

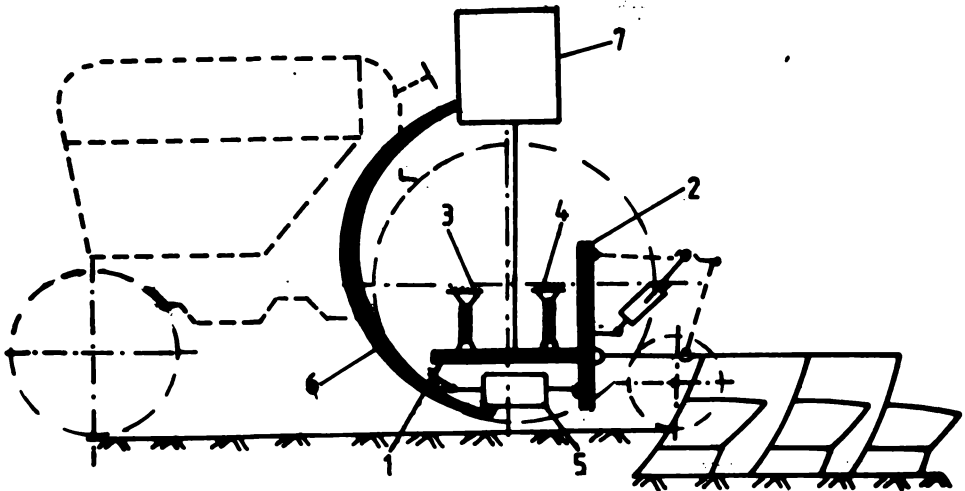


Fig.4.1

Variația rezistenței traductoarelor tensometrice rezistive din puntea Wheatstone determină o variație a tensiunii egală cu :

$$U_M = \frac{U_g}{4} \cdot \sum_{i=1}^4 \frac{R_i}{R} \quad (4.1)$$

Pentru conectarea traductorului la aparatul de măsură, se folosește cablul ecranat cu patru conductoare, care au următoarea ordine de conectare a conductorilor :

- conductorul albastru și conductorul alb se conectează la bornele de alimentare ;

- conductorul galben și conductorul roșu se conectează la bornele de măsură.

Dinamograful electrotensometric (figura 4.2) se compune din: captor electrotensometric 1, amplificator diferențial propriu-zis 2, blocul de alimentare diferențială a punții tensometrice 3, blocul de compensare a ofsetului 4, convertorul de tensiune 5 și înregistratorul 6.

Blocul de alimentare diferențială 3 se compune din două sur-

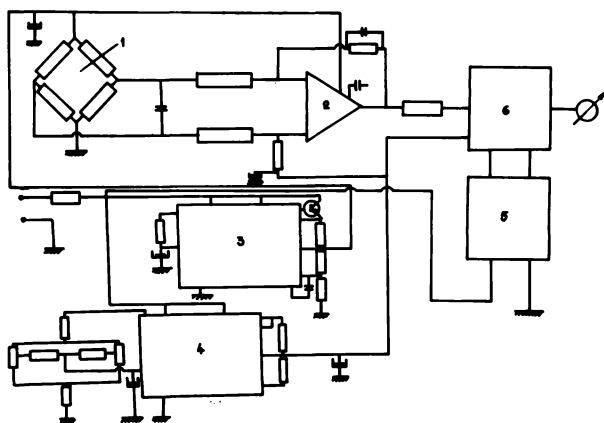


Fig.4.2

se de tensiune continuă stabilizată de 4 V și respectiv 8 V (curent continuu). În acest mod există posibilitatea alimentării amplificatorului diferențial cu două tensiuni egale și de polaritate opusă. Acest lucru se realizează prin flotarea potențialului de masă de la caroseria utilajului agricol la tensiunea de + 4 V. Din punct de vedere electric, tensiunea de + 4 V, față de potențialul caroseriei devine punct de masă ; potențialul de 8 V față de caroserie devine tensiunea pozitivă de alimentare a electronicii de + 4 V, iar caroserie utilajului se prezintă la un potențial electric de - 4 V, reprezentând tensiunea negativă de alimentare.

Necesitatea filtrării și stabilizării acestei tensiuni rezi-

dă și din faptul că orice variație de alimentare a punții tensometrică se transformă într-un semnal perturbator ce afectează precizia măsurătorii.

Tensiunea diferențială de alimentare a punții determină nivelele electrice ale semnalului cules, proporționale cu eforturile de încărcare ale traductorului de forță.

Axarea acestor nivele se face cu ajutorul tensiunii de 0 V, fapt ce implică o funcționare liniară a amplificatorului diferențial.

De menționat este faptul că variațiile tensiunii de alimentare a bateriei sînt eliminate prin utilizarea stabilizatoarelor de tensiune realizate cu circuitul integrat monolitic A 723, în tandem cu tranzistoarele de putere medie BD 135, realizînd o precizie de 0,001 % din variația de tensiune a sursei și anume de la 11 V pînă la 14,5 V și respectiv 0,003 % la variațiile temperaturii mediului ambiant (cabina utilajului agricol) cuprins între 0 - 70°C.

Sursele sînt prevăzute cu circuite de protecție la scurt circuit sau la depășire a curentului admisibil, necesare pentru a proteja electronica în cazul unor scurtcircuitări sau atingeri accidentale.

Blocul de compensare a ofsetului 4 este în esență o sursă de tensiune reglabilă și stabilizată care are rolul de a compensa deriva tensiunii de ieșire datorată neimperecherii timbrei tensometrică, ofsetului propriu al circuitului diferențial și a derivatei termice generale a electronicii.

Instalația este prevăzută cu un reglaj, montat în cabina utilajului agricol, necesar în vederea aducerii la zero a punții înregistratorului, indiferent de starea mediului ambiant și de deformările remanente ale traductorului de forță.

Ambele blocuri, mai sus menționate, se găsesc în cabina utilajului agricol, iar interconectarea dintre ele și amplificatorul

diferențial se poate reduce prin fire de conexiune, indiferent de lungimea lor (maxim 10 m) și neperturbabile la paraziții electrici datorită impedențelor de ieșire foarte scăzute (fracțiuni de ohmi) ale blocurilor electronice.

Amplificatorul diferențial propriu-zis 2 este realizat cu circuitul integrat  $\mu$  308 (amplificatorul operațional cu deriva termică redusă) în configurația de amplificator diferențial.

Semnalul electric este preluat din punctele mediane ale punții tensometrice, filtrat capacitiv, în vederea înlăturării impulsurilor de înaltă frecvență, în eventualitatea apariției acestora în puncte și amplificat de amplificatorul diferențial până la nivelul cerut de intrarea în înregistrator.

Caracteristica de transfer a amplificatorului diferențial prezintă o atenuare la semnale cu frecvență superioară semnalului util, reducându-se astfel o protecție suplimentară la impulsuri perturbatoare. Ieșirea amplificatorului diferențial este protejată la scurtcircuitări accidentale datorate manevrelor incorecte.

Datorită impedenței reduse de ieșire a amplificatorului diferențial (montat în imediata vecinătate a punții tensometrice), interconectarea prin fire lungi este neperturbabilă electric.

Amplificatorul pentru punte de timbre tensometrice, prin construcția sa, elimină dezavantajele punților tensometrice de tip Wheatstone, permițând adaptarea semnalelor electrice ale acestora la o gamă largă de aparatură de înregistrare sau vizualizare.

Caracteristici tehnice :

- sarcina nominală 3000 daN ;
- sarcina statică maximă admisibilă 3500 daN ;
- rezistența la intrare 120 ;
- rezistența la ieșire 120 ;
- rezistența la izolație 1000 M ;
- tensiunea de alimentare maximă 5 V ;



- sensibilitatea la sarcina nominală 2 mV/V ;
- eroarea de zero 1 % ;
- eroarea medie pătratică 0,1 % ;
- eroarea de neliniaritate 0,2 % ;
- eroarea de revenire 0,1%;
- eroarea determinată de temperatura asupra semnalului de zero în intervalul de temperatură - 10°C și 40°C de 0,1 % ;
- eroarea de calibrare a sensibilității la sarcina nominală  $\pm 20$  %.

Valorile procentuale reprezintă valori raportate la sarcina nominală.

Etalonarea instalației s-a făcut la disciplina "Exploatarea utilajelor agricole" cu ajutorul unui dispozitiv realizat în laboratorul disciplinei. Etalonarea statică s-a făcut prin încărcarea și descărcarea captorului tensometric la sarcini ce variază între 300-3000 daN, dând ca rație, valoarea de 300 daN. Diagrama de etalonare a dinamografului pe stand este reprezentată în figura 4.3.

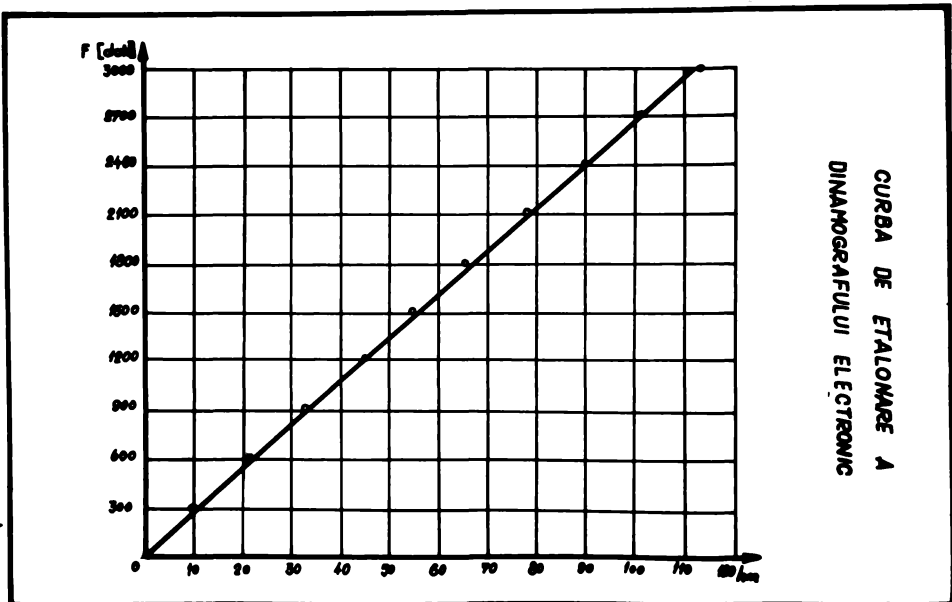


Fig.4.3

Kroarea relativă a instalației  $\bar{\epsilon}$  reprezintă media aritmetică a mărimilor  $\epsilon_1$  ce corespund fiecărei trepte de încărcare adică  $\bar{\epsilon} = 0,92 \%$ .

#### 4.2. Instalația pentru măsurarea consumului de combustibil.

Consumul de combustibil este variabil de la o parcelă cu un anumit tip și categorie de sol, la altă parcelă, cu un alt tip și categorie de sol. Deci acesta variază direct proporțional cu rezistența specifică a solului și condițiile de lucru.

Consumul de combustibil se poate determina prin metoda grafică (din nomograme în funcție de parametri tractorului) și experimental. Determinările se pot face cu ajutorul unui aparat care se montează pe o platformă în apropierea tractorului și se intercalează în circuitul sistemului de alimentare. Aparatul pentru măsurat consumul de combustibil este reprezentat în figura 4.4. Este format din bazinul inferior 1, bazinul superior 2 și două țevi 3 care fac legătură între cele două bazine. El comunică cu sistemul de alimentare prin intermediul unui robinet cu trei căi.

În poziția 1, robinetul cu trei căi permite trecerea motorinei în aparat și la pompa de alimentare. În poziția 2 a robinetului, motorina are posibilitatea să treacă din rezervorul tractorului la pompa de alimentare. În poziția 3 a robinetului, motorul este alimentat cu motorină din aparatul destinat măsurării consumului de combustibil.

Nivelul combustibilului din aparat se citește pe tubul 4 care este gradat în mm. Cunoșcând volumul de combustibil care corespunde unui milimetru din înălțimea tubului gradat (constantă aparatului), se determină cantitatea de motorină consumată de motor în timpul încercării. În acest mod obținem, în cazul încercărilor efectuate, consumul de motorină la 100 m. Cu ajutorul valorii con-

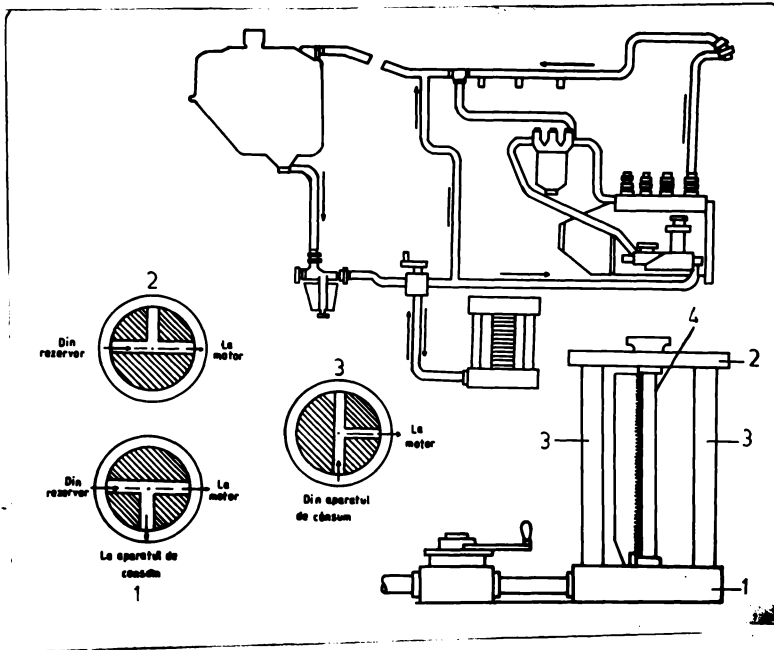


Fig.4.4

sumplui de combustibil la 100 m și cunoscând lățimea de lucru și

timpul în care s-a parcurs lungimea parcelei care este de 100 m, putem determina consumul de motorină corespunzător unui hectar, cu ajutorul unor calcule simple.

Un alt aparat prin care se poate determina consumul de combustibil este reprezentat în figura 4.5.

Acesta se interconectează, asemenea, în sistemul de alimentare. Se reține că conductele conduc motorina de la rezervor la pompa de injecție, 1

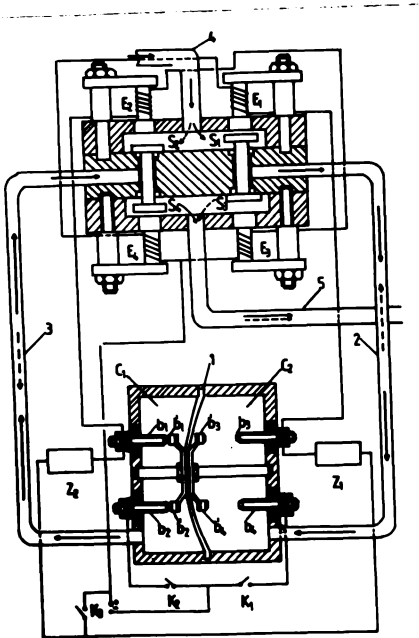


Fig.4.5

tubul 4, iar conducta 5 se racordează la pompa de injecție.

În prima fază motorina este consumată din camera de alimentare  $c_1$ . Prin aceasta membrana 1 se deformează, formînd o cavitate în camera  $c_2$  care, în acest caz, se va umple cu motorina ce va veni prin conducta de aspirație 2. În acest caz, supapa  $S_1$  este deschisă și permite trecerea motorinei la conducta 2. De asemenea și supapa  $S_4$  permite trecerea motorinei în conducta 5 spre pompa de alimentare. Supapele  $S_2$  și  $S_3$  sînt în acest caz închise. În momentul umplerii camerei  $c_2$  și deci a atingerii bornelor  $b_1$  cu  $b'_1$  respectiv  $b_2$  cu  $b'_2$ , contactul  $k_2$  se deschide și electromagnetul  $a_2$  respectiv  $a_3$  atrag supapele  $S_2$  și  $S_3$ , deschizîndu-le. În acest moment, rolurile conductelor de aspirație și refulare se inversează, conducta 2 va fi conducta de refulare, iar conducta 3 va fi conducta de aspirație.

La contactul dintre bornele  $b_1$   $b_2$  și  $b'_1$   $b'_2$  sau  $b_3$   $b_4$  cu  $b'_3$   $b'_4$ , numărătorul de impulsuri  $z_2$  respectiv  $z_1$  va număra numărul de contacte.

Cunoscînd faptul că la fiecare golire a camerei  $c_1$  sau  $c_2$  se înregistrează cîte un impuls și cunoscînd, de asemenea, volumul unei camere, se poate calcula volumul de combustibil consumat de tractor folosind relația :

$$c_h = \frac{V_{c_1} \cdot n_{z_1}}{t_f} + \frac{V_{c_2} \cdot n_{z_2}}{t_f} \left[ \frac{cm^3}{l} \right] \quad (4.2)$$

unde :

$t_f$  este timpul de funcționare a aparatului,  $n$  ;

$V_{c_1} = V_{c_2}$  - volumul camerelor de alimentare ; de obicei volumul camerei  $c_1$  este egal cu volumul camerei  $c_2$  fiind exprimat în  $cm^3$ ;  $V_{c_1} = V_{c_2} = V_c$  ;

$n_{z_1}$  - numărul de impulsuri înregistrate de numărătorul  $z_1$  ;

$n_{z_2}$  - numărul de impulsuri înregistrate de numărătorul  $z_2$ .

In acest caz relația (4.2) devine :

$$C_h = \frac{V_c}{t_f} (n_{z_1} + n_{z_2}) \quad [cm^3/h] \quad (4.3)$$

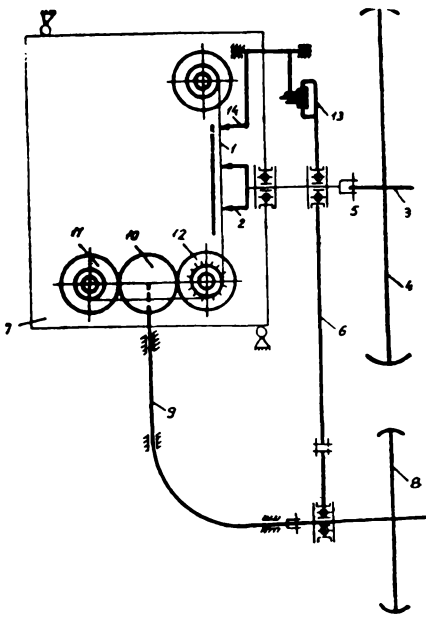
Aparatul de măsurare a consumului de combustibil din figura 4.5 este legat de bateria de acumulator de 12 V. Pornirea și oprirea funcționării se face de la contactul  $k_3$ .

Acest aparat prezintă o serie de avantaje prin faptul că este ușor de manevrat, montat și demontat și are o precizie ridicată de măsurare a consumului de combustibil.

#### 4.3. Instalația pentru măsurarea patinării roților motoare.

Pentru înregistrarea traiectoriei punctelor de pe periferia pneului, se poate folosi instalația indicată în figura 4.6, care se

montează în părțile laterale ale tractorului, pe arborii planetari ai roților motoare.



Instalația înregistrează traiectoria prin compunerea mișcărilor de rotație și de translație (deplasare) a roților motoare. In cazul cî banda de hîrtie 1 se deplasează cu o viteză egală cu viteza de translație a tractorului, iar discul 2, prevăzut cu 4-8 ace de înregistrare, rotește cu viteza periferică egală cu cea a pneului, instalația înregistrează traiectoria punctelor de pe periferia anvelopei.

Fig.4.6

lația înregistrează traiectoria punctelor de pe periferia anvelopei.

Discul 2 primește mișcarea de la axul 5 al roților motoare 4. În prelungirea axului 3 se montează suportul 5, pe care se fixează tija 6 și planșeta 7 a mecanismului de înregistrare. Banda de hârtie 1 primește mișcarea de la roata 3 care, prin intermediul cablului elastic 9, și al roților dințate 10, acționează sulurile motoare 11 și 12.

Adâncimea de afundare a pneului în sol se înregistrează tot pe banda 1. Roata 8 de bicicletă, rulând pe urma lăsată de pneul 4, indică diferența de nivel între planul de sprijin al roții și suprafața terenului. Prin deplasarea pe verticală a roții 8, pârghia 6 rotește culisa 13, iar aceasta deplasează acul de înregistrare 14, proporțional cu adâncimea de afundare a roții 8 în sol.

Raportul de transmitere dintre roata 8 și roata 12 se stabilește astfel încât scara de reducere a vitezei periferice a roților motoare să fie aceeași cu scara de reducere a vitezei de deplasare a tractorului.

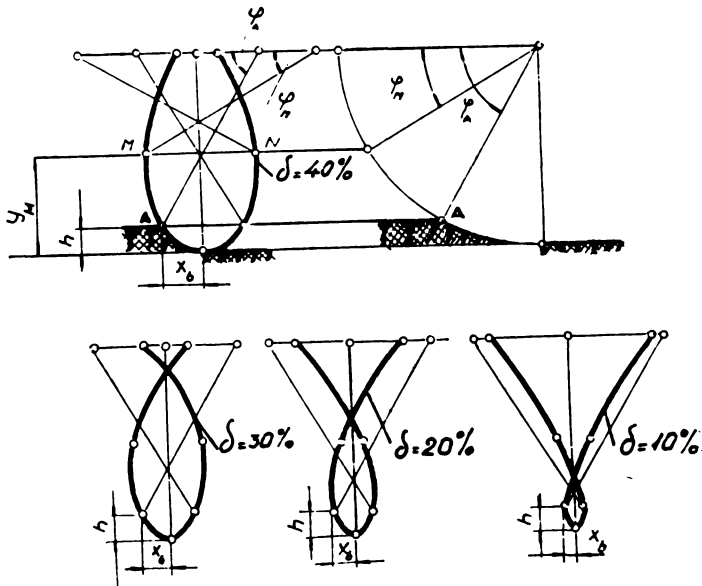


FIG.4.7

Instalația realizată permite efectuarea măsurătorilor privind patinarea organelor de rulare pentru fiecare rotație a roților sau pentru diferite puncte de pe periferia anvelopei. Odată cu patinarea se măsoară și afundarea roților în sol.

În fig.4.7 sînt reprezentate curbele care caracterizează patinarea de 10 %, 20 % și 40 %. Lățimea  $x_b$  a traiectoriei după care se exercită acțiunea pneului asupra solului depinde de mărimea coeficientului de patinare și se calculează cu ajutorul relației:

$$x_b = r \left[ \cos \varphi_A + C_v \left( \varphi_A - \frac{\pi}{2} \right) \right] \quad (4.4)$$

#### 4.4. Măsurarea timpului și a vitezei de lucru.

Timpul în care se execută o brazdă, pe o lungime dinainte stabilită (în cazul nostru 100 m) are o mare importanță prin faptul că numai cu ajutorul acestuia se poate calcula atât consumul de combustibil la hectar cît și viteza de lucru a tractorului.

Pentru a determina timpul de lucru, se folosește un cronometru. Cu ajutorul cronometrului se măsoară timpul în care tractorul, împreună cu plugul, reușește să tragă o brazdă pe lungimea de referință.

Timpul necesar pentru a ara un hectar de teren se va calcula cu relația :

$$T_{ha} = \frac{l_p \cdot t_1}{3600 \cdot b_1} \quad \left[ \frac{h}{ha} \right] \quad (4.5)$$

unde :

$T_{ha}$  este timpul necesar pentru a ara un hectar (h/ha) ;

$l_p$  - lățimea parcelei pe care se fac determinările, (m) ;

$l_p = 100$  m ;

$t_1$  - timpul de lucru necesar pentru a trage o singură brazdă pe parcela pe care se fac determinările, s ;

$b_1$  - lățimea de lucru a agregatului (m).

Cunoscînd timpul de lucru pe schimb  $t_s$ , se poate determina capacitatea de lucru pe schimb  $W_s$  :

$$w_s = \frac{t_s}{t_{h2}} \cdot C_{na} \quad \left[ \frac{\text{ha}}{\text{schimb}} \right]$$

unde :

$C_{ha}$  este un coeficient care ține seama de timpul necesar pentru întoarceri la capătul parcelei, timpul necesar deplasării de la o parcelă la alta, timpul de oprire și staționare.

$$C_{ha} = 0,80 - 0,90$$

Viteza de lucru are o importanță deosebită prin faptul că ea influențează gradul de marunțire a solului, gradul de răsturnare a brazdei, calitatea lucrării, gradul de încorporare a resturilor vegetale, capacitatea de lucru etc. Ea se determină cu ajutorul timpului de lucru, determinat anterior prin cronometrare, cu ajutorul formulei :

$$V_1 = \frac{L_p}{t_1} \quad \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (4.5)$$

unde :

$L_p$  este lungimea parcelei pe care se execută măsurarea timpului (m) ;

$t_1$  - timpul de lucru în care se execută o brazdă de lungimea L (s).

Prin date experimentale obținute, rezultă că prin mărirea vitezei de lucru cu 0,27 m/s, rezistența specifică a solului la arat crește cu 3-5 %, valorile inferioare corespunzând cormanelor de viteză.

Forța de rezistență la tracțiune a mașinilor nu rămâne constantă în timpul lucrului ci ea se modifică în mod continuu datorită neomogenității solului, reliefului etc. Pentru folosirea cât mai rațională a puterii tractorului, este necesar să se schimbe treptele de viteză astfel ca forța de rezistență la tracțiune a mașinilor să fie cât mai apropiată de valoarea forței de tracțiune nominale a tractorului.



#### 4.5. metodica experimentală

Pentru a putea determina, pe cale experimentală, forța de rezistență la tracțiune a mașinilor agricole purtate, se folosește rama dinamometrică ce se montează pe tractor.

În urma măsurătorilor se obține pe o hîrtie cerată, forța de rezistență la tracțiune prin aparatul de înregistrare a forței. În vederea înregistrării forței de rezistență la tracțiune se efectuează câteva operații pregătitoare ale instalației :

- se stabilește viteza benzii de hîrtie, prin schimbarea roților dințate de la dispozitivul de acționare a tamburului pe care se găsește hîrtie cerată ;

- se verifică dacă linia marcată de pîrghia de trasare coincide cu linia zero trasată pe hîrtie ;

- se stabilește domeniul de măsurare a forței de tracțiune.

În vederea determinărilor ce trebuie efectuate, se stabilește parcela pe care vom efectua tragerea brazdelor. Se bate un țaruș în sol, care va reprezenta un punct de pe linia de la care vor începe măsurătorile. Se măsoară cu ajutorul unei role metrice o distanță de 100 m de la țarușul de referință și din 25 în 25 de metri se vor bate încă patru țaruși.

În scopul determinărilor, după jalonarea terenului, trebuie să se regleze plugul în plan orizontal și vertical, în vederea asigurării unei stabilități a agregatului. Se efectuează câteva deplasări de probă, cînd se reglează plugul astfel ca toate trupițele să aibă aceeași lățime de lucru, cadrul să aibă o poziție paralelă cu suprafața terenului, fundul brazdei să fie neted, iar adîncimea brazdei, la prima și ultima trupiță, să fie aceeași. Se reglează plugul la adîncimea de 30 cm și apoi se trag două brazde de probă, una pe partea stîngă a țarușilor iar cealaltă pe partea dreaptă a țarușilor, la o distanță de circa 10 m de țaruși. Se măsoară distanța de la pe-

rețele brazdei pînă la fîscare țăruiș. Parcela pregătită pentru lucru arată ca în figura 4.8.

După ce se trag brazdele de referință încep măsurătorile

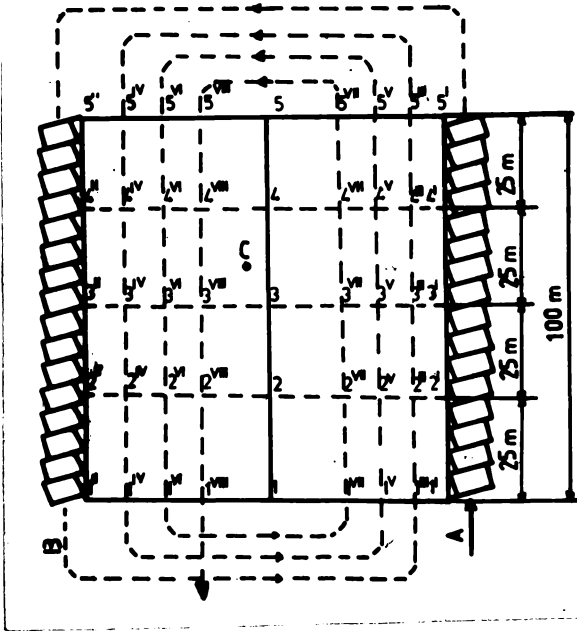


Fig.4.8

timului jalon, moment în care tractoristul oprește aparatul de înregistrare a forței de rezistență la tracțiune. Concomitent cu pornirea și oprirea aparatului de înregistrare a forței de rezistență la tracțiune, se acționează asupra robinetului cu trei căi, care se trece din poziția 2 în poziția 3, iar la capătul brazdei se trece în sens invers.

În poziția 2 motorul este alimentat cu motorină din aparatul destinat măsurării consumului de combustibil. Alimentarea din aparat se întrerupe cînd robinetul este trecut în poziția 2, moment în care tractorul ajunge la capătul brazdei. Citind valoarea nivelului de combustibil rămas în aparat  $V_p$  și cunoscînd nivelul de

propriu-zise. În momentul în care arborele roților motoare ajunge în dreptul primului jalon, tractoristul pornește aparatul de înregistrare a forței de rezistență la tracțiune. Aparatul va înregistra variația forței de rezistență la tracțiune pînă în momentul în care tractorul ajunge cu arborele roților motoare în dreptul ul-

combustibil existent în aparat la începutul măsurătorii  $V_1$ , prin diferență se obține :

$$C_h = V_1 - V_f \quad \left[ \text{cm}^3 \right] \quad (4.7)$$

La capătul fiecărei braze robinetul se trece în poziția 1, pentru umplerea aparatului de măsurare a consumului de combustibil. Când motorina din rezervorul aparatului ajunge la nivelul stabilit, se trece robinetul din poziția 1 în poziția 2, când aparatul este pregătit pentru o nouă probă.

Pentru a putea stabili tipul de sol, precum și condițiile de lucru (umiditate, greutate volumică etc.), după ce se trag cele două braze de referință, din dreptul fiecărui jalon, adică din punctele 1', 2', 3', 4', 5' respectiv 1'', 2'', 3'', 4'', 5'', se iau probe de sol care se vor prelucra în laborator. Pentru a nu exista erori în determinarea tipului de sol, se ia o probă de adîncime (figura 4.8, punctul c).

Sonda în adîncime se face pînă la 120 cm, luîndu-se probe din 20 în 20 de cm. Aceste probe prelucrate în laborator ne dau gradul de decarbonatare și PH-ul solului.

În vederea determinărilor s-au adus mai multe tipuri de sol din diferite zone ale județului Timiș. Astfel s-au efectuat determinări în localitățile: Peciu Nou, Sag, C.E.T., Sinandrei și Sinmihaiul Român.

După ce am luat probele de sol și s-au măsurat distanțele de la jaloane la peretele brazei, adică  $\overline{11''}$ ,  $\overline{22''}$ , ...,  $\overline{55''}$ , respectiv  $\overline{11''}$ ,  $\overline{22''}$ , ...,  $\overline{55''}$ , s-au tras trei braze la dus și trei la întors și anume  $1^{\text{IV}} \rightarrow 5^{\text{V}}$ ;  $5^{\text{IV}} \rightarrow 1^{\text{V}}$ ;  $1^{\text{V}} \rightarrow 5^{\text{VI}}$ ;  $5^{\text{VI}} \rightarrow 1^{\text{VII}}$ ;  $1^{\text{VII}} \rightarrow 5^{\text{VIII}}$ ;  $5^{\text{VIII}} \rightarrow 1^{\text{VIII}}$ ;

După brazda întâi și a doua, se măsoară distanțele  $\overline{11''}$  și  $\overline{55''}$ , respectiv  $\overline{11^{\text{IV}}}$ , ...,  $\overline{55^{\text{IV}}}$  și prin diferența  $\overline{11''} - \overline{11^{\text{IV}}}$ , ...,  $\overline{55''} - \overline{55^{\text{IV}}}$

respectiv  $\overline{11''} - \overline{11^{IX}}$ , ... ;  $\overline{55''} - \overline{55^{IX}}$ . Se obțin lățimile de lucru  $b_1^I \dots b_5^I$  respectiv  $b_1^{II}, \dots, b_5^{II}$ . Analog se procedează și pentru celelalte brazde ce se trag obținînd lățimile de lucru  $b_1^{III}, \dots, b_5^{III}$ ;  $b_1^{IV}, \dots, b_5^{IV}$ ;  $b_1^V, \dots, b_5^V$ ;  $b_1^{VI}, \dots, b_5^{VI}$ . În același timp, în punctele din dreptul jalanelor, se măsoară adîncimea de lucru. În urma determinărilor și a măsurătorilor obținem lățimile și adîncimile de lucru.

După aceea se face media lățimii și a adîncimii de lucru, pentru fiecare brazdă, folosindu-se relația :

$$b_m^n = \frac{b_1^n + b_2^n + b_3^n + b_4^n + b_5^n}{6} \quad (4.8)$$

și :

$$a_m^n = \frac{a_1^n + a_2^n + a_3^n + a_4^n + a_5^n}{6} \quad (4.9)$$

În timp ce tractorul trage brazdele, se măsoară timpul și consumul de combustibil.

Timpul de lucru efectiv se măsoară cu ajutorul unui cronometru. Astfel obținem timpul în care tractorul efectuează o brazdă de lungime  $L = 100$  m și lățime de lucru  $b_1$ . Cu ajutorul acestui timp, putem calcula timpul necesar pentru aratul unui hectar de teren, dacă neglijăm timpul de întoarcere și de staționare.

#### 4.3. Contribuții personale și concluzii

Instalațiile pentru măsurarea forțelor de rezistență la tracțiune a plugului a fost complet modernizată. Precizia măsurătorilor este mult mai mare față de metodele clasice de măsurare.

Pentru măsurarea consumului de combustibil a fost concepută o instalație nouă mai precisă față de instalația volumetrică folosită pînă în prezent.

Instalația pentru măsurarea patinării organelor de rulare

funcționează pe baza diferenței ce există între viteza periferică a roților motoare și viteza liniară a centrului roții tractorului.

Instalațiile prezentate au multe elemente de originalitate. Cu ajutorul acestora s-au determinat parametrii energetici ai agregate lor folosite în timpul încercărilor experimentale.

Parametrii energetici, determinați în condițiile de exploatare, au dat posibilitatea de a analiza corectitudinea stabilirii indicilor de fiabilitate. Plugurile nereglate în mod corespunzător își pierd stabilitatea în timpul lucrului și ca urmare, crește consumul de combustibil și se reduce capacitatea de lucru.

## Capitolul 5

### METODE SI PROCEDURI DE CREȘTERE A REZISTENȚEI LA UZURA A BRĂZDARELOR II. VEDEREA ÎMBUNĂȚĂȚII RII INDICILOR DE FIABILITATE.

#### 5.1. Considerații generale.

Brăzdarul constituie partea inferioară a suprafeței de lucru a trupaței plugului. Rolul brăzdarului este de a tăia brazda în plan orizontal, de a o disloca și de a o ridica pe suprafața ormanei. În procesul de lucru, brăzdarul contribuie la mărunțirea și afinarea brazdei. Virfurile, anterior și posterior, ale brăzdarilor reprezintă două din cele trei puncte de sprijin ale trupaței.

Brăzdarele, care echipează plugurile fabricate în R.S. România, sînt executate în baza STAS 5435-78. Sînt destinate lucrărilor de arat în solurile grele cu rezistență mare la tracțiune. Ele sînt prevăzute în partea dinspre cîmp cu un virf care, în timpul lucrului, pătrunde în peretele și fundul brazdei, menținînd plugul în sol la o adîncime constantă și imprimîndu-i o bună stabilitate.

Brăzdarele se execută în trei variante :

- construcție normală, avînd zona tăișului oălită și revenită ; duritatea în zona tratată este de 47-59 HRC, iar în zona netratată de  $302 \pm 5$  HB ;

- construcție durificată, prin încărcarea cu aliaje dure, aplicate prin sudare în zona tăișului ; brăzdarele durificate se încălzesc cu aliaj dur pe o zonă de 30-38 mm de la tăiș, grosimea tăișului după încărcare este de  $1,7 \pm 3$  mm ;

- construcție recondiționată, prin aplicarea de compensatori de uzură ; datorită simplității procesului tehnologic, aceste re-

condiționări se execută în cadrul unităților Somen.

Brăzdarele tip daltă se folosesc cu precădere în soluri coerente - grele, care opun o rezistență mare în procesul de arat.

Dalta ajută la o mai bună stabilitate a plugului în brazdă. Brăzdarele cu daltă dau rezultate bune și în soluri mai puțin coerente, în cele ușoare și mijlocii.

Brăzdarele din materiale recuperabile se folosesc din ce în ce mai mult deoarece tehnologia de fabricație a acestora este simplă. Se păstrează corpul brăzdarului cu cele trei orificii pentru montajul lor pe bîrsă, care se decupează din brăzdare vechi, uzate; la corpul brăzdarului se adaugă prin sudare, părți de oțel recuperat din foile de arc de la remorci sau foile de arc de la vagoane.

## 5.2. Uzure brăzdarilor.

Noțiunile utilizate, specifice tribologiei, în cadrul lucrării sînt cele prevăzute în STAS R 8069-67 și STAS 9930/4-75. În continuare se prezintă cîteva noțiuni mai frecvent folosite.

Uzarea reprezintă un proces însoțit de desprinderea de material de pe suprafața de contact și de modificarea dimensiunilor, formei și a caracteristicilor structurale ale materialului piesei.

Uzura este produsul procesului de uzare caracterizat, fie prin materialul desprins din suprafețele procesului de uzare, fie prin modificarea suprafețelor de contact sub diferite moduri și prin reducerea sau mărirea dimensiunilor pieselor respective.

Uzura poate fi :

- gravimetrică ( $U_g$ ), măsurată în g ;
- linieră ( $U_h$ ), măsurată în mm ;
- volumetrică ( $U_v$ ), măsurată în  $mm^3$ .

Viteza de uzură este raportul dintre uzură și timpul în care s-a produs. Similar cu uzura, viteza de uzare poate fi gravimetrică  $V_g$  (g/h), linieră  $V_{uh}$  (mm/h) și volumetrică  $V_{uv}$  ( $mm^3/h$ ).

Intensitatea de uzare este dată de raportul dintre uzură și spațiul în care s-a efectuat deplasarea corespunzătoare uzurii produse. În cazul brăzdarelor, intensitatea medie de uzare reprezintă raportul dintre uzura brăzdarului și volumul de arătură realizat de către acesta. Rezistența la uzare reprezintă inversul intensității uzurii.

Brăzdarul, ce organ activ al plugului, în procesul de lucru se găsește permanent în contact cu solul și în deplasare continuă față de acesta și ca urmare, este supus acțiunii particulelor abrazive din sol care determină apariția procesului de uzare abrazivă.

Uzarea abrazivă se manifestă atât sub forma unor microdeformări plastice cât și sub forma unor detașări de microparticule și microașchieri. Aceste considerente se acceptă ideea că uzura abrazivă acționează tot după legile de așchiere ale metalului deosebindu-se prin aceea că dimensiunile așchiiilor sunt foarte mici, iar forma geometrică a particulelor abrazive este neregulată.

Procesul de uzare determină modificarea treptată a dimensiunilor, formei și proprietăților fizico-mecanice ale pieselor. În cazul brăzdarelor de plug, uzura se manifestă prin îngroșarea tăișului brăzdarului și prin reducerea dimensiunilor sale. Ca urmare a procesului de uzare a brăzdarului este influențată direct funcționarea acestuia, înrăutățindu-se indicii calitativi și energetici de lucru, mărindu-se în final cheltuielile de exploatare și reparații.

Intensitatea uzurii organelor active ale mașinilor agricole de prelucrat solul depinde de următorii factori :

a. caracteristicile fizico-mecanice ale solului, care determină proprietățile așchietoare ale particulelor abrazive. Acțiunea



cea mai agresivă asupra organelor de lucru o au particulele cu dimensiunile cuprinse între 2-3 mm, caracteristice solurilor nisipoase din România.

b. presiunea specifică exercitată de sol asupra organelor de lucru, mărimea uzurii fiind direct proporțională cu presiunea exercitată de sol asupra acestor organe.

c. proprietățile fizico-mecanice, și în special rezistența la uzare a materialului din care este fabricată piesa. Rezistența la uzare a unui material este o caracteristică complexă care depinde, la rândul său, de o serie de factori ce se determină experimental în funcție de condițiile de lucru.

Mărirea rezistenței la uzare a unui material se poate realiza prin creșterea durității, ca urmare a aplicării unui tratament termic. De aceea brăzdarile de construcție normală se supun unui tratament termic de călire cu revenire în zonele de mare solicitare la uzare (virful și tăișul) pe o lățime de 20-25 mm, asigurându-se o duritate de 47-59 HRC.

Brăzdarul de construcție durificată se realizează prin depunerea în zona de intensă solicitare, dispusă de-a lungul tăișului și virfului brăzdarului, de straturi superficiale de aliaje dure cu proprietăți superioare materialului de bază. Aliajele utilizate sînt pe bază de cobalt, nichel, crom și cupru, constituite dintr-o componență fragilă și un suport plastic deformabil. Ele se prezintă sub forma unor vergele, electrozi sau pulberi.

Brăzdarile durificate se caracterizează prin fenomenul de autoascuțire, concretizat prin dezgolirea continuă a stratului de aliaj dur, ca urmare a rezistenței la uzare mai mare a aliajului dur față de rezistența la uzare a materialului de bază al brăzdarului. Ca o consecință a fenomenului de autoascuțire, brăzdarul rămîne continuu ascuțit.

Durificarea brăzdarelor pe partea posterioară a tăişului cu sormait prezintă dezavantajul de ordin economic și de aceea se pune problema durificării brăzdarelor cu o serie de aliaje mai ieftine. În acest sens s-au experimentat o serie de aliaje cu NiCr-4 S ; Ni-50 H, sormait SR, eutectic Costolin HRC 57-62, Bohler Foxcelsiv 1,2 % C, 27 % Cr, 4,5 % W, restul Co, electrozi Tarodur și CrNi, comparativ cu cele ale brăzdarelor durificate cu sormait, a celor călitate și a compensatorilor de uzură.

d. spațiul de alunecare parcurs de organul activ în timpul frecării. Cu cât volumul de lucrări executate realizat de un plug este mai mare, cu atât și uzura brăzdarului este mai mare.

### 5.3. Tehnologia de fabricație și de încărcare cu aliaje dure a brăzdarelor.

Tehnologia de fabricație prevede executarea brăzdarului din bandă laminată OLC 55 (STAS 880-80). În cazul brăzdarelor fabricate din bandă laminată cu profil periodic pe partea dorsală a acestora este prevăzută o rezervă de material care se folosește la recondiționarea prin forjare.

Procesul tehnologic de fabricare a brăzdarelor în variantă călită - CIF, comportă următoarele operații succesive :

- debitarea materialului la lungime  $L = 500$  mm și decuparea conturului brăzdarului ;

- încălzirea brăzdarului la  $700-750^{\circ}\text{C}$  ;

- îndreptarea brăzdarului la cald ;

- perforarea celor trei orificii pe birsă ;

- forjarea părții frontale la un unghi de  $50^{\circ}$  ;

- senouirea celor trei orificii la  $\emptyset$  de 15 mm și adâncime de 1,5 mm ;

- ascuțirea tăişului pe lungimea  $L = 500$  mm ;

- călirea CIF a tăişului pe o lățime de 25-30 mm la 47-59 HRC,

- prinderea în dispozitivul special și sudarea pintenului reper PP4 - 2.4.2 ;

- uniformizarea sudurii ;

- curățirea, degresarea și grunduirea.

Intrucît în exploatare se întîlnesc frecvente cazuri cînd brăzdarele fabricate după tehnologia menționată prezintă uzuri anormale, s-au întreprins cercetări privind durificarea brăzdarelor prin încărcarea cu electrozi de fabricație indigenă.

Verificarea comportării în condițiile de exploatare a brăzdarelor încărcate cu electrozi, în comparație cu brăzdarele călite OIF și cu brăzdarele încărcate cu sormait, prezintă interesul prezentei lucrări, cu scopul de a găsi soluții privind îmbunătățirea indicilor de fiabilitate ai plugurilor purtate.

Tehnologia depunerii sormaitului. Sormaitul este un aliaj dur cu un conținut de crom și care se prezintă sub forma unor vergele cu diametrul de 3 mm și lungimea de 450 mm.

Compoziția chimică a sormaitului este următoarea : 2,5 - 3,3 % C, 25 - 31 % Cr, 15 % Mn, 3 - 5 % Ni, 1,5 - 4,5 % Si, 0,08 % S, P și restul Fe.

Procesul tehnologic de depunere a sormaitului cuprinde următoarele faze :

- curățirea cu perie de sîrmă a zonei care urmează a se încălca ;

- tresarea după șablon a conturului zonei care se încarcă ;

- preîncălzirea piesei în zonă în care se face depunerea cu ajutorul arzătorului pentru sudură pînă la 800-900 grade C ;

- încălzirea în continuare a piesei pînă la apropierea punctului de topire a materialului; concomitent cu piesa se încălzește și vârful vergelei de sormait pînă la punctul de topire.

În timpul depunerii de sormait, arzătorul se menține sub un unghi de 60° față de planul piesei. Atît flacăra cît și vergeaua de

sormait se deplasează transversal pe direcția cordonului depus.

Pentru a evita oxidarea materialului pe timpul încălzirii, pe porțiunea încălzită se presară borax. Depunerea sormaitului se realizează cu ajutorul unei flăcări carburante, cu exces de aceti-lenă, flacăra avînd lungimea părții luminoase de 4-6 ori mai mare decît lungimea miezului. Utilizarea unei flăcări oxidante sau neutre poate determina arderea elementelor care conferă rezistență la uzare (crom, nichel, siliciu), stratul depus neatingînd duritatea prescrisă.

Depășirea temperaturii de încălzire a materialului piesei conduce la topirea acestuia și amestecarea sa cu sormaitul depus. În consecință, stratul depus va avea o rezistență la uzare mai redusă. Pentru a se asigura uniformitatea stratului depus, poziția piesei în timpul depunerii trebuie să fie orizontală.

O deosebită atenție trebuie acordată depunerii aliajului dur pe muchia ascuțită a brăzdarului întrucît în această zonă, deteriorată grosimii reduse, pericolul de oxidare a materialului brăzderului este mai mare.

Aplicarea corectă a procesului tehnologic de depunere a sormaitului asigură realizarea pe stratul depus a unei durități de 45-59 HRC.

Tehnologia depunerii electrodului SI Cr 4 S. Compoziția chimică a materialului depus prin sudare este : 0,5 - 0,8 % C, 0,05 - 1,4 Mn, 1,0 - 1,5 % Si, 3,5 - 5 % Cr și 0,15 % V. Materialul se livrează sub formă de electrozi cu  $\varnothing$  de 2,5 - 3,5 ; 4 - 5 mm și lungimea de 450 mm. Electroful este bazic făcînd parte din grupa C de aliere. Materialul depus are o structură martensitică, alierea realizîndu-se prin înveliș.

Depunerea materialului se realizează prin procedeul electric cu arc după următorul proces tehnologic :

- curățirea zonei ce urmează a se încălzi ;
- trasarea cu creta după șablon a zonei care se încălzește ;
- preîncălzirea prealabilă a piesei la temperatura de 200 - 300°C ;
- depunerea aliajului dur prin sudură electrică folosind metoda pendulării cu amplitudine 12-15 mm egală cu jumătate din lățimea cordonului depus).

Se utilizează curent continuu (polul pozitiv la electrod). Amperajul curentului de sudare este cuprins între 130-160 A, pentru electrodul de 4 mm.

Înainte de utilizare, electrozii se usucă obligatoriu timp de două ore, la temperatura de 250 - 300°C, în scopul reducerii conținutului de apă din învelișuri sub 0,6 %, pentru prevenirea apariției fisurilor sub cordon. După încercare se recomandă realizarea unei operații de detensionare. Prin respectarea tehnologiei recomandate, în stratul depus, se realizează o duritate de 50 HRC.

#### 5.4. Metodica experimentală.

Prezentarea variantelor de brăzdare încercate. În tabelul 5.1 sînt prezentate variantele de brăzdare încărcate și caracteristicile acestora. Grosimea stratului de sormait depus variază între 0,5 și 1 mm. Încărcarea cu sormait s-a făcut pe o lățime de 30-35 mm. De-a lungul tăișului, sormaitul s-a depus pe o lungime a cărei valoare a variat de la o variantă la alta, după cum se prezintă în tabelul 5.1.

Brăzdarile destinate încercărilor s-au montat pe 5 pluguri PF 3-20. Fiecărui plug i-au fost repartizate câte două schimburi de brăzdare și un brăzdar de rezervă. Înainte de montarea lor pe pluguri, brăzdarile au fost supuse unor măsurători dimensionale, geometrice și de duritate.

Înainte de începerea experimentării precum și pe parcursul încercărilor, s-a urmărit asigurarea unor reglaje corecte, atât ale plugurilor cât și a instalațiilor hidraulice de ridicare. Arăturile au fost executate la adâncimi cuprinse între 20-25 cm, fiind destinate însemnărilor de toamnă. Lucrările au fost executate pe miriște de păioase, de trifoliere și de porumb.

Pe parcursul încercărilor, brăzdalele calite C17 au fost reascuțite prin forjare și apoi calite, iar brăzdalele durificate au fost reascuțite prin polizare.

În tabelul 5.1 sînt prezentate și rezultatele încercărilor la duritate și compararea acestora cu duritatea prescrisă în scopul obținerii concluziilor privind aplicarea corectă a procedeelor tehnologice de durificare a brăzdalelor.

Încercările de duritate s-au efectuat în 2 puncte în zona țaișului, pe partea anterioară a brăzdalelor din variantele calite C17 și pe partea posterioară, în cazul brăzdalelor încercate cu sormait.

Rezultatele încercărilor de duritate, prezentate în tabelul 5.1, confirmă că procedeele de depunere a aliajelor dure au fost

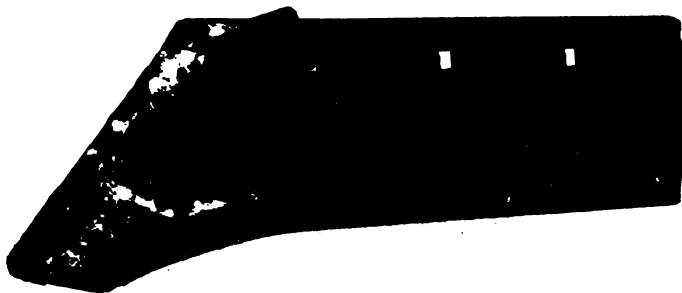


Fig. 5.1

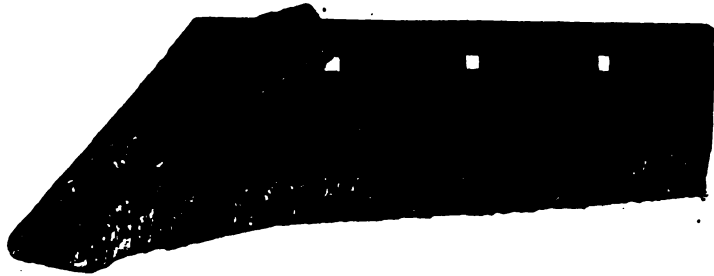


Fig. 5.2



Fig. 5.3

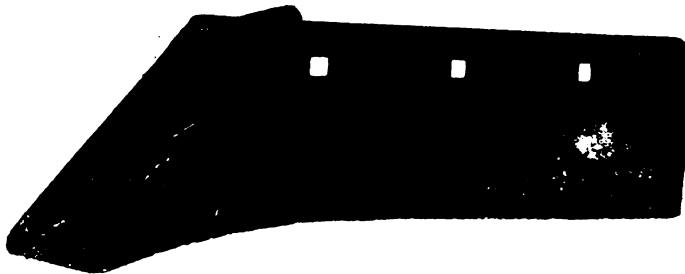


Fig. 5.4

Tabelul 5.1

Varianțe de brăzdare încercate	Nr. de brăzdare	Materialul și duritatea prescrisă.	Duritatea medie	Caracteristicile variantei	Nr. figurii
Sormaitate	20	Sormait 45-59 HRC OLC-55 302 ± 5 HB	49 295	Sormaitul depus pe o lungime L = 500 mm. S-a încercat plăcuța laterală pe față dinspre peretele brazdei cît și din spore fundul brazdei.	5.1
Încărcate	20	ALCr 4 S 50 HRC OLC-55 47-59 HRC	50 292	ALCr 4 S depus pe o lungime L = 500 mm și pe plăcuța laterală.	5.2
Brăzdare parțial încercate ALCr 4 S și parțial călitate.	20	OLC 55 47-59 HRC ALCr 4 S 50 HRC OLC-55 302 ± 5 HB	50 302	ALCr 4 S depus pe vârful pintenului și jumătatea anterioară a tăișului L = 250 mm. Partea posterioară a tăișului călită CIF.	5.3
Brăzdare călitate CIF.	20	OLC 55 47-59 HRC OLC 55 302 ± 5 HB	49 292	Tăișul călită CIF pe întreaga lungime L = 500 mm.	5.4
Brăzdare încercate pe porțiuni cu ALCr 4 S.	20	ALCr 4 S 50 HRC OLC 55 302 ± 5 HB	50 296	ALCr 4 S depus pe vârful și pintenul brazdărilor. De-a lungul tăișului al-ternează zone de 60-80 mm încercate cu ALCr 4 S cu zone neîncercate.	5.5
Brăzdar cu compensator orizontal.		OLC 55	50	Din brăzdare vechi se decupează partea uzată și se sudează fișii din fosie de arc.	5.6



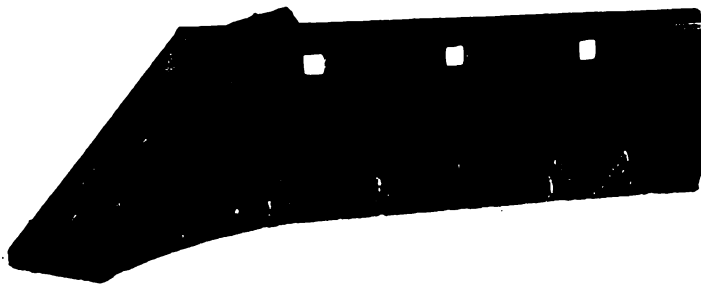


Fig.5.5

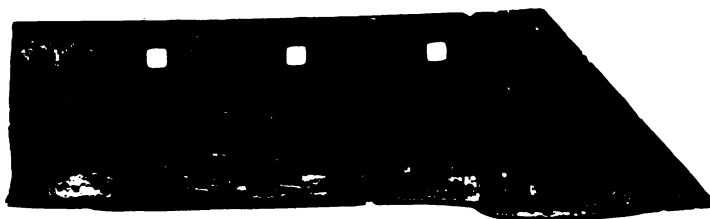


Fig.5.6

corect aplicate. Majoritatea brăzdarelor se încadrează între sau peste limitele inferioare din prospectele celor două materiale.

Înainte de începerea încercărilor brăzdarele au fost supuse unor verificări ale dimensiunilor, în scopul stabilirii modului de respectare a principalelor cote din desenul de execuție ; nerespectarea dimensiunilor brăzdarelor conduce la montarea încorectă a acestora pe trupițe și neînscriserea brăzdarului în geometria cozmanei și în consecință, la imposibilitatea realizării unor lucrări de calitate și la creșterea consumului de combustibil.

S-au măsurat și comparat cotele respective din desenele de execuție a brăzdarului după cum urmează :

- lungimea totală a brăzdarului  $L = 500 \begin{matrix} +5 \\ -10 \end{matrix}$  mm ;

- 99 =

- lățimea brăzdarului  $L_2 = 122 \begin{matrix} + 4 \\ - 3 \end{matrix}$  mm ;
- lungimea brăzdarului  $L_2 = 122 \begin{matrix} + 4 \\ - 3 \end{matrix}$  mm ;
- lungimea muchiei superioare a brăzdarului  $L_1 = 380$  mm ;
- lungimea vârfului brăzdarului  $L_3 = 60$  mm ;
- lățimea zonei inclinate dispuse de-a lungul tăișului brăzdarului  $L_3 = 10 \begin{matrix} + 2 \\ - 0 \end{matrix}$  mm ;
- grosimea tăișului brăzdarului în zona de curbură a vârfului  $G_1 = 0,5 - 1$  mm și în porțiunea rectilinie a tăișului  $G_2 = 3,5 \pm 0,7$  mm ;
- grosimea tăișului brăzdarului în zonele încărcate  $G_3 = 0,1 - 1$  mm.

S-a sortat și s-au ales acele brăzdare la care dimensiunile menționate au corespuns cu cele indicate în desenele de execuție.

Analize metalografice. S-au efectuat în laboratorul de specialitate de la Institutul politehnic "Traian Vuia" Timișoara. Probele prelevate din brăzdare au fost pregătite conform STAS 4203-74.

Structura zonei tăișului la brăzdarile călite CIF este formată din martensită și sorbită de o lire. În zona de vîrf a tăișului se remarcă prezența unor microfisuri. Materialul din corpul brăzdarului a fost afectat de regimul termic al operației de oălire, în sensul creșterii granulației și a tendinței de formare a feritei aciculare care fragilizează brăzdarul (figura 5.7 și figura 5.8).

Brăzdarile încărcate cu sormait prezintă o legătură bună între stratul de sormait și materialul de bază. Se constată fenomenul de creștere exagerată a granulației și tendinței de formare a acelor de ferită, structură care prezintă un grad ridicat de fragilitate (figura 5.9).

Brăzdarile încărcate cu HICr 4 S prezintă o aderență bună între stratul depus și materialul de bază. Zona influențată termic

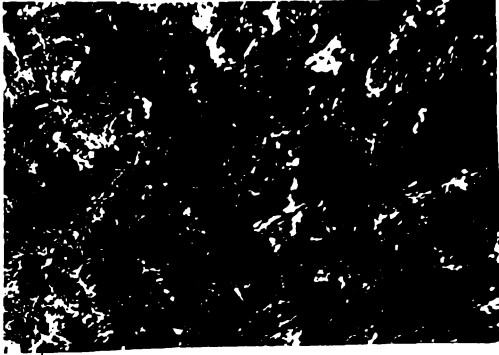


Fig.5.7



Fig.5.8



Fig.5.9

prezintă o structură tip bainitic - granular și structuri mixte cu separări de ferită la limita grăunților și în interiorul acestora.

Brăzdarele încărcate parțial cu EICr 4 S și parțial călite CIF prezintă microfisuri în stratul călit. În zona de tranziție a stratului depus, în corpul brăzdarului, apare o structură fermată din sorbită și insule de ferită, care redă rezistența la uzură a brăzdarelor (fig.5.10).

Brăzdarele cu încărcare pe porțiuni cu EICr 4 S prezintă structuri dentritice, în stratul depus și structuri de tip bainitic granular, în zona influențată termic.

Studierea zonei anterioare din partea activă (variante cu compensatori de uzură) este de tip sorbitică de revenire (fig.5.10).

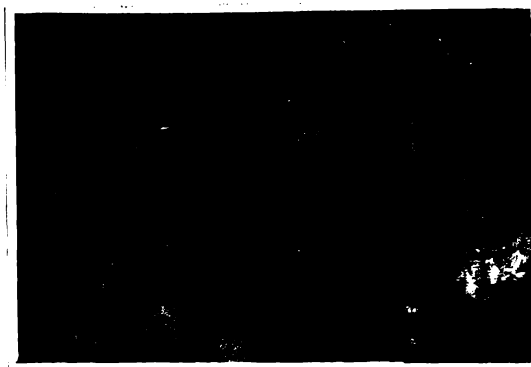


Fig.5.10

Microstructura zonei de sudură, a părții active de pe corpul brăzdarului, este formată din separări de ferită și perlită, deci este o structură mixtă, iar în zona influențată termic prezintă o structură perlito-feritică (fig.5.11).

Microstructura zonei posterioare a brăzdarului (variantea cu compensatori de uzură) prezintă în sudură o structură celulară de perlită și ferită, iar materialul corpului în zona influențată termic are o structură ferito-perlitică (figura 5.11).

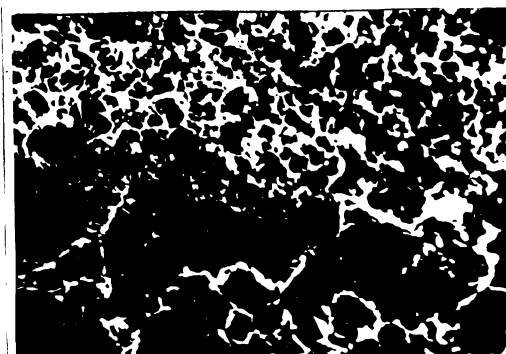


Fig.5.11

Microstructura zonei de vîrf (variantea cu compensatori de uzură) prezintă o trestie de revenire a unor carburi globulare (figura 5.12 și figura 5.13).

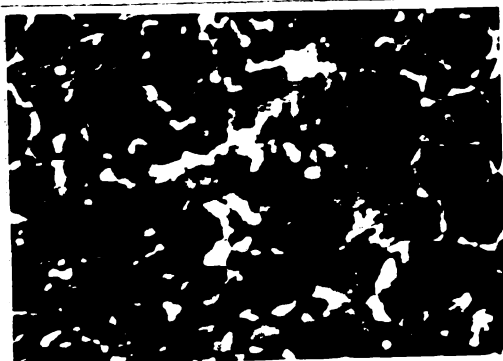


Fig.5.12



Fig.5.13

Principalele caracteristici ale solurilor pe care s-au efectuat încercările sînt prezentate în tabelul 5.2. Umiditatea și fracțiunile geometrice s-au stabilit conform prevederilor STAS 7184/75.

#### 5.5. Analiza rezultatelor experimentale

Intensitatea de uzare și rezistența la uzare a brăzdarelor s-a stabilit prin metode gravimetrice și grafice, prevăzute în STAS 9930/4-75 (măsurarea și determinarea superilor, deformațiilor și uzurilor la mașinile agricole).

Rezistențele la uzare a diferitelor variante de brăzdare, stabilite prin metode gravimetrice, implică determinarea următoarelor elemente :

- uzurile brăzdarelor, ca diferențe dintre mamele inițiale și cele după efectuarea încercărilor, ale fiecărui brăzdar ; s-au determinat pierderile de material ocazionate de reconșionările prin forjare sau polizare ;

- intensitatea uzurii ca raport dintre uzura unui brăzdar și volumul de lucrări realizat (g/ha) ;

- media aritmetică a intensităților uzurilor unora din variantele de brăzdare încercate ;

Taboulul 5.2

Caracteristicile solului pe care s-au efectuat încercările

Tipul solului	Rezistența specifică [daN/cm <sup>2</sup> ]	Umiditatea relativă [%]	Textura	Fracțiuni granulometrice [mm]				
				2-0,2	0,2-0,02	0,02-0,01	0,01-0,002	<0,002
Soluri brune de pădure	55-59	14-18	luto-argilos	2,3	34,1	10,9	14,4	48,3
Soluri cernoziome	40-45	14-18	luto-argilos	12,2	27,9	9,8	12,5	37,6
Soluri nisipoase	36-37	8-14	nisipos	54	30,4	4,0	3,4	8,2
Lăcoviște	60-80	10-15	-	5,1	36,2	9,3	12,2	7,2

- rezistența medie la uzură a unei variante de brăzdare încercate față de varianta martor (brăzdare oălite CIF), rezultă din raportul dintre intensitatea medie de uzare a variantei martor și cea a variantei la care ne referim.

Rezultatele determinărilor experimentale sînt prezentate în tabelul 5.3, din analiza căruia reies următoarele constatări :

- brăzdarele încărcate cu sormait au o rezistență medie la uzare mai mare cu 110 - 138 % decît cea a brăzdarelor martor, pe toate solurile pe care s-au efectuat încercările ;

- brăzdarele încărcate cu electrod AlCr 4 S au rezistență la uzare mai mare decît varianta martor și anume : brăzdarele încărcate pe întreaga lungime a tăișului au rezistență la uzare 54-77 %, brăzdarele încărcate pe porțiuni au rezistența la uzare cu 22-79 % mai mare, iar brăzdarele parțial încărcate și parțial oălite, au o rezistență la uzare cu 15 - 21 % mai mare față de cea a brăzdarelor martor.

Folosind datele experimentale din tabelul 5.3, în figura 5.14 se prezintă curbele de variație ale intensității medii de uzare, pe diferite soluri, în funcție de varianta de durificare a brăzdarelor. Pe axa ordonatelor se trec valorile intensității de uzare, iar pe cea a absciselor, diferite variante de durificare a brăzdarilor.

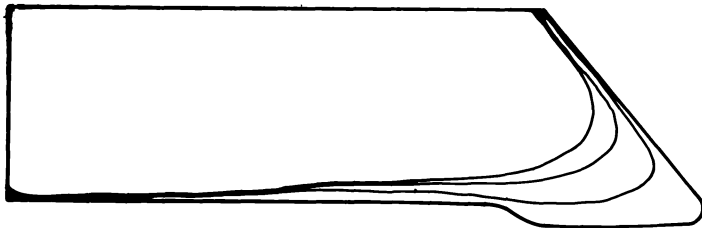


Fig. 5.14

Din analiza curbelor prezentate în figura 5.14, rezultă că

Tabelul 5.2

Rezultatele determinării rezistenței la uzare și a intensității medii de uzare a brăzdelor, stabilite prin metoda gravimetrică.

Denumirea variantelor de brăz- dare.	Intensitatea medie de uzare și rezistența medie de uzare față de mator					
	Soluri nisipoase			Soluri brune de pădure		
	$I_{mu}$ (g/ha)	$R_{mu}$ (%)	$A_{mu}$ (%)	$I_{mu}$ (g/ha)	$A_{mu}$ (%)	$R_{mu}$ (%)
Brăzdere sorhaitate.	87,3	2,38	43,1	111,2	2,1	2,1
Brăzdere în- cărcate cu slCr 4 S.	112,2	1,77	63,5	255,1	1,62	1,62
Brăzdere în- cărcate per- tial cu slCr 4 S și parțial că- lite.	170,8	1,21	83,2	331	1,12	1,12
Brăzdere că- lite CIF.	208,1	1	98,2	381	1	1
Brăzdere în- cărcate pe porțiuni cu slCr 4 S.	143,5	1,51	80,5	218	1,22	1,74

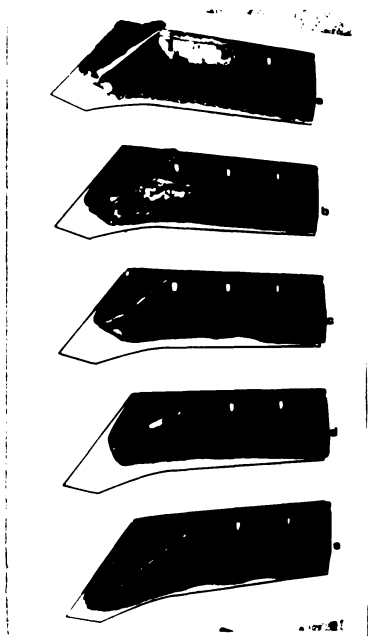


martorul are cea mai mare intensitate de uzare, iar solurile grele (lăcoviști) sînt cele care contribuie cel mai mult la uzura brăzdarelor.

Umiditatea solului influențează foarte mult uzura brăzdarelor. Prin executarea arăturilor pe soluri uscate sau înghețate, uzura brăzdarelor crește.

În figura 5.15 sînt prezentate cele mai reprezentative brăzdare încercate pe soluri nisipoase. Primul brăzdar (a), a fost sormat și a realizat 7 ha de arătură. Se remarcă uzura vârfului și a tăișului.

Brăzdarul al doilea (b) a fost încărcat cu  $M1Cr\ 4\ S$  pe întreaga lungime a tăișului și a executat 5 ha de arătură. Se remarcă uzura vârfului și a tăișului.



Brăzdarul al treilea (c) a fost încercat parțial cu  $M1Cr\ 4\ S$  și parțial călit cu CIF. A realizat 4 ha de arătură. Se remarcă uzura vârfului și a tăișului și prezența la jumătate dintre zona încărcată și zona călită, a unei uzuri mai pronunțate.

Brăzdarul al patrulea (d), călit cu CIF, a executat 2 ha de arătură. Se remarcă uzura accentuată atât a vârfului cât și a tăișului.

Fig. 5.15  
Ultimul brăzdar (e), încărcat pe porțiuni cu  $M1Cr\ 4\ S$ , a executat 1,7 ha de arătură. Porțiunile uzate ale tăișului corespund zonelor neîncărcate cu  $M1Cr\ 4\ S$ .

Brăzdarele încercate pe solurile brune uscate de pădure prezintă aceleași caracteristici în ceea ce privește uzura. Pe aceste soluri suprafața realizată de fiecare brăzdar este mai mare, reducîndu-se

succesiv, la fiecare variantă, de la 14 ha/brăzdar (brăzdare sormaitate) la 4 ha arătură, la brăzdare maxtor.

Rezistențele la uzare ale diferitelor variante de brăzdare, stabilite prin metode grafice, permit analiza mărimilor uzurilor și a intensităților medii ale uzurilor pe muchiile anterioare și inferioare ale brăzdarelor, construindu-se epura intensităților medii ale uzurii, pentru brăzdarele încercate pe solurile nisipoase.

Pentru fiecare brăzdar s-au ridicat amprentele, înainte și după terminarea încercărilor, măsurându-se mărimile uzurilor liniare în puncte dispuse la intervale de 2 cm pe contururile anterioare și în zonele de curbură ale tășurilor și la 2,5 cm pe porțiunile rectilinii ale acestora.

Prin raportarea mărimilor uzurilor, măsurate în fiecare punct, la volumul de lucrări realizat de brăzdar, s-a calculat intensitatea uzurii în punctul respectiv. De asemenea s-a calculat și intensitatea medie a uzurilor pentru fiecare variantă de încercare, în fiecare din punctele considerate.

În tabelul 5.4 sînt prezentate intensitățile medii ale uzurilor, în fiecare din punctele analizate. Cu ajutorul datelor din tabelul 5.4, pe epura repartizării reacțiunilor solului asupra brăzdarului, s-au trasat și epurele intensităților medii ale uzurilor variantelor de brăzdare încercate (scara 5 : 1), figura 5.15.

Din analiza datelor din tabelul 5.4 se desprind următoarele concluzii :

- în zonele muchiei anterioare a brăzdarului (punctele 1-7) intensitățile medii ale uzurilor diferitelor variante sînt apropiate.

- în zonele virfului brăzdarului (punctele 8-13) toate variantele de brăzdare, încărcate cu aliaje, prezintă intensitățile medii ale uzurilor mai mici decît ale variantelor călite ;

Tabelul 5.4

Punctele	Călit CIF	Sormaitat.	ElCr 4 8	ElCr 4 8+ călit CIF	Incărcat cu ElCr 4 8 pe porțiuni.
1	0,60	0,15	0,31	0,54	0,28
2	0,80	0,23	0,37	0,77	0,35
3	1,00	0,54	0,37	1,15	0,49
4	1,00	0,69	0,37	0,23	0,63
5	1,30	0,69	0,55	1,47	0,69
6	1,60	0,92	0,92	2,92	0,97
7	1,70	1,39	1,10	1,16	0,55
8	x	x	x	x	x
9	x	x	x	x	x
10	x	x	x	x	x
11	x	x	x	x	x
12	7,31	6,38	8,10	x	3,05
13	7,41	6,39	6,51	10,39	5,53
14	6,61	5,54	4,11	5,54	4,44
15	4,80	2,92	2,95	6,08	2,43
16	4,00	1,69	2,03	3,62	5,00
17	3,80	1,54	1,72	2,63	1,60
18	3,10	1,23	1,72	2,23	1,39
19	2,60	1,23	1,96	2,15	1,74
20	2,60	0,79	1,96	2,15	2,03
21	2,70	1,54	1,90	2,15	2,08
22	3,00	1,46	1,90	2,15	1,46
23	3,00	1,39	1,90	2,31	1,39
24	2,90	1,39	1,72	2,22	1,49
25	2,80	1,24	1,66	1,78	1,67
26	2,80	1,15	1,66	1,54	1,74
27	2,80	1,00	1,66	1,39	1,53
28	2,80	0,35	1,66	1,39	1,32
29	2,80	0,85	1,72	1,39	1,46
30	2,90	1,08	1,90	1,54	1,74

- pe porțiunea rectilinie a tăigului (punctele 19-30) varian-  
ta sormaitată prezintă ușurile cele mai mici, urmată de varianta de

brăzdare încercate cu  $\text{AlCr 4 S}$  pe întreaga lungime a tăişului și  
variantele de brăzdare încărcate pe porțiuni cu  $\text{AlCr 4 S}$  ;

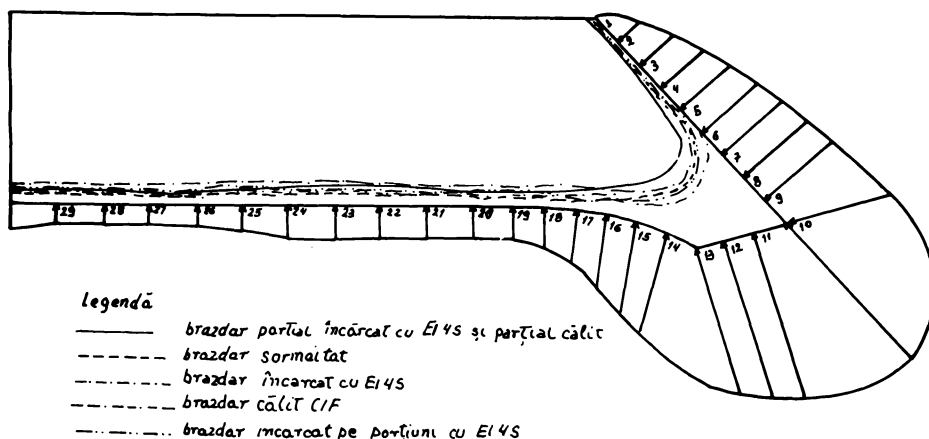


Fig.5.15

- variantele de brăzdare călite CIF și cele parțial încărcate cu  $\text{AlCr 4 S}$ , pe lungimea  $L/2$  a tăişului, au intensități de uzare mai mari.

### 5.6. Contribuții personale și concluzii.

În urma încercărilor, în condiții de exploatare pe trei tipuri de sol, a variantelor de brăzdare din tabelul 5.1, se desprind următoarele concluzii :

1. Tehnologiile de depunere a sormăitului cît și a electrozilor  $\text{AlCr 4 S}$  pe brăzdare, destinate încercărilor, au fost aplicate corect ; această constatare rezultă din analiza probelor de duritate, realizate la toate variantele studiate.

2. Brăzdarile încărcate cu electrozi  $\text{AlCr 4 S}$ , toate cele trei variante de încărcare, au o rezistență la uzare inferioară brăzdarilor încărcate cu sormăit cu 53 - 78 %, dar superioară cu

05 - 77 % brăzdarelor călite CIF ;

3. Brăzdarele încărcate cu sormait prezintă pe întreaga lungime a tăișului fenomenul de autoascuțire, fiind necesară numai o ușoară recondiționare prin polizare, pentru corectarea geometriei tăișului după realizarea unui volum de 3 - 3,5 ha arături pe soluri nisipoase și de 8 - 9 ha pe solurile brune de pădure.

4. La brăzdarele încărcate cu AlCr 4 S, la toate cele trei variante încercate, pe toate cele trei tipuri de sol, fenomenul de autoascuțire nu este caracteristic și ca urmare, se recomandă încărcarea brăzdarelor cu alt tip de electrozi 74 v

Rezultatul încercărilor prezentate în tabelul 5.3 arată că variantele de brăzdare experimentate nu prezintă fenomenul de autoascuțire și ca urmare, s-au ales alte variante de brăzdare, care au fost durificate cu aliaje prezentate în tabelul 5.5.

Din analiza datelor experimentale prezentate în tabelul 5.5, rezultă că brăzdarele încărcate cu electrozi Al 60 H au o intensitate medie la uzare, apropiată de cea a brăzdarelor încărcate cu sormait sovietic, fiind urmată de brăzdarele încărcate cu sormait românesc. Brăzdarele încărcate cu sormait sovietic prezintă fenomenul de autoascuțire pe întreaga lungime a tăișului și la vîrf.

Brăzdarele încărcate cu sormait românesc au o comportare apropiată de cea a brăzdarelor încărcate cu sormait sovietic.

Brăzdarele încărcate cu Al 60 H prezintă fenomenul de ascuțire bună la vîrf și acceptabilă în lungul tăișului.

Brăzdarele încărcate cu electrozi TD nu au manifestat autoascuțire [74].

Brăzdarele încărcate cu sîrmă extradur cu Cr, N, au prezentat fenomenul de autoascuțire la vîrf și foarte puțin în lungul tăișului. Sîrma tubulară nu asigură duritatea necesară rezistenței la uzură abrazivă a vîrfului de brăzdar, care se uzează accentuat, deși se manifestă și fenomenul de autoascuțire.

Tabelul 5.5

Variante de brăzdar	Umiditatea solului la adâncimea de :				Intensitatea medie de uzare și rezistența medie la uzare față de mator.		Hectare ara- te de brăz- dar.
	0-10	10-20	20-30	30-40	$I_{mu}$ (g/ha)	$R_{mu}$ (%)	
	%	%	%	%			(ha/brăzdar)
Sorșitate S	14	15	19	20	46,85	0,020	14,5
Sorșitate SR	13	15	15	16	54,78	0,020	12,3
Electrozi EI 60 H	14	15	16	17	48,47	0,018	13,2
Sirmă extrădur cu CrNi.	13	14	15	16	77,86	0,010	7,2
Electrozi tero- duri TD.	12	14	15	16	126,56	0,008	6,8
Brăzdar cu ada- os foale de ase.	15	16	18	18	203,2	0,007	12

Tabelul 5.6

Variante de brăzdare.	Umiditatea solului la o adâncime de :				Intensitatea medie la uzare la uzare $I_{mu}$ (g/ha)	Rezistența medie la uzare față de mator $K_{mu}$ (%)	Hectare pe brăzdar (ha/brăzdar)
	0-10	10-20	20-30	30-40			
Brăzdare normale călite CIF	21	22	23	25	90,1	S-au executat două as-cuțiri prin forjare.	11,65
Încărcate cu sormait SR.	22	23	25	25	38,8	Autoascutire	23,5
Încărcate cu electrozi EI 60 H.	20	21	22	23	36,3	Autoascutire	29,65
Autotecnic costolin HRC 57-62.	22	23	23	24	30	-	15,23
Böhler Fox-CALSTEY 12 S C, 2,7 % Cr ; 4,5 % W ; res-tul Co.	21	22	23	24	35,5	Autoascutire	25,82

Concluziile desprinse asupra rezistenței la uzare a brăzda-  
relor prezentate în tabelul 5.5, nefiind suficient de concluden-  
te, au fost verificate și în cursul anului 1989. Rezultatele in-  
cercărilor efectuate pe solurile grele sînt înscrise în tabelul  
5.6.

Din analiza rezultatelor experimentale, rezultă că variantele  
prezentate în tabelul 5.6 au fost bine alese, iar rezultatele  
obținute permit stabilirea unor concluzii certe pentru produc-  
ție.

Unul din factorii de bază care contribuie la îmbunătățirea  
indiciilor de fiabilitate este rezistența la uzură a suprafețelor  
active ale trupiștelor. De aceea, în perioada doctoratului, am stu-  
diat și experimentat diferite metode de mărire a rezistenței la  
uzură a brăzdarelor.

Metodele și procedeele de mărire a rezistenței la uzare a  
brăzdarelor au constat în cercetarea și experimentarea următoa-  
relor variante : încărcarea brăzdarelor cu sormait S, cu sormait  
SR, electrozi EI 60 H, electrozi terodur TD, electrozi KICr 4 S,  
afirmă extradur cu CrNi, electrozi costolin HRC 57-62, electrozi  
CBUSTV 1,2 % C ; 2,7 % Cr, 4,5 % W și restul Co, brăzdarele nor-  
male oălite CIF și brăzdarele recondiționate, cu adăus de compen-  
satori de uzură (foaie de aro).

Experimentările au fost efectuate pe solurile nisipoase,  
brune uscate de pădure și pe lăcoviștile cu rezistență specifică  
mare și la diferite umidități ale solului.

Rezistența la uzare a brăzdarelor s-a analizat prin metode  
gravimetrice și grafice. Din analiza rezultatelor experimentale  
a rezultat că o serie de variante de brăzdare încercate nu au  
corespuns, deoarece, cu toate că au prezentat o rezistență mare  
la uzare, aceste variante de brăzdare nu se caracterizau prin



fenomenul de autoascuțire, factor important în îmbunătățirea indicilor de fiabilitate.

Din analiza rezultatelor experimentale, reiese că brăzdalele încărcate cu sormait SR, lucrînd în condițiile normale de sol, au depășit de oca două ori durata de funcționare a brăzdalelor normale luate ca martor.

Brăzdalele încărcate cu electrozi de încărcare EI 60 H au depășit de oca trei ori durata de funcționare a brăzdalelor normale călite CIF. Se recomandă folosirea acestor brăzdale la plugurile folosite în producția agricolă.

## Capitolul 6

### ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTALE

#### 6.1. Considerații generale.

În perioada 1987-1989 au fost urmărite în exploatare 36 de pluguri purtate pe tractorul U-650 M, la SMA-Buziaș și SMA Recaș din județul Timiș, SMA Pecioa, SMA Vinga și SMA Sintana din județul Arad. În acest scop au fost întocmite și distribuite la secții fișe de observații, corectitudinea completării lor verificându-se periodic.

La apariția unor căderi, la plugurile purtate, în fișele de observații se notau : suprafața realizată pînă la defectare, reporul sau ansamblul defectat, cauzele defectării, durata remedierii etc.

S-a avut în vedere că plugurile supuse cercetării să efectueze un volum de lucrări aproximativ egal cu cea 300 ha, ceea ce a impus urmărirea fiecărui plug timp de cea doi ani.

La încheierea experimentului au fost reținute pentru prelucrare informațiile referitoare la 36 pluguri, renunțându-se la celelalte deoarece volumul de lucrări efectuat a fost prea mic, iar informațiile notate în fișe nu erau concludente.

Numărul de căderi înregistrat la cele 36 pluguri purtate a fost de 140, ceea ce permite o bună prelucrare cu metodele statisticii matematice și calculul probabilităților.

Menționăm că nu s-a luat în considerare timpul afectat întreținerilor tehnice, reviziilor tehnice și reparațiilor, planificate conform "Tehnologiei de întreținere și revizii tehnice, norme tehnice și norme de timp pentru întreținere, revizii și reparații de tractoare, mașini și instalații agricole", elaborată de Ministerul Agriculturii.

Plugurile urmărite în exploatare au fost echipate cu brăsdare normale călite CIF. Echiparea plugurilor cu brăsdare la care se manifestă fenomenul de autoascutire, contribuie la îmbunătățirea indicilor de fiabilitate.

Nu au fost luate în considerare căderile datorate reglajelor necorespunzătoare și utilizării în procesul de reparare a unor piese uzate peste limita admisă.

Stabilirea legii teoretice de repartiție, prin intermediul repartiției empirice obținută din experiment, se numește estimarea legii teoretice de repartiție. Din tabelul 6.1 rezultă că numărul total de căderi la cele 36 de pluguri este  $n = 140$ . Se urmărește, cu ajutorul datelor înregistrate, găsirea repartiției teoretice care ajustează cel mai bine repartiția de selecție.

Volumul datelor experimentale fiind mare, se face o grupare a valorilor experimentale pe intervale, după alcătuirea șirului statisticilor de ordine, se alege numărul de intervale  $K = 11$ .

Se face calculul mărimii intervalelor  $h = (t_{\max} - t_{\min}) K^{-1}$ , unde  $t_{\max} = 330$ , iar  $t_{\min} = 20$ , reprezentând suprafața maximă, respectiv suprafața minimă între căderi, adică :

$$h = (330 - 20) 11^{-1} = 28,18$$

Se alege  $h = 30$ .

Grupind cele 140 de căderi pe intervale, se calculează frecvențele relative (funcția de probabilitate)  $f(t_1) = n_1/n$  și frecvențele relative cumulate (funcție de repartiție  $F(t_1)$ ), se obțin valorile care sînt înscrise în tabelul 6.2.

Folosind datele din tabelul 6.2, se reprezintă histograma care oferă prima informație asupra formei repartiției statistice. Din examinarea histogramei funcției de probabilitate se poate trage concluzia că repartiția căderilor plugurilor purtate este sub formă de clopot, ceea ce sugerează o repartiție normală asimetrică,

Tabelul 6.1

Nr. ort.	Variante de pluguri	Suprafața lucrată pînă la apariția căderilor [ore]	Suprafața lucrată între căderi [ore]	Nr. de căderi
1.	V <sub>1</sub>	20; 100; 240; 460; 600	20, 80, 140, 170, 220	5
2.	V <sub>2</sub>	50, 140, 260, 500, 620	50, 90, 120, 120, 250	5
3.	V <sub>3</sub>	120, 240, 400, 600	120, 120, 160, 200	4
4.	V <sub>4</sub>	140, 300, 440, 700	140, 140, 160, 260	4
5.	V <sub>5</sub>	90, 320, 460, 660	90, 140, 200, 230	4
6.	V <sub>6</sub>	60, 220, 480, 638	60, 158, 160, 260	4
7.	V <sub>7</sub>	92, 400, 500	92, 100, 308	3
8.	V <sub>8</sub>	140, 180, 380, 500	40, 120, 140, 200	4
9.	V <sub>9</sub>	120, 220, 460, 620	160, 120, 160, 240	4
10.	V <sub>10</sub>	100, 236, 480, 740	100, 136, 244, 260	4
11.	V <sub>11</sub>	90, 194, 364, 610	90, 104, 170, 246	4
12.	V <sub>12</sub>	120, 158, 260, 420, 640	38, 102, 120, 160, 220	5
13.	V <sub>13</sub>	100, 220, 450	100, 120, 230	3
14.	V <sub>14</sub>	160, 210, 500	50, 160, 290	3
15.	V <sub>15</sub>	40, 196, 224, 500, 620	28, 40, 120, 156, 276	5
16.	V <sub>16</sub>	56, 90, 232, 554	34, 56, 142, 322	4
17.	V <sub>17</sub>	134, 178, 372, 478	44, 106, 178, 194	4
18.	V <sub>18</sub>	78, 260, 478	78, 182, 218	3
19.	V <sub>19</sub>	178, 250, 518	72, 178, 268	3
20.	V <sub>20</sub>	90, 274, 604	90, 184, 330	3

Nr. ort.	Variante de pluguri	Suprafața lucrată pînă la apariția căderilor [ore]	Suprafața lucrată între căderi [ore]	Nr. de căderi
21.	V <sub>21</sub>	86, 214, 340, 480, 600	86, 120, 126, 128, 140	5
22.	V <sub>22</sub>	98, 320, 380, 540	60, 98, 150, 222	4
23.	V <sub>23</sub>	134, 204, 522	70, 134, 318	3
24.	V <sub>24</sub>	152, 222, 520	70, 152, 298	3
25.	V <sub>25</sub>	138, 260, 414, 560	122, 138, 146, 154	4
26.	V <sub>26</sub>	150, 252, 384, 560	102, 132, 150, 176	4
27.	V <sub>27</sub>	140, 292, 460	140, 152, 168	3
28.	V <sub>28</sub>	120, 260, 420, 616	120, 140, 160, 196	4
29.	V <sub>29</sub>	78, 196, 324, 480, 616	78, 118, 128, 136, 156	5
30.	V <sub>30</sub>	174, 274, 406, 560	100, 132, 154, 174	4
31.	V <sub>31</sub>	178, 290, 480	112, 178, 190	3
32.	V <sub>32</sub>	150, 278, 294, 540	20, 124, 150, 246	4
33.	V <sub>33</sub>	144, 304, 416, 580	112, 144, 160, 164	4
34.	V <sub>34</sub>	130, 334, 480, 614	130, 134, 146, 204	4
35.	V <sub>35</sub>	150, 258, 398, 490	92, 108, 140, 150	4
36.	V <sub>36</sub>	140, 284, 420, 580	136, 140, 144, 160	4
TOTAL				140

log - normală sau Weibull cu parametrul de forma  $b > 2$ .

În figura 6.1 este reprezentată histograma pentru funcția de probabilitate (frecvențele relative), iar în fig.6.2, histograma pentru funcția de repartiție (frecvențele relative cumulate).

Coefficientul de variație  $C_v$  se stabilește pe baza timpului me-

Tabel 5.2

$u_1$	0-30	31-60	61-90	91-120	121-150	151-180	181-210	211-240	241-270	271-300
$n_1$	4	9	10	26	32	25	7	6	3	4
$S(u_1)$	0,028	0,064	0,071	0,185	0,228	0,178	0,05	0,05	0,042	0,021
$F(u_1)$	0,028	0,092	0,163	0,348	0,576	0,754	0,804	0,854	0,896	0,917

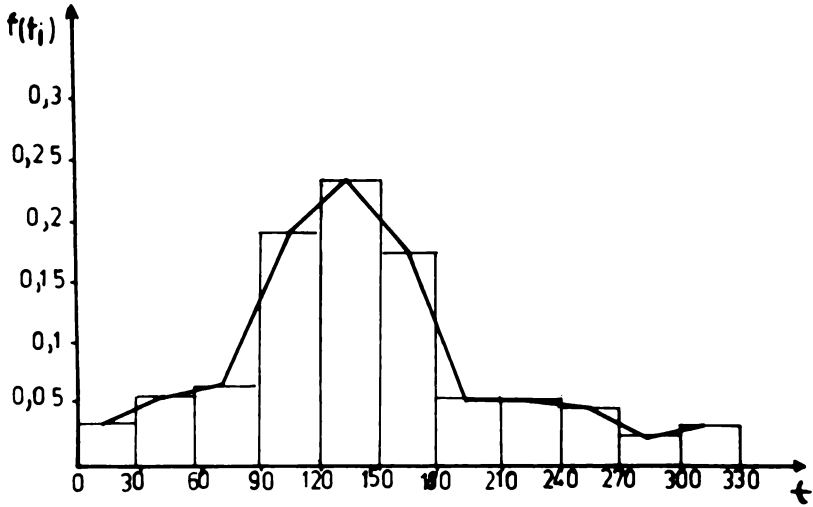


Fig.6.1

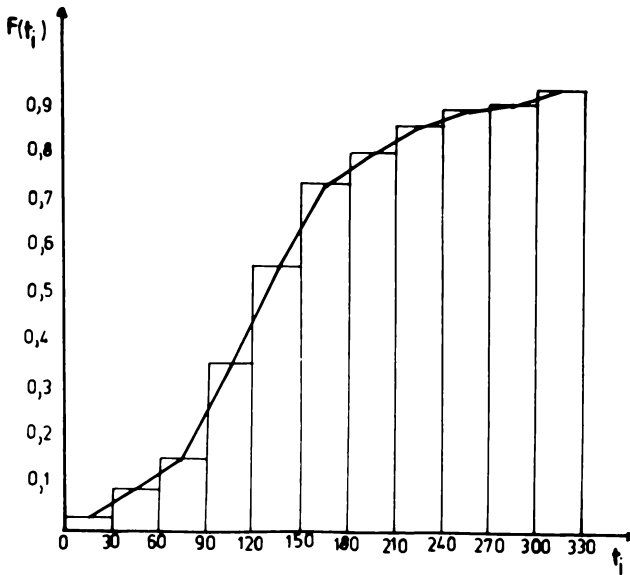


Fig.6.2

diu de bună funcționare  $\bar{t}$ , dispersiei  $s^2$  și abaterii medii pătrăti-  
ce  $\sigma$ .

Timpii medii de bună funcționare  $\bar{t}$  sau  $T_{mbf}$  este :

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} = \frac{20+28+\dots+330}{140} = 145,64 \text{ ore}$$

Pentru ușurarea calcululelor și a mări precizia lor, s-au întocmit programe în limbaj BASIC, cu ajutorul cărora s-au determinat principalii parametri ai fiabilității, parametrii repartiției Weibull etc.

Media eșantionului  $\bar{t}$  este un estimator nedepășat pentru media teoretică.

Dispersia  $s^2$  se stabilește cu ajutorul relației :

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2 = \frac{1}{140-1} \sum_{i=1}^{140} (20 - 145,64)^2 + \dots + (330 - 145,64)^2 = 4106,88$$

Abaterea medie pătratică  $S$  se obține prin extragerea rădăcinii pătrate din dispersie :

$$S = \sqrt{4106,88} = 64,08$$

Coefficientul de variație  $C_v$ , oferă o imagine sintetică a impreciziei valorilor cit și o probabilitate de a aprecia apropierea repartiției experimentale de unul din modelele clasice.

$$C_v = \frac{S}{\bar{t}} = \frac{64,08}{145,64} = 0,439$$

Decarece  $C_v = 0,439 > 0,333$ , rezultă că datele experimentale provin dintr-o repartiție Weibull. Pentru validarea legii de repartiție aleasă ca model, se poate aplica testul Kolmogorov-Smirnov sau testul binomial.

Din studiile efectuate de Dr. Ing. Ioan Voicu, în cadrul tezei de doctorat, rezultă că testul binomial este mult mai precis decât



testul Kolmogorov-Smirnov. Pe ultimul loc se găsește testul  $\chi^2$ . Având în vedere aceste considerente, în lucrare au fost aplicate teste binomiale.

Testul binomial. S-a constatat că abaterea maximă între  $F(t)$  și  $F_1(t)$  sau  $F_1(t)$  are loc pentru  $F(t) = 0,5$  [91].

Valorile  $\beta(n, 0,5, \alpha)$  sînt tabelate. Pentru  $n = 140$  și un nivel de încredere de 90 % din tabel [91] rezultă :

$$B(140 ; 0,5 ; 0,1) = \frac{0,882}{140} = 0,265$$

Această valoare 0,265 a testului binomial este mai mare decît  $\max d_{11} = |F(t_1) - F(t_1)_{\text{exp}}| = 0,237$  din tabelul 6.3, ceea ce confirmă ipoteza că datele experimentale aparțin unei repartiții Weibull.

#### 6.2. Aprecierea parametrilor de repartiție.

ESTIMAREA PARAMETRILOR legii Weibull. Cu ajutorul rețelei Weibull se poate realiza o primă aproximare a parametrilor legii de repartiție Weibull.

Estimarea parametrilor prin MCMMP se face pe baza considerației că funcția de repartiție este biparametrică.

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t^b)$$

Estimatorul  $\hat{a}_1$  calculat cu ajutorul relației (2.73) are valoarea :

$$\hat{a}_1 = -2,719$$

Parametrul de formă  $b$ , calculat cu ajutorul relației (2.74), are valoarea :

$$\hat{b} = 2,44$$

Parametrul  $\lambda$  ce intervine în forma biparametrică a funcției de repartiție are valoarea :

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{2,719} = 0,0658$$

Cunoscînd parametrii  $\hat{b}$  și  $\hat{\lambda}$ , se stabilește funcția fiabilită-

ții cu ajutorul relației :

$$\hat{R}(t) = \exp(-0,0658 \cdot t^{2,44})$$

Prin programul alcătuit au fost calculate  $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $f(t)$  și  $\hat{\lambda}(t)$  pentru numeroase valori  $t$ .

Utilizând relația  $\hat{a} = 1/\sqrt{\hat{\lambda}}$ , s-a determinat valoarea parametrului de scară reală  $\hat{a}$ .

#### Estimarea parametrilor prin MVM.

Metoda utilizată la estimarea parametrilor  $b$  și  $a$  ai modului Weibull impune rezolvarea sistemului de ecuații (2.75) și (2.76).

Pentru rezolvarea ecuațiilor :

$$\frac{140}{b} + \sum_1^{140} \ln 20 + \dots + \ln 330 =$$
$$\frac{140 \sum_1^{140} 20^b \cdot \ln 20 + 28^b \ln 28 + \dots + 330^b \ln 330}{\sum_1^{120} 20^b + 28^b + \dots + 330^b}$$

s-a elaborat un program prin care s-au dat parametrului de formă  $b$ , valori cuprinse între 1,5 și 2 (din 0,01 în 0,01), pînă cînd cei doi termeni ai relației se egalează. Cei doi termeni ai ecuației s-au egalat pentru  $b = 2,43$ .

Pentru a obține un estimator nedezplasat  $b$  se aplică relația :

$$\bar{b} = c(n) \cdot \hat{b} = 0,99 \cdot 2,43 = 2,40$$

Valoarea  $c(140) = 0,99$  este dată în tabele (ST S&V 877-78, Sofia 1978).

Parametrul de scară  $a$  - calculat cu ajutorul relației (2.76) - are valoarea :

$$\hat{a} = 426,89$$

Dintre valorile obținute pentru parametrii de formă  $b$  și de scară  $a$ , se vor adopta cele rezultate prin MVM, considerată cea mai precisă. Deci parametrii modelului Weibull au valorile  $\bar{b} = 2,40$  și  $\bar{a} = 426,89$ .

Funcția fiabilității  $R(t)$  exprimată prin parametrii estimați este :

$$R(t) = \exp\left(-\frac{t}{426,89}\right)^{2,40}$$

Funcția de repartiție a căderilor  $F(t)$  este :

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{426,89}\right)^{2,40}$$

Densitatea de probabilitate  $f(t)$  este dată de relația :

$$f(t) = \frac{2,40}{426,89} \left(\frac{t}{426,89}\right)^{2,40-1} \exp\left(-\frac{t}{426,89}\right)^{2,40}$$

Rata căderilor  $\lambda(t)$  rezultă din relația :

$$\lambda(t) = \frac{2,40}{426,89} \left(\frac{t}{426,89}\right)^{2,40}$$

Cu ajutorul relațiilor menționate, se pot calcula principalii parametri ai fiabilității plugurilor purtate pentru diferite durate de funcționare. Pentru stabilirea concordanței dintre legea teoretică aleasă ca model și repartiția experimentală, au fost calculate :

- funcția diferențială teoretică  $f(t)$  și experimentală  $f(t)_{\text{exp}}$ ;
- funcția de repartiție teoretică  $F(t)$  și experimentală  $F(t)_{\text{exp}}$ ;
- funcția teoretică  $R(t)$  și experimentală  $R(t)_{\text{exp}}$  a fiabilității.

Valorile funcțiilor menționate sînt inscrie în tabelul 6.3. Calculul valorilor funcțiilor s-a făcut după cum urmează :

- funcția de frecvență experimentală,  $f(t_1)_{\text{exp}} = n_1/n$  ;
- funcția de frecvență teoretică,  $f(t_1) = \frac{\bar{a} f(t_1) h}{h}$  ;

Tabelul 6.3

$t_1$	0-30	31-60	61-90	91-120	121-150	151-180	181-210	211-240	241-270	271-300	301-330
$l$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$n_1$	4	9	10	26	32	25	7	7	6	3	4
$f(t_1)_{exp}$	0,028	0,064	0,071	0,165	0,228	0,178	0,05	0,05	0,042	0,021	0,028
$f(t_1)$	0,028	0,063	0,070	0,164	0,226	0,177	0,049	0,049	0,043	0,022	0,028
$F(t_1)_{exp}$	0,028	0,092	0,163	0,348	0,576	0,754	0,804	0,854	0,896	0,917	0,945
$F(t_1)$	0,16	0,23	0,41	0,49	0,57	0,64	0,67	0,73	0,77	0,82	0,84
$R(t_1)_{exp}$	0,972	0,908	0,837	0,552	0,424	0,245	0,196	0,146	0,104	0,083	0,055
$R(t_1)$	0,84	0,71	0,60	0,51	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22	0,19	0,16
$F(t)_{exp}$	0,132	0,198	0,237		0,006	0,114	0,134	0,116	0,118	0,103	0,102
$-F(t_1)$											

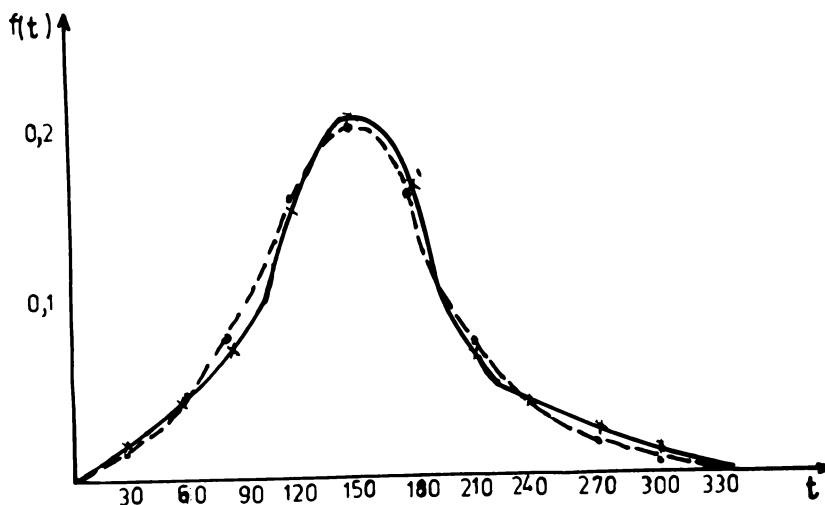


Fig. 6.3

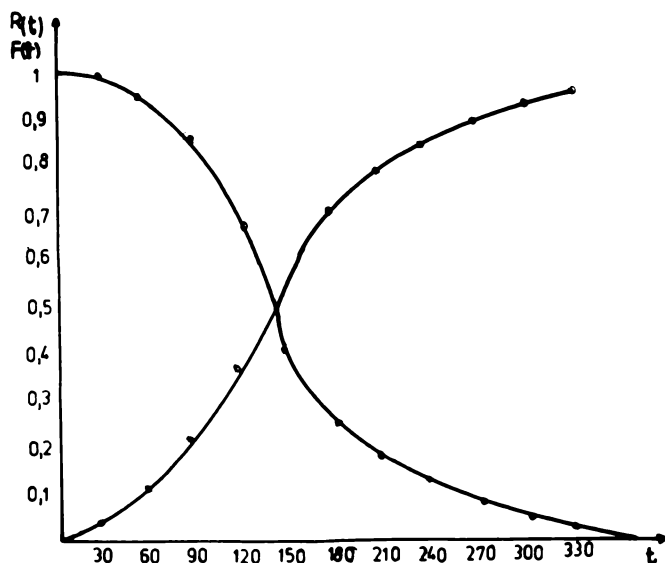


Fig. 6.4

- funcția de repartiție experimentală,  $F(t_i)_{\text{exp}} = f(t_i)_{\text{exp}}$ , suma cuprinsind intervalul considerat și cele precedente ;
- funcția de repartiție teoretică,  $F(t_i) = 1 - R(t_i)$  ;

- funcția experimentală a fiabilității,  $R(t_1)_{exp} = 1 - F(t_1)_{exp}$  ;
- funcția teoretică a fiabilității,  $R(t_1) = \exp(1 - \frac{t}{a})^b$
- rata căderilor  $\lambda(t) = \frac{b}{a} (\frac{t}{a})^{b-1}$ .

Folosind valorile din tabelul 6.3, în Figura 6.5 sînt prezentate curbele de variație a funcțiilor de frecvență experimentală și teoretică în raport cu timpul.

În figura 6.4 sînt reprezentate curbele funcției de repartiție și a fiabilității teoretice și experimentale. Se remarcă o mare apropiere între curbele teoretice și cele experimentale, ceea ce se explică prin estimarea foarte bună a parametrilor fiabilității.

Din figura 6.4 rezultă următoarele :

- funcția fiabilității descrește relativ repede în raport cu timpul ; în aceeași măsură crește și funcția de repartiție ;
- cele două curbe se intersectează într-un punct de abscisă care arată că jumătate din plugurile purtate puse în funcțiune la  $t = 0$ . Se vor defecta la capătul acestui timp  $t_1$ .

### 6.3. Indicatorii repartiției Weibull.

Indicatorii repartiției Weibull sînt : valoarea medie, dispersia, abaterea medie pătratică, coeficientul de variație, mediana, valoarea medală, coeficientul de asimetrie și coeficientul de exces.

Mediana reprezintă valoarea timpului de bună funcționare, care ocupă locul central în șirul ordonat al valorilor acestei caracteristici. Din punct de vedere geometric, mediana reprezintă abscisa punctului situat pe curba densității de repartiție a cărei ordonată împarte suprafața cuprinsă între curbă și axa absciselor în două părți egale. Mediana reprezintă deci, valoarea timpului de

bună funcționare pentru care  $F(t) = 0,5$ . Din figura 6.3 rezultă  $M_c = 135$  ore

Modul (valoare modelă) reprezintă valoarea timpului de bună funcționare pentru care densitatea de probabilitate este maximă.

În cazul repartiției Weibull, valoarea modului se calculează cu ajutorul relației :

$$M_0 = a \left(1 - \frac{1}{b}\right)^{1/b} = 426,89 \left(1 - \frac{1}{2,40}\right)^{1/2,40}$$

Această valoare este confirmată de figura 6.3, deoarece mediana se găsește între valoarea medie și mod, adică :

$$M(T) > M_e(T) > M_0(T)$$

se consideră că distribuția este puțin asimetrică.

Coefficientul de asimetrie se poate calcula cu ajutorul relației :

$$\beta_1 = \frac{m_3^2}{m_2^3} = \frac{m_3}{s^{3/2}}$$

unde :

$m_3^2$  este pătratul momentului centrat de ordinul trei, iar

$m_2^3$  este cubul momentului de ordinul doi, adică al dispersiei și se stabilește cu ajutorul relației :

$$m_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^x}{n} \quad \text{sau} \quad m_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^x \cdot n_i}{n}$$

Pentru  $x = 2$  se obține momentul centrat de ordinul doi numit dispersie, notată cu  $v^2(x)$  sau  $S_1^2$ .

Coefficientul de exces măsoară boltirea sau turtirea curbei funcției de frecvență. Se poate calcula cu ajutorul relației :

$$\beta_2 = \frac{m_4}{m_2^2} = \frac{m_4}{s^2}$$

unde :

$m_4$  este momentul centrat de ordinul 4, iar  $m_2^2$  este pătratul momentului centrat de ordinul doi (pătratul dispersiei).

#### 6.4. Contribuții personale și concluzii.

Din analiza fișelor de observații asupra comportării în producție a plugurilor purtate, s-a constatat că cele 36 de pluguri purtate, urmărite în perioada realizării a cca 300 ha arătură, au realizat un timp mediu de bună funcționare  $\bar{t} \approx 146$  ore.

Elaborând programul în limbaj BASIC, s-au determinat principalii parametri ai fiabilității. Deoarece  $C_v = 0,439$ , rezultă că datele experimentale provin dintr-o repartiție Weibull.

Estimarea parametrilor fiabilității s-a făcut prin MCMRP, MM și NVA, care, comparate între ele, s-a ajuns la concluzia că rezultatele obținute sînt apropiate ; aceasta atestă că experimentările au fost conduse corect.

Testele pentru validarea modelului Weibull din care provin datele experimentale, au confirmat ipoteza privind legea de repartiție aleasă, iar valorile numerice arată că testul binomial este cel mai exact.

Forma curbelor de frecvență a fiabilității și funcției de repartiție, teoretică și experimentală, indică alegerea corespunzătoare a modelului matematic și o bună estimare a parametrilor modelului.

În tabelul 6.4 sînt centralizate valorile parametrilor repartiției Weibull, care caracterizează fiabilitatea celor 36 de pluguri urmărite în condițiile de exploatare. Pentru calculul parametrilor din tabelul 6.4 s-a elaborat schema logică și programul în limbaj BASIC, care a contribuit la ușurarea volumului mare de calcule și mărirea gradului de precizie a rezultatelor finale.

Rezultatele experimentale analizate și prelucrate sînt reprezentate în grafice. Acestea permit stabilirea concluziilor finale și compararea rezultatelor experimentale cu cele stabilite pe cale analitică.



Tabelul 6.4

Valorile unor parametri ai repartiției Weibull

Parametrul	Simbol	Valoare	Metoda de estimare
Timpul mediu de bună funcționare.	$\bar{t}$	145,64	-
Dispersia.	$s^2$	4096	-
Abaterea medie pătratică.	$s$	64,08	-
Coefficientul de variație.	$C_v$	0,44	-
Parametrul de formă.	$b$	2,44	MCMP
		2,43	MVM
Mediana.	$M_0$	135	-
Parametrul de scară.	$a$	479	MCMP
		427	MVM
Modul (valoare modală).	$M_0$	132,51	-
Coefficientul de asimetrie.	$1$	0,5524	-
Coefficientul de exces.	$2$	3,2008	-

## Capitolul 7 CONCLUZII GENERALE

### 7.1. CONCLUZII FINALE.

1. Din studiul bibliografiei asupra stadiului cercetărilor privind îmbunătățirea indicilor de fiabilitate ai plugurilor purtate pe tractoare cu roți, rezultă că cercetările întreprinse, prin tematica tezei de doctorat, se încadrează în preocupările cercetătorilor din țară și din țările avansate din lume.

2. Pentru studiul fiabilității plugurilor purtate, se impune modernizarea construcției de instalații și aparatură destinate măsurării forțelor de rezistență la tracțiune a plugului, consumului de combustibil, petinării cît și realizarea de instalații pentru vizualizarea la bordul tractorului prin diferite semnale.

3. Cercetările teoretice asupra fiabilității se referă la sintetizarea și evidențierea celor mai importanți parametri ai fiabilității, mentenabilității și disponibilității utilajelor agricole. De asemenea s-au prezentat principalele legi teoretice de repartiție și valorile lor caracteristice; s-a realizat o diversificare a calculului statistico-matematic pentru o bună alegere a modelului teoretic și o corectă evaluare a caracteristicilor cantitative ale acestuia.

4. Pentru un număr redus de observații, testele pentru validarea ipotezelor privind legea de repartiție, permit acceptarea a două sau chiar trei legi, ceea ce nu are sens. În aceste cazuri s-au folosit metode de calcul al funcțiilor de regresie și evaluarea abaterilor față de punctele observate.

5. Pentru estimarea legii teoretice de repartiție, s-au prezentat metode empirice, punîndu-se accent pe rezultatele confirmate de cercetările experimentale.

6. Pentru măsurarea forțelor de rezistență la tracțiune a plugurilor purtate, s-a modernizat instalația și aparatura destinată măsurătorilor, în vederea îmbunătățirii preciziei de măsurare, folosind metode electrotensometriche și cu amplificare electronică a semnalelor transmise de captorii tensometrici.

7. S-a conceput și realizat o instalație nouă pentru măsurarea consumului de combustibil care, față de instalația volumetrică existentă, este mai precisă.

8. Parametrii energetici, determinați în condițiile de exploatare, au dat posibilitatea de a analiza corectitudinea stabilirii indicilor de fiabilitate. Plugurile nereglate în mod corespunzător își pierd stabilitatea în timpul lucrului și ca urmare, crește consumul de combustibil și se reduce capacitatea de lucru.

9. Rezistența la uzare a brăzdarelor s-a analizat prin metode gravimetrice și grafice. Din analiza rezultatelor experimentale a rezultat că o serie de variante de brăzdare încercate nu au corespuns, deoarece, cu toate că au prezentat o rezistență mare la uzare, nu se autoescuteau.

10. Din analiza rezultatelor experimentale, reiese că brăzdarile încercate cu sormait SR, lucrând în condițiile normale de sol, au depășit de circa două ori durata de funcționare a brăzdarelor normale luate ca martor. Brăzdarile încercate cu electrozi de încălzire KI 60 H au depășit de cea trei ori durata de funcționare a brăzdarelor normale călite CIF.

11. Din analiza fișelor de observații, s-a constatat că cele 36 de pluguri purtate, urmărind timp de 600 ore de funcționare, au realizat un timp mediu de bună funcționare destul de ridicat  $\bar{t} = 146$  ore.

12. Analizând rezultatele experimentale ale indicilor de fiabilitate, prin folosirea tehnicilor moderne de calcul, s-a stabilit

că datele experimentale provin dintr-o repartiție Weibull.

13. Pe solurile grele, tari și uscate, pe măsura uzării brăz-darelor, crește instabilitatea plugurilor în brazdă, atât pe adîncime cît și pe lățime.

14. Creșterea consumului de combustibil se datorează reface-rii reglajelor în limitele admise de cerințele agrotehnice. Ca urma-re a forțelor de rezistență suplimentare care apar, după refacearea reglajelor, acționînd asupra mecanismelor de reglare a stabilită-ții plugului, se mărește de cea 33 % consumul de motorină, iar ca-pacitatea de lucru se micșorează.

15. Menținerea în timpul lucrului a parametrilor reglați, în concordanță cu cerințele agrotehnice, impune vizualizarea la bor-dul tractorului a corectitudinii reglării plugului. În acest sens, s-a conceput o instalație pentru vizualizarea adîncimii de lucru. Aceasta semnalizează conducătorului agregatului abaterile de la adîncimea reglată.

16. Menținerea stabilității plugului în planul orizontal para-lel cu direcția de înaintare și în planul transversal precum și corectitudinea reglajelor, a determinat conceperea și realizarea unei instalații pentru semnalizarea la bordul tractorului, inegali-tatea forțelor de rezistență la tracțiune în tiranții laterali. La apariția semnalelor, conducătorul agregatului trebuie să execute și să refacă reglajele corespunzătoare.

17. Modelul matematic pentru determinarea coeficienților re-lațiilor de regresie a permis o interpretare corectă a rezultate-lor experimentale. Cercetarea teoretică prin care s-au stabilit ecuațiile ce au fost introduse în calculator pentru stabilirea po-linoamelor care să reprezinte cît mai fidel stabilitatea pluguri-lor, a fost corect efectuată.

18. Testele pentru validarea modelului Weibull din care pro-

vin datele experimentale, au confirmat ipoteza privind legea de repartiție aleasă, iar valorile numerice arată că testul binomial este cel mai exact.

19. Valorile parametrilor  $\mu$  și  $\sigma$  estimate prin MCMAP, MM și MVM sînt foarte apropiate între ele, ceea ce confirmă alegerea corespunzătoare a modelului Weibull ca model teoretic din care provin datele experimentale.

## 7.2. Contribuții personale.

1. Schema logică, elaborată sub formă de organigramă, privind cuprinsul celor mai importante aspecte din teza de doctorat, reprezintă o imagine clară asupra conținutului, desfășurării activității de documentare, experimentare, interpretare a rezultatelor experimentale precum și contribuții metodologice și experimentale.

2. S-a conceput și realizat instalația precum și aparatul destinat măsurării parametrilor de tracțiune ai tractoarelor. Acestea au fost modernizate în comparație cu cele clasice.

3. Cercetările experimentale s-au făcut în condițiile de producție; cu datele obținute s-au verificat și confirmat toate considerațiile teoretice făcute anterior. Aplicarea în producție a considerațiilor teoretice și experimentale expuse în lucrare, duce la creșterea fiabilității plugurilor purtate, la creșterea productivității muncii și reducerea cheltuielilor de întreținere și reparații.

4. Metodele și procedeele de măsurare a rezistenței la uzare a brăzdarelor, au constat în cercetarea și experimentarea următoarelor variante : încărcarea brăzdarelor cu sormait S, cu sormait SR, electrozi EI 50 H, electrozi EICr 4 S, electrozi Castolin ERC 57-65, electrozi CELSTV, brăzdare normale oălite OIF și brăzdare recondiționate, cu adăos de compensatori de uzură.

5. S-a conceput și realizat o instalație pentru vizualizarea la bordul tractorului, a adâncimii de lucru a plugului, care se mo-

difică în limite mari, ca urmare a uzurii brăzdarelor.

6. S-a conceput și realizat o instalație pentru vizualizarea la bordul tractorului a dereglării plugului și deci a pierderii stabilității în plan orizontal și perpendicular pe direcția deplasării agregatului.

7. S-au determinat fiabilitatea și parametrii fiabilității plugurilor purtate. Metodele de estimare prezentate se regăsesc aplicate cu foarte bune rezultate în capitolul cercetărilor experimentale.

8. S-au elaborat programe de calcul în limbaj BASIC, cu ajutorul cărora s-au prelucrat datele experimentale în vederea stabilirii legii teoretice de repartiție și s-au calculat parametrii acestor legi.

### 7.3. RECOMANDARI PENTRU PRODUCȚIE.

1. Instalațiile și aparatura folosită pentru determinarea parametrilor de tracțiune ai tractoarelor utilizate la executarea arăturilor, au fost modernizate, prezintă mai mare precizie și siguranță în exploatare și ca urmare, se recomandă a fi folosită în producție.

2. Brăzdarele încărcate cu electrozi de încărcare AI 50 H, care în timpul încercărilor, au depășit de cca 3 ori durata de funcționare a brăzdarelor normale oălite OIF, se recomandă a fi montate pe plugurile existente în exploatare. Folosirea acestora va contribui la îmbunătățirea indicilor de fiabilitate a plugurilor purtate pe tractoarele cu roți.

3. Se recomandă efectuarea de cercetări privind îmbunătățirea indicilor de fiabilitate ai plugurilor purtate în diferite condiții de umiditate și categorii de sol.

Plugurile purtate, cu lățime variabilă, din punct de vedere

constructiv, prezintă unele particularități de exploatare diferite față de cele clasice și ca urmare, fiabilitatea lor operațională merită să fie studiată cu multă atenție.

BIBLIOGRAFIE

1. Anilovici V.I. - Exploatare si nedojnost selischoziast-vennih masin. Izdatelstva Uredjal. Minsk, 1974.
2. Aramă C. - Terotehnică, editura Tehnică, București, 1976.
3. Arie C.N. - Incercările accelerate și prognoza fiabilității, în culegere de referate, al treilea seminar tehnico-științific ICPT, dec. 1970 și elemente de fiabilitate, 1975.
4. Artemiev I.N. - Bazele fiabilității în tehnica agricolă, Moscova, 1973.
5. Baleev M.I. - Nedejnosti i delgovecinostimašin, Kiev, 1973.
6. Baron T. - Calitatea și fiabilitatea produselor, editura didactică și pedagogică, București, 1976.
7. Bazovski I. - Fiabilité. Théorie et pratique de la sûreté du fonctionnement. Paris, 1966.
8. Bowker A.H. et Lieberman G.J. - Methodes statistiques de l'ingénieur. Dunod, Paris, 1964.
9. Carțig I. - Tratamente termice. Tehnologie și utilaje. Editura Facla. Timișoara, 1982.
10. Calabre C.R. - Reliability principles and practices M'c Graw Hill, 1962.
11. Căproiu St., Scripciu V., Dumitru I. - Teoria, calculul și construcția mașinilor agricole de lucrat solul. Vol. I și Vol. II, I.P.T.V. Timișoara, 1973.
12. Căproiu St. - Mașini agricole de lucrat solul, semănat și întreținerea culturilor. Editura didactică și pedagogică, București, 1982.
13. Căproiu St., Nica C., Gariți S., Păducel P. - Studii și cercetări privind recondiționarea brăzdalelor de plug prin aplicarea de compensatori de uzură, Timișoara, 1985.



14. Căproiu St.  
Căproiu M.  
Păducel P. - Cercetări privind fiabilitatea brăzdarelor de plug cu vîrf sudat în Banat. Timișoara, 1983 (Contract de cercetare).
15. Căproiu St. - Studii și cercetări comparative privind comportarea în condiții de producție din Banat a brăzdarelor PP-4-2.4 durificate prin CIF, sormaitare și combinat CIF în încălzire cu electrozi NIGr 4 B, Timișoara, 1984 (Contract de cercetare).
16. Cătuneanu M.V. - Bazele teoretice ale siguranței în funcționare. Telecomunicații, 2, 1963.
17. C.I.A.T. - Simpozionul "Fiabilitatea în construcția de autovehicule și tractoare", Brașov, 2 iulie 1973.
18. Ciucă I. - Modele matematice pentru planificarea aprovizionării cu piese de schimb (Referat ICMA).
19. Ciucu G.,  
Craiu V. - Statistică matematică și cercetări operaționale. Editura Tehnică, București, 1967.
20. Giorau P.  
Coca D. - Incercarea materialelor, Vol. I, Vol. II și Vol. III. Editura Tehnică, București, 1986.
21. Cojocaru O. - Contribuții teoretice și experimentale privind îmbunătățirea indicilor de fiabilitate și cilindrilor de la motoarele agricole. Rezumatul tezei de doctorat, București, 1987.
22. Constantinescu I.  
Militaru C. - Prelucrarea datelor experimentale cu calculatoare numerice. Editura Tehnică, București, 1980.
23. Craiu V.  
Anache R.  
Băscă O. - Texte de concordanță cu programe în Fortran. Editura științifică și enciclopedică, București, 1986.

24. Curelea M. - Stabilirea indicatorilor de fiabilitate și a consumului pieselor de schimb, în condiții de exploatare la tractoarele cu roți U-650 M. Teză de doctorat, A.S.A.S., București, 1981.
25. Dethoor J.H.  
Grobouillot J.O. - Le vie des équipements. Paris, Dunod, 1968.
26. Dinulescu C. - O metodă pentru studiul siguranței sistemelor tehnice în Buletinul I.P. București, 1/1970.
27. Dinescu G.,  
Săvulescu B., - Decizii în probleme economice. Editura didactică și pedagogică, București, 1978.
28. Dinescu G.,  
Săvulescu B. - Metodă de matematică modernă pentru economie. Culegere de probleme, Editura didactică și pedagogică, București, 1975.
29. Brujin G.V. - Siguranța în funcționare a sistemelor. Traducere din limba rusă. Editura Tehnică, București, 1968.
30. Domșa A.  
Domșa S. - Materiale metalice în construcție de mașini și instalații. Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1981.
31. Dulămiță - Tehnologia tratamentelor termice, Editura didactică și pedagogică, București, 1982.
32. Dumitru I. - Cercetări asupra oboselii unor oțeluri supuse la sarcini repetate, Rezumatul tezei de doctorat, Timișoara, 1983.
33. Elizavetin M.A. - Povișenie nadejnosti mašin. Mașinostroenie, Moskva, 1968.
34. Elizavetin M.A.  
Satoli S.A. - Tehnologiceskie sposobi povișenia dolgovečnosti mašin. Izd. Mașinostroenia, Moskva, 1969.
35. Enrick N.L. - Contrôle de qualité et fiabilité deus l'entreprise industrielle. Eyrolles, 1968.

36. Faure R.  
Laurière J.L. - Fiabilité et renouvellement des équipements. Ed. Gauthier-Villars. Paris, 1974.
37. Feller W. - An introduction to probability theory and its applications. Wiley and sons, New York, 1952.
38. Fisher R. - Statistical methods and scientific inference. Oliver and Boyd. Edinburg-London, 1956.
39. Gafițanu M. - Organe de mașini. Vol. I și Vol. II, Editura Tehnică, București, 1981.
40. Gnedenko B.V. - Teoria probabilităților. Traducere din limba rusă. Editura Tehnică, București, 1952.
41. Gnedenko B.V. - Kurs teorii veroiatnostei. Fizmatgiz, Moskva, 1961.
42. Gnedenko B.V.  
Koroliuk V.S. - Elementi programirovaniia. Fizmatgiz, Moskva, 1961.
43. Gnedenko B.V.  
Beleaev I.K.  
Soloviev A.D. - Metode matematice în teoria siguranței. Editura Tehnică, 1968.
44. Gùldenpfenning P. - Noțiuni de fiabilitate. Elektrotechnische Zeitschrift 21 (1968). Culegere de traduceri I.N.I.D., București, 1973.
45. Hald A. - Statistical theory with engineering applications. Wiley and sons Inc. New York, 1952.
46. Havilland R.F. - Techniques de fiabilité et durée de vie des équipements. Ayrrolles, Paris, 1966.
47. I.C.M.A. - Lucrări științifice. Vol. XIX, București, 1980.
48. Ionuț V.  
Moldovanu Gh. - Tehnologia reparării utilajului agricol. Editura Tehnică și Pedagogică, București, 1976.
49. Ionuț V.  
Moldovanu Gh. - Tehnologia reparării și fiabilitatea utilajului agricol. Ed. didactică și pedagogică, București, 1982.

50. Isaic-Maniu Al. - Metoda Weibull. aplicații. Editura Academiei RSR, București, 1983.
51. Isaic-Maniu Al. - Fiabilitatea, șansă și risc. Editura Tehnică, București, 1986.
52. Juran J. - Calitatea produselor. Tratat practic de planificare, proiectare, realizare și control. Editura Tehnică, București, 1973.
53. Kangleis B.R. - Durées de vie, fiabilité, disponibilité des matériaux, editura Dunod, Paris, 1968.
54. Krasnicenko A.V. - Anualul constructorului de mașini agricole. Vol. I și Vol. II, editura Tehnică, București, 1964.
55. Kollar L. - Automatisierung in der Landwirtschaft VEB Verlag Technik, Berlin, 1975.
56. Langlois R. - Durées de vie, fiabilité, disponibilité des matériaux. Dunod, Paris, 1968.
57. Lindsley R. - Maintenance Engineering Handbook. New York, Mc.Graw-Hill Book Company, 1977.
58. Manciu Gh. - Contribuții teoretice și experimentale privind stabilirea și îmbunătățirea indicilor de fiabilitate ai combinei C-12. Teză de doctorat, I. P. T. V. Timișoara, 1978.
59. Meyers Gh. - Le choc informatique. Dunod, Paris, 1972.
60. Mihăilă N. - Introducere în teoria probabilităților și statistică matematică. Editura didactică și pedagogică, București, 1965.
61. Mihoc Gh. - Elemente de calculul probabilităților. Editura Tehnică, București, 1954.
62. Marghidanu N. Bianu V. - Prognoza dezvoltării mecanizării agriculturii. Editura Ceres, București, 1979.

63. Marghidanu H.  
Bianu V. - Eficiența economică a tehnologiilor de  
mecanizare în agricultură. Editura Ceres,  
București, 1973.
64. Mihoc Gh.  
Muja A. - Bazele matematice ale teoriei fiabilității.  
Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1976.
65. Militaru C. - Fiabilitate și precizie în tehnologia con-  
strucțiilor de mașini. Editura Tehnică, Bu-  
curești, 1987.
66. Mitroi C.  
Marin V. - Norme de întreținere, revizii și reparații  
pentru tractoare și mașini agricole. In :  
Mecanizarea agriculturii, nr. 1/1978.
67. Moga Al.  
Boseanu D. - Fiabilitatea în industria construcțiilor  
de mașini. M.I.C.M. Oficiul de documentări  
și publicații tehnice, București, 1971.
68. Meyers R.H. - Reliability engineering for electronic sys-  
tems. J. Willey and sons. New York, 1964.
69. Socanu D.R. - Rezistența materialelor. Editura Tehnică,  
București, 1981.
70. Neculăișca V. - Tehnologia exploatării tractoarelor și ma-  
șinilor agricole. Inst. politehnic Iași, 1971.
71. Nițu I.V.  
Albert H. - O nouă metodă de calcul al siguranței în  
funcționare. Studii și cercetări energeti-  
ce, electrice Nr. 3 (1966).
72. Nițu I.V.  
Costin -.  
Brădescu M. - Aplicarea calculului statistic în studiul  
siguranței în funcționare. Energetica Nr. 11  
(1964).
73. Nițu I.V.  
Albert H.  
Brădescu M. - Metode statistico-probabilistice utilizate  
în energetică. Editura Tehnică, București,  
1968.

74. Miță I.  
Stefan C.  
Stefănescu M.  
Serb M.  
Păducel P. - Studii și cercetări privind mărirea duratei de lucru a brazdărilor de la pluguri prin depunere de aliaje de fabricație indigenă rezistente la uzare. Timișoara, 1988 (Contract de cercetare).
75. Onicescu D.  
Miheș Gh. - Lecții de statistică matematică. Editura Tehnică, București, 1958.
76. Panaite V.  
Munteanu R. - Control statistic și fiabilitate. Editura didactică și pedagogică, București, 1983.
77. Pavelescu D. - Concepții noi, calculul și aplicații în frecarea și uzarea solidelor deformabile. Editura Academiei RSR, București, 1971.
78. Pavelescu D. - Tribologie, frecare, uzare, ungere. Lite I. P. București, 1973.
79. Pavelescu D. - Tribotehnică. Principii noi și aplicații privind frecarea, uzarea și ungerea mașinilor. Editura Tehnică, București, 1983.
80. Pîcșoș C. - Tehnologia reparării utilajului agricol. Inst. politehnic Iași, 1976.
81. Pollard A.  
Rivoire C. - Fiabilité et statistiques, previsionelles la methode Weibull. Editura Eyrolles, Paris, 1971.
82. Popescu S. - Automatizarea mașinilor și instalațiilor agricole. Universitatea din Brașov, 1974.
83. Popescu S.  
Ionescu M.  
Tănase P. - Criterii de analiză comparativă a proprietăților de tracțiune ale tractoarelor pe roți. In : Buletinul Universității din Brașov, Vol. XX, 1978.
84. Protopopescu H. - Metalografie și tratamente termice. Editura tehnică, București, 1982.
85. Rancu N.  
Tăvlișci L. - Statistică matematică cu aplicații în producție. Ed. Acad. RSR, 1963.

86. Rosa D.I. - Probleme de statistică rezolvate pe calculator. Editura Facla, Timișoara, 1984.
87. Roman I. - Determinarea indicilor de fiabilitate. Calitatea producției și metrologie, Nr.1 (1974).
88. Ruiz C. - Cercetări privind stadiul actual al metodelor și procedurilor de creștere a rezistenței la uzură a brăzdalelor de pluguri purtate pe tractoare cu roți. Timișoara, 1987, Referat de doctorat nr.1.
89. Ruiz C. - Cercetări teoretice privind metodele și procedurile de creștere a rezistenței la uzură a brăzdalelor de pluguri purtate pe tractoare cu roți, Timișoara, 1988. Referat de doctorat nr.2.
90. Ruiz C. - Cercetări experimentale privind metodele și procedurile de creștere a rezistenței la uzură a brăzdalelor de pluguri purtate pe tractoare cu roți, Timișoara, 1989. Referat de doctorat nr.3.
91. Schwab M.  
Feyrache G. - Traité de fiabilité. Ed. Masson, Paris, 1969.
92. Sandru A. - Calculul parametrilor de tracțiune ai tractoarelor pe roți cu pneuri. In : Studii și cercetări de mecanică agricolă, Nr.3/1973.
93. Sandru A.  
Popescu M.  
Fulga E. - Echipamentul electric de pe tractoare și mașini agricole. Editura Ceres, București, 1974.
94. Sandru A.  
Popescu M.  
Cristea I.  
Neculășanu V. - Exploatarea utilajelor agricole. Editura didactică și pedagogică, București, 1983.
95. STAS 8174-73 - Fiabilitatea în tehnică. Terminologie.

96. STAS 8564-70 - Mijloace de automatizare.Fiabilitate,con-  
diții generale.
97. STAS 6132-72 - Controlul statistic al calității.Control  
de recepție.Principii de bază.
98. STAS 1839-71 - Teoria probabilităților.Terminologie.
99. STAS 7122-72 - Statistică metematică.Prezentarea și pre-  
lucrarea datelor experimentale și de ob-  
servații.
100. Tecușan N. - Tractoare și automobile,Curs.Editura di-  
dactică și pedagogică, Timișoara,1982.
101. Trușculescu M. - Studiul metalelor.Editura didactică și pe-  
dagogică,București,1977.
102. Trușculescu M. - Indrumător de laborator.Studiul metalelor  
și tratamente termice,Timișoara,Lito IPTV,  
1969.
103. Tiron M. - Prelucrarea statistică și informațională  
a datelor de măsurare.Editura Tehnică,  
București,1976.
104. Tomescu D. - Mărirea rezistenței la uzură a organelor  
active de la mașinile agricole de lucrat  
solul.Editura Agro-silvică,1966.
105. Tomescu D. - Recondiționarea și mărirea rezistenței la  
uzură a organelor active de la mașinile  
agricole.Editura Ceres,București,1971.
106. Tomescu D. - Criterii de stabilire a limitelor de usu-  
ră a pieselor de tractoare și mașini agri-  
cole.Studii și cercetări de mecanică agri-  
colă,nr.1 (1971).
107. Tomescu D. - Fiabilitatea mașinilor agricole.Mecanize-  
rea și electrificarea agriculturii,nr.3  
(1972).



108. Tomescu D.  
Scripnic V. - Unele aspecte ale tribologiei în dome-  
niul mecanicii agricole.Mecanizarea și  
electrificarea agriculturii,nr.1 (1974).
109. Tomescu D. - Fiabilitatea și întreținerea utilajului  
agricol.Mecanizarea și electrificarea  
agriculturii,nr.3 (1974).
110. Tomescu D.  
Vanciu Gh.  
Scripnic V. - Fiabilitatea utilajelor agricole.Editura  
Ceres, București,1981.
111. Ursache A.  
Chircă D. - Proprietățile metalelor.Editura didactică  
și pedagogică,București,1982.
112. Vodă Gh.V. - Noi modele statistice în studiul durabili-  
tății produselor,editura Academiei BSR,  
București,1980.
113. Vodă Gh.V. - Controlul durabilității produselor indus-  
triale,editura Tehnică,București,1981.
114. Voicu I. - Contribuții teoretice și experimentale  
privind siguranța în funcționare a aparate-  
lor de legat de la presele de paie și  
fîn,Tesă de doctorat,Timișoara,1988.
115. White J.S. - Weibull, resonal analysis.In resserch.Pu-  
blicație G.M.N. 597/1964.
116. Tiener U.  
Isaic-daniu Al. - Aplicații ale rețelilor probabilistice în  
tehnica.Editura Tehnică,București,1983.
117. x x x - Recondiționarea pieselor metalice usate  
prin sudare și metalizare prin pulveriza-  
re,I.D.T.,București,1986.
118. x x x - Mărirea rezistenței la uzură a organelor  
active de la mașinile de lucrat solul.  
I.D.T.,București,1986.
119. x x x - Metode de prognoză a întreținerii.In :  
Maintenance,Vol.112,1980.

C U P R I N S

Pag.

INTRODUCERE .....	1
Cap.1. STADIUL ACTUAL AL CERCETARILOR PRIVIND IMBUNATATIREA INDICILOR DE FIABILITATE LA PLUGURI	
PURTATE .....	9
1.1. Considerații generale .....	9
1.2. Unele aspecte privind realizarea de instalații și aparatură destinate cercetării indicilor de fiabilitate .....	11
1.3. Aspecte privind mărirea rezistenței la uzare a brăzdalelor .....	13
1.4. Imbunătățirea indicilor de fiabilitate prin modernizarea construcției plugurilor .....	14
1.5. Problematika cercetărilor experimentale .....	16
1.6. Contribuții personale și concluzii .....	17
Cap.2. CONSIDERAȚII TEORETICE PRIVIND FIABILITATEA PLUGURILOR .....	19
2.1. Considerații generale asupra defecțiunilor și fiabilității mașinilor agricole .....	19
2.2. Relații fundamentale ale fiabilității .....	23
2.3. Mentenabilitatea plugurilor purtate .....	27
2.4. Disponibilitatea plugurilor purtate .....	29
2.5. Legile teoretice de repartiție utilizate în fiabilitate .....	31
2.6. Teste pentru validarea ipotezei privind legea de repartiție .....	46
2.7. Estimarea parametrilor legilor de repartiție ...	49
2.8. Contribuții personale și concluzii .....	54

Cap.3. CONTROLUL AUTOMAT AL UNOR MARIMI FOLOSITE LA DETERMINAREA INDICIILOR DE FIABILITATE .....	55
3.1. Influența uzurii tăișului brăzdarelor asupra parametrilor de tracțiune .....	55
3.2. Analiza rezultatelor experimentale .....	61
3.3. Instalația pentru vizualizarea la bordul tractorului a unor indicatori de fiabilitate ...	62
3.4. Instalația pentru vizualizarea la bordul tractorului a adâncimii de lucru a plugului ....	65
3.5. Contribuții personale și concluzii .....	66
Cap.4. INSTALAȚIILE SI APARATURA FOLOSITA PENTRU DETERMINAREA PARAMETRIILOR ENERGETICI DE TRACȚIUNE AI PLUGURILOR PURTATE .....	69
4.1. Instalații pentru măsurarea forțelor de rezistență la tracțiune a plugurilor .....	69
4.2. Instalație pentru măsurarea consumului de combustibil .....	75
4.3. Instalație pentru măsurarea patinării roților motoare .....	78
4.4. Măsurarea timpului și a vitezei de lucru .....	80
4.5. Metodica experimentală .....	82
4.6. Contribuții personale și concluzii .....	85
Cap.5. METODE SI PROCEDEE DE CREȘTERE A REZISTENȚEI LA UZURA A BRAZDARELOR IN VEDEREA ÎMBUNĂTĂȚIRII INDICIILOR DE FIABILITATE .....	87
5.1. Considerații generale .....	87
5.2. Uzura brăzdarelor .....	88
5.3. Tehnologia de fabricație și de încărcare cu aliaje dure a brăzdarelor .....	91

	<u>Pag.</u>
5.4. Metodica experimentală .....	94
5.5. Analiza rezultatelor experimentale .....	102
5.6. Contribuții personale și concluzii .....	109
<b>Cap.6. ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTALE .....</b>	<b>115</b>
6.1. Considerații generale .....	115
6.2. Aprecierea parametrilor de repartiție .....	122
6.3. Indicatorii repartiției Weibull .....	127
6.4. Contribuții personale și concluzii .....	129
<b>Cap.7. CONCLUZII GENERALE .....</b>	<b>131</b>
7.1. Concluzii finale .....	131
7.2. Contribuții personale .....	134
7.3. Recomandări pentru producție .....	135
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>137</b>