

Tin să exprim și cu această ocazie  
cele mai alese sentimente de stimă și profundă  
gratitudine conducătorului meu științific  
prof. emerit dr. ing. GHEORGHE SAVII pentru  
indrumarea permanentă a activității mele de  
doctorant.

INSTITUTUL POLITEHNIC " TRAIAN VULIA "   
 T I M I S O A R A   
 FACULTATEA DE MECANICA

Ing. CORNEL DOBREAN

STUDIU PRIVIND PROGRAMAREA OPERATIVA   
 SI OPTIMIZAREA PRODUCIEI   
 IN FABRICATIA DE SERIE A MASINILOR ELBORNICE

TEZA DE DOCTORAT

BIBLIOTECA CENTRALĂ   
 UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"   
 TIMIȘOARA

CONDUCATOR ȘTIINȚIFIC,   
 Prof. Dr. Ing. GHEORGHE SAVII

TIMIȘOARA 1980

INSTITUT

100. 331

434001

9

## I N T R O D U C E R E

Programul Partidului Comunist Român, adoptat de cel de al XII-lea Congres confirmând realizările remarcabile obținute de poporul nostru în făurirea socialismului, stabilește obiectivele fundamentale ale actualei etape de dezvoltare a României și stabilește strategia generală a partidului de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și de creare a condițiilor pentru edificarea comunismului în România.

În acest cadru creșterea mai rapidă a productivității sociale prin organizarea științifică a producției și muncii constituie o orientare principală a viitorului cincinal.

Realizarea acestui desiderat impune ca o necesitate obiectivă organizarea dinamică a sistemului de producție în condițiile revoluției tehnico-științifice contemporane, care să asigure folosirea eficientă a mijloacelor materiale și a forței de muncă.

De altfel, schimbările structurale care s-au produs și se produc în țara noastră, ca urmare a aplicării consecvențe a politicii generale a partidului, au condus la formarea și dezvoltarea unei înalte conștiințe socialiste a oamenilor muncii, reflectată printr-o nouă atitudine față de muncă, față de utilizarea rațională a resurselor energetice și de materii prime și materiale. În această direcție studiul își propune să concretizeze unele posibilități de reducere a consumurilor materiale prin schimbarea tehnologiilor și implicit de energie prin prelucrări mecanice minime, ridicarea coeficientului de utilizare a metalului, respectiv scăderea consumurilor normale, constituie o atestare a acestor preocupări finalizate în lucrare.

Desigur, valențele tuturor proceselor tehnico-economice trebuie judecate prin prisma rezultatelor obținute sau scontate în perspectivă. Aceasta impune ca indicatorii economici, producția netă sau beneficiul la 1000 lei fonduri fixe, costurile, cheltuielile materiale, viteza de rotație a mijloacelor circulante ș.a. să fie urmărite sistematic pe "tabloul de bord" al

execuției planului. În această conjunctură promovarea progresului tehnic nu trebuie să constituie o acțiune de campanie, ci o sarcină permanentă, având implicații profunde asupra eficienței economice. O cerință a revoluției tehnico-științifice impune introducerea și extinderea rapidă a progresului tehnic, asimilarea operativă a unor tehnologii moderne de înaltă productivitate. Intensificarea procesului de modernizare a economiei naționale prin tehnologii avansate și accelerarea de înnoire a producției reprezintă de altfel un obiectiv prioritar înscris în Programul-directivă în cercetarea științifică, dezvoltarea tehnologică și introducerea progresului tehnic. Se impune deci o ridicare a nivelului tehnic și calitativ al întregii producții materiale prin promovarea largă a mecanizării, automatizării și cibernetizării producției, realizându-se astfel o economie modernă, de înaltă productivitate și eficiență.

Exigență se impune și în folosirea mai bună și cu eficiență sporită a capacităților existente renunțându-se la solicitarea de fonduri de investiții pentru crearea de noi capacități, prin promovarea unor tehnici de programare a producției care să asigure nivele superioare pentru aceeași dotare tehnică.

În lumina indicațiilor privind aplicarea unui regim sever de economii, cheltuirea cu maximă exigență a fiecărui leu, automatizarea proceselor de producție, introducerea pe scară largă a tehnicii de calcul reprezintă un factor determinant cu mari implicații în perspectivă și dezvoltarea economico-socială a țării noastre. A devenit o realitate, uneltele informaționale fac parte de acum din viața unităților economice, sînt prezențe active în mai toate sectoarele de activitate, contribuind la conducerea directă sau indirectă a proceselor tehnologice, prin prelucrarea datelor informaționale asigurînd o creștere continuă a eficienței economice, a productivității, accelerarea întregului mecanism economico-financiar.

Studiul a încercat să abordeze unele din aspectele enunțate, pe baza materialelor bibliografice vizînd aplicarea de noi tehnologii în realizarea arberilor și care permite execuția acestora în condiții de productivitate ridicată, consumuri reduse de material și o calitate îmbunătățită. Estimările stabilite pe ba-



sa calculelor pentru sarcinile anuale de productie evidentiaza .  
eficienta propunerilor, vizind modificările in domeniul tehnolo-  
giilor. De asemenea, din analiza capacităților de productie  
existente, pe baza nivelelor anuale de plan s-a stabilit, cu aju-  
torul programării liniare, posibilitatea de a crește producția  
fără suplimentarea corespunzătoare a capacităților.

Deși cu rezultate bune in industriile cu productie in  
flux continuu ( metalurgie, chimie) automatizarea clasica nu a  
putut fi folosita cu același succes in industria constructoare  
de mașini, unde fabricația are un caracter discret in special  
in loturi. De aceea, se ridică problema de a se trece in construc-  
ția de mașini la automatizarea flexibila și la utilizarea mași-  
nilor de productie cu inteligență artificială in domeniile fa-  
bricației de piese și asamblări de mașini, care presupune orga-  
nizarea fabricației pe loturi. In lucrare se încearcă a se evi-  
denția avantajele unei fabricații pe loturi și se prezintă com-  
parația între sistemul practicat și cel propus și efectele eco-  
nomice rezultate.

In acest context lucrarea de față își propune să aducă  
unele contribuții la perfecționarea organizării fabricației de  
mașini electrice avind ca și coordonată esențială eficiența eco-  
nomică, sintetizind efectul obținut pe seama soluțiilor propuse  
de modernizarea tehnologiilor, aplicarea programării operative.

## C A P I T O L U L 1

### FOLOSIREA METODELOR MATEMATICE IN ECONOMIE

#### 1.1. CONSIDERATIUNI GENERALE

Dimensiunile și caracterul economiei socialiste, proporțiile și legăturile complexe, multilaterale care se statornicesc în cadrul ei, necesitatea de a obține efecte economice maxime cu cheltuieli minime de muncă socială, impun folosirea analizei cantitative, a măsurării și comparării resurselor cu efectele folosirii lor, creșterea preciziei calculelor economice. Dezvoltarea rapidă a economiei moderne a dus la necesitatea de a înlocui metodele vechi de conducere și organizare cu metode bazate pe ultimele realizări ale științei. Printre acestea un rol important îl joacă utilizarea metodelor matematice și a calculatoarelor electronice.

De altfel, în documentele Congresului al XII-lea al Partidului Comunist Român stabilindu-se politica de promovare a științei și progresului tehnic, se arată că : "Va trebui acționat pentru conducerea cibernetizată a proceselor tehnologice, generalizarea muncii la mai multe mașini, utilizarea rațională a timpului de lucru, folosirea tehnicii electronice în programarea producției, în lucrările de calcul și de evidență .....".

Referindu-ne numai la cibernetică se poate afirma că prin metodele și aparatele ei aceasta introduce noi puncte de vedere care concurează la obținerea unor rezultate valeroase în mai toate domeniile inclusiv în programarea și dirijarea optimă a proceselor economice.

Din problematica ciberneticii economice abordată la noi în țară se pot menționa lucrări în domeniul aplicării teoriei statistice a comunicațiilor; teoria informației; studiul automa- telor probabilistice, iar din aplicațiile industriale ale ciberneticii automatizarea optimă a diferitelor procese de producție.

Categoriile de sisteme ce se utilizează în cibernetică, sistemele discrete și continue, recurg la instrumente matematice bazate pe algebra booleană, fie pe capitole care reprezintă dezvoltarea contemporană a ideilor de bază din analiza matematică clasică.

In ceea ce privește teoria și aplicarea instrumentelor matematice, până în prezent s-au centurat o multitudine de metode. Unele cu preponderență în munca de analiză economică și statistică, altele în munca de planificare, unele se aplică la nivelul economiei naționale și al ramurilor ei (modele macroeconomice), altele la nivelul întreprinderilor (modele microeconomice).

Un element definitoriu al matematicii moderne constă în contopirea cercetărilor de înaltă abstracție matematică cu activitatea de producție. Intrepătrunderea matematicii cu tehnica a generat noi discipline cu aplicații deosebite în organizarea științifică a producției. Toate domeniile matematicii cu caracter aplicativ, programarea matematică, teoria așteptării, a grafurilor, teoria stocurilor, etc. își găsesc succesul lor și în posibilitățile create de calculatoarele electronice.

Printre metodele matematice utilizate în știință și economie sînt, spre exemplu, cele probabilistice - statistice, care permit să descopere legități în studiul fenomenelor de masă. O aplicație simplă dar de mare eficiență economică este cea a controlului calității. Din actualele preocupări se pot menționa: controlul preventiv (mașini unelte), controlul automat, testarea siguranței în funcționarea duratei medii de exploatare a unui agregat, etc.

Pentru numeroase fenomene de masă care implică o circulație ordonată într-un anumit mod, cu un minim de cheltuieli de măsuri, un sprijin eficient îl oferă teoria așteptării, strîns legată și de teoria stocurilor. Aceasta din urmă constă în menținerea (prin achiziționare, fabricare sau conservare) unei aprovizionări suficiente pentru a satisface o cerere cunoscută sau probabilă, în scopul obținerii unui beneficiu maxim.

Un alt capitol al matematicii cu largi posibilități de aplicare îl constituie teoria jocurilor (prin joc înțelegîndu-se un șir de acțiuni, dislecări ale părților aflate în conflict), care studiază principiile generale ale strategiei. O dezvoltare amplă și o largă utilizare cunoaște programarea liniară, care se ocupă cu studiul și rezolvarea problemelor vizînd: determinarea maximului (sau minimului) unei funcții, care trebuie să îndeplinească anumite condiții, restrictive, probleme concrete materia-

lăsându-se sub forma unui sistem de inecuații liniare cu  $n$  variabile.

Elaborarea modelului liniar de optimizare asigură în final o soluție constructivă, o formulă ecuație sau o succesiune de operații aritmetice și logice (un algoritm) care conduce la un anumit rezultat. O rezolvare similară se obține și pe baza unei experiențe personale, intuiție și este justificată prin anumite calcule tehnice și economice. Totuși, este foarte greu de demonstrat că soluția acceptată este într-o anumită privință cea mai bună dintre cele posibile.

Modelul unei programări liniare include două părți: prima este funcția scop, adică transcrierea în limbaj matematic a scopului urmărit. În acest sens esențial este să se definească ce anume se înțelege prin "cea mai bună variantă de plan", cu alte cuvinte, trebuie definit criteriul de optimalitate unic, criteriu care poate fi exprimat sub forma unui indicator sintetic, cu condiția ca el să fie unic. La nivelul unei întreprinderi dintre criteriile de optimalitate pot fi enumerate: folosirea optimă a capacităților de producție, minimizarea cheltuielilor de muncă, minimizarea prețului de cost, folosirea optimă a materiilor prime. Cea de a doua parte cuprinde: restricțiile problemei respectiv transcrierea sub formă de ecuații și inecuații a condițiilor concrete în care se desfășoară acțiunea. De pildă, condiția de a nu depăși disponibilitățile de materii prime, forța de muncă, mijloacele circulante etc. Funcția scop și restricțiile trebuie să fie funcții, respectiv ecuații de gradul întâi, adică să existe o relație de proporționalitate între parametri și variabilele problemei.

Un caz mai complex îl prezintă programarea dinamică. După definiția unuia dintre întemeietorii ei, R. Bellman, programarea dinamică are ca obiect studiarea unei decizii în mai multe etape, urmărindu-se ca în fiecare etapă să se aleagă varianta optimă atât din punctul de vedere al etapei respective cât și din punctul de vedere al întregului orizont al planificării.

Utilizarea metodelor matematice de planificare și de elaborare a planurilor optime a fost împiedicată mult timp de complexitatea rezolvării unor astfel de probleme. Existența calcula-

tearelor a deschis larg poarta utilizării metodelor de analiză cantitativă precisă a metodelor matematice corespunzătoare unei dinamici ascendente.

On cadrul tendințelor relevate anterior, matematica și logica dobîndesc o însemnătate tot mai mare. Astăzi teoria modernă a informației, calculul probabilității, logica matematică, tehnica de reglare și comandă, folosirea unor metode moderne în economie, planificare cu ajutorul calculului matricial, al teoriei jocurilor, programarea liniară etc., influențează nemijlocit dezvoltarea forțelor de producție moderne.

Matematica își găsește un câmp larg de aplicare în economie, deoarece redă precis corelațiile dintre datele tehnice și economice care intervin în activitatea întreprinderii. Permite totodată să se efectueze analize precise și să se fundamenteze alegerea variantelor optime care să permită folosirea mai eficientă a resurselor materiale și umane de care dispune economia țării noastre.

## 1.2. CRITERII PENTRU ELABORAREA PROGRAMULUI DE PRODUCȚIE

Planificarea și programarea producției vizează realizarea aceluiași obiective - asigurarea cu produse a beneficiarilor la nivelul solicitat, cu minimum de costuri, în condițiile unei anumite înestrări tehnice. Legătura dintre ele este atât de strînsă în etapele care preced producția încît uneori nu este necesar să se facă distincție între ele. În majoritatea cazurilor, elaborarea planului de producție și a programelor ajutătoare este precedată de o prevedere a cererilor materializată prin nivele de producție stabilite de coordonatorii de balanță și care stau la baza perfectării contractelor economice.

Programul de realizare al produselor finite solicitate la sfîrșitul ciclului de producție constituie punctul de plecare pentru programarea în timp a tuturor activităților. "Programarea producției" se referă în general la elaborarea programelor necesare susținerii programului principal, cel de execuție a produselor finite. Buna programare a producției constituie o cerință vitală pentru desfășurarea eficientă a operațiilor. Programările stabilesc timpii și ritmul pentru toate fluxurile de materiale și operații



de prelucrare. Cu toate că există o legătură directă între planificare și programare ele sînt separate, prin aceasta se pot stabili responsabilități precise.

Una din cele mai importante sarcini ale compartimentului de planificare la nivelul întreprinderii este elaborarea și aprecierea diferitelor alternative posibile pentru planurile de producție și desigur prezentate sub o formă care să permită o analizare ușoară, în scopul luării de decizii de către factorii competenți.

Planificarea în accepțiunea generală înseamnă desfășurarea egalată a unei activități în timp, stabilirea unor obiective de producție determinate, ținînd seama de mijloacele de care se dispune și de complexul condițiilor în dinamica evoluției lor.

Studiile și analizele pe baza cărora se fundamentează propunerile de plan se pot grupa în trei direcții care cuprind:

1. Analiza nivelului indicatorilor de plan din perioada precedentă, a indicatorilor intensivi și extensivi ai utilajelor, instalațiilor și suprafețe de producție, studiu privind perfecționarea proceselor tehnologice, calitatea produselor, etc.

2. Studii și analize privind investițiile din întreprinderi, oportunitatea acestor lucrări; posibilități de eliminare a lecurilor înguste.

3. Studii și analize privind indicatorii de eficiență, nivelul prețului de cost, acumulări la 1000 lei fonduri de producție, etc.

Unele din cele mai importante contradicții ce trebuie rezolvate de planificare privesc inegalitățile de valori materiale prin stocările în exces față de ritmul livrărilor, modificarea volumului producției în funcție de variația cererilor și riscurile datorită limitării capacităților în neenerarea contractelor. În ceea ce privește utilizarea capacității de producție pot exista diferențe semnificative în capacitatea secțiilor și a grupelor de utilaje. Deseori un grup de utilaje limitează capacitatea globală a uzinei. Aceasta reprezintă restricții de care planificarea producției trebuie să țină seama.

Desigur, există și situații în care anumite secțiuni au capacități suplimentare care implică cheltuieli legate de mijloacele fixe ce depășesc pe cele destinate realizării uniforme a producției, în unele cazuri capacitatea excedentară față de cerințe totuși se menține, fiind justificată de dezvoltarea în viitor a celeilalte secții.

Dacă planurile corespund cu volumele de producție ce se pot realiza pe seama capacităților existente, înseamnă că întreprinderea respectivă își va îndeplini planul de producție planificat. Dacă se cunosc anumite lecuri înguste, atunci acestea se cer analizate în primul rând.

Dintre metodele de calculul încărcării utilajului, metoda stabilirii părților componente pentru fiecare tip de produs planificat este cea mai laborioasă. Pe baza fișelor de operații, timpul normat, se determină numărul de ore pentru toate rețerele, se combină după lecurile de muncă și se compară cu capacitatea disponibilă. Deși calculatezele au scăzut sensibil costul operațiilor de calcul a încărcării detaliate a mașinilor, metoda presupune o activitate intensă de programare și de păstrare la și a datelor primare, astfel încât în unele cazuri devine greoaie. De asemenea, metoda deși se dorește precisă - nu ține seama de factorii întâmplători catastrofici, accidente ale mașinilor, defecte de calitate, aprovizionare neritmică, elemente care, în general, determină ca producția reală să difere de un astfel de plan.

Acest lucru considerat ca hotărâtor în ceea ce privește modul de abordare a coordonării planurilor de încărcare cu capacitățile disponibile face de altfel ca rareori să se elaboreze în detaliu această lucrare laborioasă.

O metodă mai rapidă dar mai puțin precisă, de coordonare a planificării cu capacitățile, este de a stabili orele de prelucrare (inclusiv pregătirea) pe grupe de mașini și de manoperă pe lecuri de asamblare sau tip de calificare pentru un produs, pentru fiecare din categoriile principale de produse. Această situație se întemeiește după fișele tehnologice pentru un model reprezentativ pentru fiecare clasă de produse. Făcând o însumare a orelor de prelucrare a numărului total de unități finite, pentru respectiva clasă de produse și grupând necesitățile pentru toate clasele,

se obține necesarul de ore pentru utilaj în planul de încărcare corespunzător perioadei respective. Compararea acestei încărcări cu numărul disponibil de ore determinat de capacitatea utilajului va indica soluția : se modifică nivelul planificat sau capacitatea.

Prin implicațiile sale, organizarea producției și a muncii poate influența atât activitatea tehnică de producție cât și cea economico-financiară, fapt care îi conferă de altfel un plus de atenție în condițiile unei producții sporite și o eficiență economică ridicată. Ritmul rapid al procesului tehnic în funcție de particularitățile procesului de producție, impune aplicarea celor mai raționale forme și metode de organizare a producției și a muncii. În acest sens în ramura construcțiilor de mașini caracterul eterogen, multioperațional, dispersie în spațiu și discontinuitate în timp, determină ca acțiunea de organizare, de asigurare a unei sincronizări prestabilite a desfășurării în timp și spațiu a producției, în conformitate cu ritmul planificat, să constituie una din problemele principale ale activității productive. Procesul de producție în construcția de mașini se caracterizează prin prelucrarea simultană sau succesivă pe baza unor procese tehnologice individuale sau de grup a unor repere, subansamble care vor constitui în final un produs de o complexitate variabilă. Combinațiile în timp și spațiu a obiectelor muncii, numărul ridicat de parametri variabili ce intervin în procesul tehnologic din această ramură, determină ca latura organizatorică chemată să asigure programarea operativă a producției, să constituie un nod de mare dificultate în fabricația modernă de mașini. Fapt pentru care, de altfel, modelarea matematică a proceselor de programare a producției este dificilă. Chiar în condițiile proceselor de producție converisate sau pe linii automate de transfer fluxul tehnologic operațional este discontinuu, flux care este condiționat de dimensiunile și forma geometrică a semifabricatului, de precizia de prelucrare precum și volumul producției. În aceste condiții organizării i se cere să creeze cadrul care să asigure sincronizarea componentelor discrete astfel încât întregul proces de fabricație să poată fi considerat în ansamblu ca un proces cu caracter continuu. Abordând în acest mod cerințele organizării, se explică atât necesitatea respectării unor principii de bază în proiectarea proceselor de producție în timp și spațiu, cât și tendințele crește-



rii seriei de fabricație, prin concentrarea și specializarea producției, prin tipisare, unificare, standardizare, prin introducerea tehnologiei de grup în așa fel încât să se crească o structură de fabricație omogenă, cu caracter continuu.

În etapa actuală a devenit un postulat al economiei moderne dependența nemijlocită între sporirea eficienței și introducerea pe scară largă în întreaga economie a metodelor și mijloacelor de organizare științifică a producției. În procesul edificării societății socialiste multilateral dezvoltate partidul se preocupă continuu de perfecționarea conducerii și organizării științifice a societății. Pornind de la principiul că metodele și mijloacele de conducere ale vieții economice nu sînt imuabile, ei trebuie adaptate noilor realități, cerințelor mereu noi ale dezvoltării economice - în ultimii ani, pe baza Congreselor al IX-lea, al X-lea și al XI-lea, ale Conferințelor Naționale ale partidului din 1967 și 1972, a fost adoptat un ansamblu de măsuri privind perfecționarea organizării și conducerii industriei.

Aceste măsuri au fost determinate deopotrivă de schimbările care au avut loc în anii construcției socialiste în economia națională în general și în industrie în special, ca urmare a dezvoltării forțelor de producție. În prezent devine imperios necesară punerea în valoare a tuturor resurselor materiale și umane de care dispune economia, îmbunătățirea organizării producției și a muncii, creșterea rapidă a productivității și calității producției, reducerea costurilor materiale, folosirea rațională a capacităților de producție, a spațiilor de producție, în general sporirea eficienței întregii activități productive. De altfel, prin organizare se înțelege un "sistem de măsuri care constă în stabilirea, alegerea și coordonarea în condiții tehnice date, a mijloacelor de producție și a forței de muncă, în scopul desfășurării producției cu maximum de eficiență economică". (Dicț. enciclopedic).

Un domeniu din cele mai importante ale organizării științifice a producției și a muncii este programarea și urmărirea operativă a producției, o activitate complexă care presupune coordonarea judicioasă a planului cu capacitățile de producție, crearea unui decalaj corespunzător între principalele secțiuni și secții, repartizarea sarcinilor pe secții astfel încât să se asigure folosirea mașinilor și utilajelor la întreaga capacitate, folosirea

rațională a forței de muncă.

După cum se vede programarea fabricației îmbrățișează o gamă foarte variată de preocupări și metode, activitate care reprezintă un element esențial al organizării și conducerii întreprinderilor. Sarcinile programării operative se referă la:

- detalierea programelor de producție până la locul de muncă și la unitățile de timp;
- precizarea nomenclaturii, cantităților și termenii de executare a produselor cuprinse în planul de producție;
- pregătirea operativă în vederea îndeplinirii acestei programe;
- evidența și controlul îndeplinirii sarcinilor programate;
- reglarea operativă a desfășurării procesului de producție prin dispecerizarea producției.

Principalele operații executate în cadrul programării operative se referă la modul de elaborare și prezentare a sarcinilor ce revin compartimentelor de producție și acestea sînt:

- calculul previzional;
- determinarea capacităților de producție;
- stabilirea loturilor de lucru;
- elaborarea programelor de lucru;
- întocmirea graficelor corespunzînd programelor de lucru;
- gospodărirea materialelor;
- urmărirea desfășurării execuției programului.

În întreprinderi mari, din unele țări cu economie dezvoltată, programarea operativă se efectuează automatizat pe calculatoare electronice. Tehnica mondială cunoaște pînă în prezent mai multe sisteme moderne de programare operativă :

- "Management Operating System" (MOS) - S.L.A.;
- "Organisation - Mittel - G.N.B.H., Berlin Tempelhof ORNIG - R.F.G. Germania;
- "Schema de fabricație Olivetti" - Italia.

Metodele și formele utilizate diferă în funcție de particularitățile procesului de producție și de condițiile concrete existente în fiecare întreprindere: caracterul procesului tehnologic, însoțirea tehnică, sistemul de producție (individual,

serie, masă), structura de producție. Deoarece tratarea detaliată a programării operative depășește cadrul temei abordate, în continuare referirile vor fi legate de parametri ce se cer optimizați în cadrul unui sistem integrat de programare operativă a producției de serie.

Modelarea matematică a unui proces de producție în industria construcțiilor de mașini - cu flux discontinuu, în vederea programării operative comportă încă însemnate dificultăți deoarece trebuie să țină seama de numărul de sortimente, mărirea seriei, procesul tehnologic, complexitatea constructivă a produselor, capacitatea de producție, forța de muncă, etc.

Sub aspect numeric al parametrilor, al sistemului de legături și al legilor de distribuție prin care acești parametri acționează asupra procesului de producție, modelarea matematică a procesului de programare poate fi comparată cu modelarea unor procese macroeconomice.

Pentru asigurarea unei îndepliniri ritmice a sarcinilor de plan, la termenele impuse și cu cheltuieli minime a planului de producție trebuie ca programarea operativă în concordanță cu teorema de optimalitate din programarea dinamică să fie formată din subpolitici optime, subpolitici care pot fi formate în acest caz din: stabilirea unui program de producție care să țină seama de potențialul productiv de care dispune întreprinderea; organizarea procesului de producție în funcție de sistemul de producție (serie mică, serie mijlocie, serie mare); determinarea principalilor parametri - lotul de fabricație, durata ciclului de fabricație, perioada de repetare, stocul de producție neterminată; ordonarea, instrumentul prin care se asigură îndeplinirea sarcinilor de producție în raport cu mărimea diferiților parametri și desfășurarea procesului de producție în timp și spațiu în concordanță cu potențialul fiecărei unități productive.

În cazul Întreprinderii Electromotor, ansamblul de reglementări și acțiuni privind: primirea, prelucrarea și lansarea comenzilor, întocmirea programelor, repartizarea sarcinilor din planul de producție în timp și spațiu, pregătirea operativă a elementelor auxiliare ale fabricației, evidența și controlul îndeplinirii sarcinilor, reglementarea operativă a procesului

de fabricație în concordanță cu obiectivele inițiale, etc., nu constituie probleme ale programării operative ci acțiuni ale unei servicii funcționale subordonate sarcinii de realizare a planului de producție. În ceea ce privește optimizarea parametrilor din cadrul unui sistem integrat de programare operativă a producției, aceasta nu se face în cadrul atelierelor existente dar constituie o preocupare a oficiului de informatică din cadrul întreprinderii.

Programarea operativă implică luarea în considerare a proceselor de producție în timp și spațiu, atât a succesiunii optime a operațiilor procesului tehnologic, cât și a principiilor proporționalității, paralelismului, ritmicității și continuității. Acest lucru este dificil în cazul de față deoarece caracterul tehnologic, nivelul pregătirii și al înzestrării tehnice, sistemul de producție, nivelul și formele de specializare sînt diferite pe atelierelor componente: atelierul de ștanțare, turnare sub presiune, bobinaj, etc.

Nu există o bancă de date care să permită efectuarea operațiunilor necesare determinării parametrilor specifici unui sistem integrat cu ajutorul calculatorului.

În prezent se experimentează, cu ajutorul unor programe, lansarea în fabricație a unor repere (scuturi, rotor, bobinaj stator, stator etc.), urmărirea execuției acestora și montajul final.

Determinarea principalilor parametri ai desfășurării procesului de producție în timp și spațiu constituie o etapă principală în vederea stabilirii unei politici optime de programare. Cunoașterea parametrilor fabricației asigură întocmirea programelor de producție pe un interval de timp dat, a graficelor standard, a ciclogramelor de fabricație și a planurilor coordonate pe produse. De asemenea, permite determinarea gradului de utilizare a potențialului uman și tehnic de care dispune întreprinderea.

Principalii parametri sînt:

- N - volumul anual (semestrial, trimestrial, lunar)

- de producție semifabricate, piese, subansambluri  
- în bucăți;
- $n$  - lotul optim de fabricație - diferențiat în funcție de forma de organizare a procesului de producție succesivă, paralelă sau mixtă - în bucăți;
- $T_c$  - durata ciclului de fabricație a unui lot (de semifabricate, piese, produse) în ore sau zile calendaristice;
- $R$  - perioada de repetare a loturilor de fabricație - în ore sau zile calendaristice;
- $P_n$  - volumul de producție neterminată medie ciclică (semifabricate, piese, subansambluri, produse).

### 1.3. CALCULUL ÎNCĂRCĂRII CAPACITĂȚILOR DE PRODUCȚIE CARE CONCURĂ LA REALIZAREA MASINILOR ELECTRICE DIN GABARITUL 160 - 200

Din seria unitară de motoare electrice în limitele căreia Intreprinderea Electrometer produce motoare (gabaritele 71 - 250) fabricația gabaritelor 160 - 200 este integrată tehnologic și organizatoric în cadrul secțiilor de producție 11 și 12 (fosta secție 10 extinsă), amplasate în hala 81 pe o suprafață de 6000 mp. Integrarea (existentă în parte și în forma organizatorică a secției 10) a fost dictată de unii factori dintre care menționăm:

- specificul tehnologic comun al acestor tipuri de dimensiuni de motoare (se aplică în parte tehnologia de grup pentru unele repere);
- caracterul comun al detării tehnologice: mașini și instalații și SDV-uri, care prin concepție, formă constructivă, caracteristici tehnice, deservire, amplasament, etc., sînt comune fabricației tuturor acestor dimensiuni de motoare, dar diferite de cele afectate celorlalte gabarite ale seriei unitare;
- seria mare de fabricație într-o gamă relativ restrînsă de dimensiuni (circa 100.000 buc.motoare/an); recent, grefat pe gabaritul 200, Intreprinderea a asimilat și realizat motoare din gabaritul 225 (18,5 kW - 750 rot/min, 45 kW - 3000 rot/min), 250 (30 kW - 750 rot/min; 55 kW - 1500 rot/min).

Organizarea fabricației motoarelor din gabaritul 160-200



este practic independentă, fiind într-o măsură neînsemnată influențată de fabricația altor produse ale întreprinderii ca:

- motoare electrice asincrone din gabaritele 71-132;
- echipament electric auto, bunuri de consum;
- fabricația produselor de serie mică (echipament minier, motoare auxiliare pentru locomotive etc.);
- produse de serie mică și altele.

Influența structurii și ponderii celorlalte secții de producție (secțiile 21, 22, 30, 40 și 50) a atelierelor care deservesc întreaga fabricație a întreprinderii va fi prezentată fără a se fi efectuat un calcul analitic, deoarece capacitatea existentă nu constituie o strângulare, iar pentru creșteri mai importante a sarcinilor de plan capacitatea acestora se poate majora prin dotări minime. Este cazul atelierelor de: sablaaj, ajustare, debitare, forje-sudaaj, acoperiri galvanice, timplărie, etc.

Ca exemplu se poate releva faptul că, recent atelierul de sablaaj a fost dotat cu cea de-a 3-a instalație de sablare, în perspectivă fiind prevăzută obținerea pieselor turnate în stare sablată și grunduită. De asemenea, se intenționează dotarea atelierului de debitare cu o instalație automată pentru debitat benzi silicioase, care va realiza independența întreprinderii în raport cu sortimentele de dimensiuni ce se aprevizionează. Instalația este menită să asigure o folosire eficientă a tablei silicioase destinată fabricării motoarelor electrice de serie mică sau prototipuri. Actualul sistem de aprevizionare în care furnizorii livrează tabla la o lățime diferită de diametrul tolei, conduce la pierderi prin debitare de aproximativ 10 la sută.

În prezent, concomitent cu creșterea la dublu a capacității de debitare, ținând seama de considerentele expuse, problema capacităților de producție va fi abordată numai la atelierelor de bază din cadrul secției 11 și 12, raportată la produsele reprezentative în structura prevăzută a se menține pentru perioada 1978-1980 și anume:

- Atelier STANTABE-IMPACHETARE
- Atelier TURNARE SUB PRESIUNE
- Atelier PREGATIRE BOBINE

- Atelier BOBINAJ
- Atelier IMPREGNARE
- Atelier VOPSITORIE
- Atelier STAND PROBE FINAL
- Atelier PRELUCRARI MECANICE - acesta din urmă fiind

obiectul unui studiu analitic folosind programarea liniară și calculatorul electronic. Calculul de încărcare a capacității fiecărui dintre aceste ateliere este conținut în anexe.

Atelier ștanțare tole - împachetare. Operațiile tehnologice principale care se execută în cadrul acestui atelier sînt: ștanțarea tolelor stator-rotor și formarea măsurilor magnetice stator (Anexa 1). Restul operațiilor ca: ștanțare-îndoire scoabe, ștanțare plăcuță de legătură, găurire și ambutisare orificii de ventilație în capacele motoarelor etc., sînt operații cu volum de muncă redus.

Ștanțarea tolelor stator rotor se execută în prezent în exclusivitate cu ștanțe cu acțiune succesivă în 4 pași (realizată pentru prima dată în țară) folosind prese cu avans automat de tipul: PDG 400 tf (Grimmar - Franța); PR 315 tf (Grimmar - Franța); TKV 250 tf (RSC); 200 tf (Grimmar - Franța) 2 buc.

Acestea asigură ștanțarea integrală a tuturor tipurilor de tole în cantitate și structura prevăzută în plan, oferind o capacitate disponibilă pentru creșterile preliminate în etapa 1980, fiind asigurat și importul unei noi unități de ștanțare și anume o presă PASZ 250 tf (RDG), care a intrat în funcțiune în 1977/78.

Împachetarea măsurilor magnetice stator se obține prin cîntărire tole, presarea și consolidarea cu scoabe în locașurile de pe periferia tolelor a unui număr de tole corespunzător diferitelor lungimi de pachete. Ca succesiune a fazelor operația se face prin: orientare la ciupitură tehnologică, cîntărire, așezare pe dornul de împachetare, centrarea tolelor prin expandarea becurilor dornului, presarea pachetului la lungime, consolidarea cu scoabe prin rulare. Ultimele 4 faze se execută pe instalații specializate acționate electrohidraulic, concepute și realizate în uzină.

În vederea creșterii productivității întreprinderii a fost înțeles în sensul realizării unei noi instalații cu masă rotativă pentru confecționarea măsurilor magnetice, prin diferențierea u-

nor fase ca: introducerea telilor pe dornul de împachetare, consolidarea pachetului, evacuarea acestuia și realizarea acestora în ciclul automat pe posturi distincte. În acest mod se asigură o creștere a productivității de 60%, față de situația existentă.

Instalația prevede posibilitatea consolidării miezului magnetic prin sudură cu plasmă eliminând scobecele metalice și a fost realizată în colaborare cu I.S.I.M. Timișoara. Rezultatele obținute în cadrul probelor tehnologice sînt bune și s-a pus în funcțiune experimental. Funcționarea ei este dependentă de livrarea de către Întreprinderea de oțeluri speciale Tirgoviște a sortimentelor de tablă silicioasă sudabilă.

Atelier turnare sub presiune. Turnarea coliviei rotărice se execută pe două mașini tip OLP 200.

În paralel, în scopul creșterii productivității muncii și a asigurării unei calități competitive, a fost dată în exploatare o instalație de turnare de tipul PFIASS 400 (KFG) echipată cu accesorii de deservire (instalații de manipulare), prese hidraulice de depresare, etc., realizată prin autoutilare în întreprindere. Calculul încălzirii este exemplificat în anexa 2.-

Atelier pregătire bobine. Confecționarea bobinelor la forma geometrică și numărul de spire corespunzător fiecărei tipodimensiuni de motor include operații care se execută pe 6 unități de lucru (anexa 3) acționate mecanic și care dispun de derulatoare pentru desfășurarea conductorului, întinderea acestuia precum și de dispozitive pentru înregistrarea numărului de spire. În prezent se utilizează o linie automată pentru bobinat stator din import tipul FORTH-WEINS (SUA) care realizează în mod automat principalele operații de bobinaj ca:

- izolarea crestăturii;
- confecționarea bobinelor;
- transferul bobinelor în stator;
- performarea capetelor de bobine,

linie care a fost completată, prin autoutilare, cu:

- instalație de transfer între mașini;
- presă fermare finală capete bobine.

Concomitent cu punerea în funcțiune a acestei linii s-a preconizat realizarea prin autoutilare a încă două linii asemănă-



teare, ceea ce va soluționa problema capacității atelierului de bobinaj, concomitent cu creșterea substanțială a productivității muncii și îmbunătățirea calității.

Atelier bobinaj. În cadrul acestui atelier realizarea subansamblului "mieș magnetic stator" comportă următoarele faze: izolarea ancoșelor, introducerea bobinelor, închiderea ancoșelor, formarea capetelor de bobine, execuția legăturilor. Fazele se execută pe 4 benzi de bobinaj cu tact reglabil prevăzute cu dispozitive specializate pentru susținerea și orientarea statorcurelor în timpul operației de bobinare (anexa 4).

Instalația de impregnare sub vid. Este destinată operației de impregnare sub vid a mieșurilor magnetice stator (anexa 5). Instalația este constituită din: transportul cu lanț, care execută transferul mieșurilor în timpul procesului de preîncălzire, impregnare, polimerizare; camera cu autoclave pentru impregnare-vindere; tunel pentru: preuscare, polimerizare, încălzire cu etar la temperatura de peste  $120^{\circ}\text{C}$ . Întregul proces tehnologic (cu excepția operațiilor de încărcare-descărcare) este automatizat.

Atelier montaj. Procesul tehnologic de montaj este constituit dintr-un număr de 6 operații tehnologice care se realizează la posturi fixe, de-a lungul benzii de montaj motoare (anexa 6). Banda are o lungime de 12 m. și este prevăzută la fiecare post cu SDV-urile și utilajele necesare (șurubelnițe și chei pneumatice, instalație pentru presat rulmenți, dispozitiv pentru gresarea rulmenților, etc.). Transportul motoarelor în lungul benzii se face atât prin împingere cit și sub efect gravitațional pe role libere, banda având o înclinare de circa  $5^{\circ}$ . După ultima operație de bobinaj motoarele sunt dirijate în cadrul unui nod de benzi de la care intră în ștandul de probe final.

Ștand de probe final. Probele de control electrice efectuate pentru verificarea parametrilor motoarelor electrice în acest ștand sînt: măsurarea rezistenței înfășurărilor, redaj la tensiune 75-100 V, redaj la tensiune de 380 V, redaj la  $U_n \times 1,3$ , măsurarea puterii absorbite în gol  $P_0$  și în scurtcircuit  $P_k$ , încercări la rigiditatea dielectrică și probe de șoc. Se execută de-a lungul benzii, motoarele fiind deplasate de la o probă la cealaltă prin mișcarea în tact a benzii transportoare.

Instalația dispune de două benzi în paralel, una fiind destinată pentru motoare electrice gab. 5-9 ( anexa 7).

Atelier vopsitorie. Procesul tehnologic de acoperire peliculogenă a motoarelor se execută în 3 operații, fiecare dintre acestea efectuându-se în cadrul cabinei de vopsire. Transportul motoarelor pe parcursul întregului proces tehnologic se execută mecanizat cu ajutorul unui conveior care dispune de un număr de 176 cărucioare de transport echipate cu dispozitive de suspendare ( anexa 8).

Capacitatea de vopsire a instalației poate fi mărită cu încă circa 20 % prin viteza de deplasare a transportului cu lanț. Pentru a se asigura o calitate superioară a acoperirii peliculogene a motoarelor s-a prevăzut dotarea instalației cu o nouă hotă pentru degresare, în tunel de evaporare.

## C A P I T O L U L 2

### UNELE CONSIDERENȚE ASUPRA TEHNOLOGIEI DE PRELUCRARE PRIN ASCHIERE LA PRINCIPALELE REPERE ÎN FABRICATIA MOTOARELOR ELECTRICE TRIFAZATE CU PULEXI ÎNLE 4 - 55 k.w.

Atelierul de prelucrări mecanice ( uzinal ) cu structură complexă atât ca număr de operații, repere cât și ca utilaje constituie atelierul conducător al secției de motoare electrice gab. 5-9, capacitatea lui fiind limitată de utilaje din :

- linia pentru prelucrarea carcaselor ; linia de rotoare ; mașinile pentru prelucrat scuturi.

Mărimea, forma geometrică și materialele folosite în construcția carcasei, scuturilor, arborelui și subansamblului rotor la motoarele electrice trifazate sunt determinate de tipul, protecția, puterea și încălzirea admisibilă . Forma constructivă a celor cinci gabarite , cuprinse în nomenclatorul de fabricație a secției de motoare permite aplicarea unor tehnologii de fabricație unitare cu influență favorabilă asupra economicității producției și productivității muncii.

În vederea obținerii unei eficiențe sporite, îmbunătățirii procesului tehnologic și evidențierea posibilității de

. / .

43400 /  
551 G

rezolvare a unor probleme tehnico-organizatorice orientate spre procesul de prelucrare s-a considerat util prezentarea actualului proces de prelucrare a principalelor subansamble (cazul arborilor, scuturilor etc.).

CARCASA de formă cilindrică este prevăzută în exterior cu nervuri de racire, bosaje pentru cutia de borne și inelul de ridicare, urechi pentru prinderea scuturilor și tălpii de fixare.

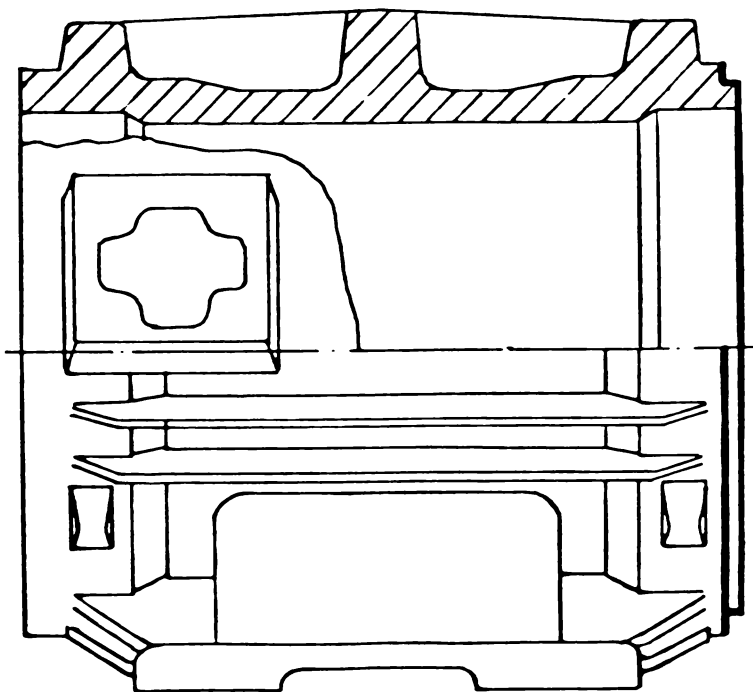
Construcția este monolit realizată din Fc 15, având adăsură tehnologică de prelucrare pentru locașul miezului magnetic stator, umerii pentru fixarea scuturilor.

Principalele condiții funcționale, coexistența umerilor pentru fixarea scuturilor cu suprafața cilindrică interioară a miezului magnetic stator se realizează după introducerea în carcasă a miezului magnetic stator bobinat.

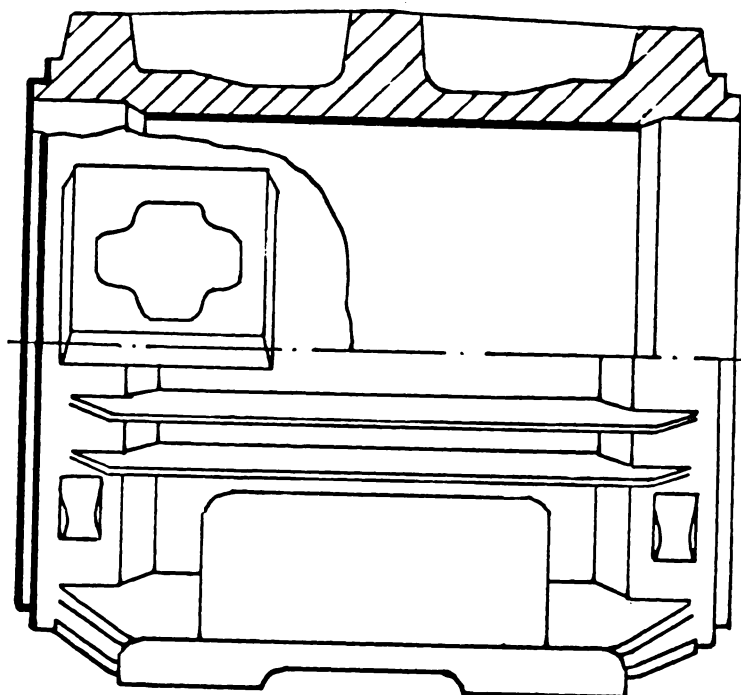
Respectarea riguroasă a acestor condiții rezultă din folosirea ca bază tehnologică la prelucrarea umerilor și a suprafeței de așezare a tălpilor suprafața interioară a miezului magnetic stator.

Procesul tehnologic de prelucrare a carcasei cuprinde operațiile de prelucrare mecanice prin așchiere înainte și după asamblarea acesteia cu miezul magnetic stator.

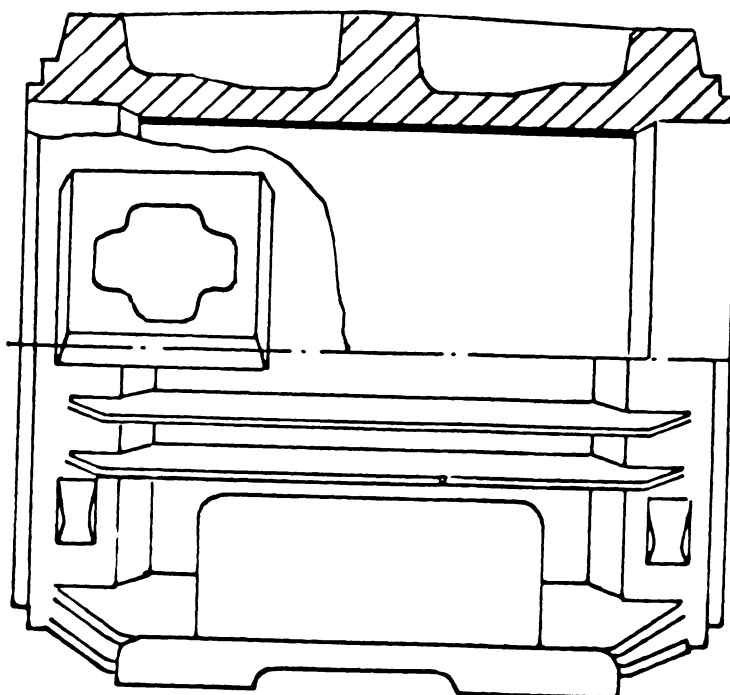
Operația I-a, Strunjirea umărului I, se execută în cadrul liniei de prelucrare a carcaselor, după ce în prealabil acestea au fost supuse unei curățiri prin sablare cu nisip, polizare și ajustare. Operația are rolul de a îndepărta prin degroșare o parte a adosului de prelucrare la unul din umerii carcasei și de a realiza o bază tehnologică de așezare pentru operațiile care urmează.



**Operația II-a. Frezare cilindrică interioară și umăr II.** Se execută pe mașina de frezat și alezat interior (Bohrwerk)  $\varnothing 80$  și pe un agregat specializat. Ca bază tehnologică de așezare se utilizează umărul I realizat la operația anterioară.

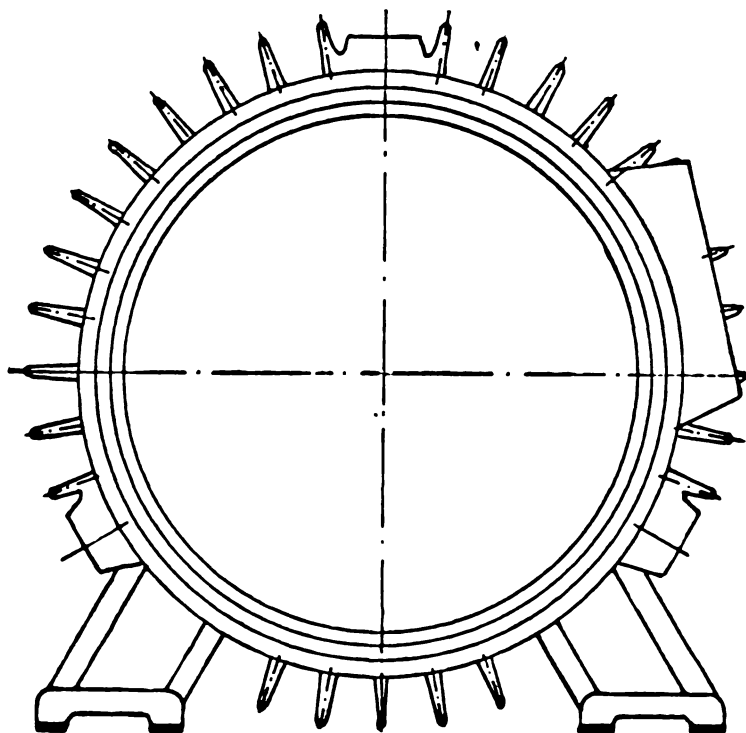


**Operația III-a. Frezare cilindrică interioară (finisare)** se realizează în scopul asigurării calității suprafeței, a toleranțelor, precum și a corectării unor abateri de la forma geometrică (ovalitate, conicitate), elemente care influențează atât transmiterea căldurii de la miezul magnetic stator, cât și calitatea asamblării sector repere.

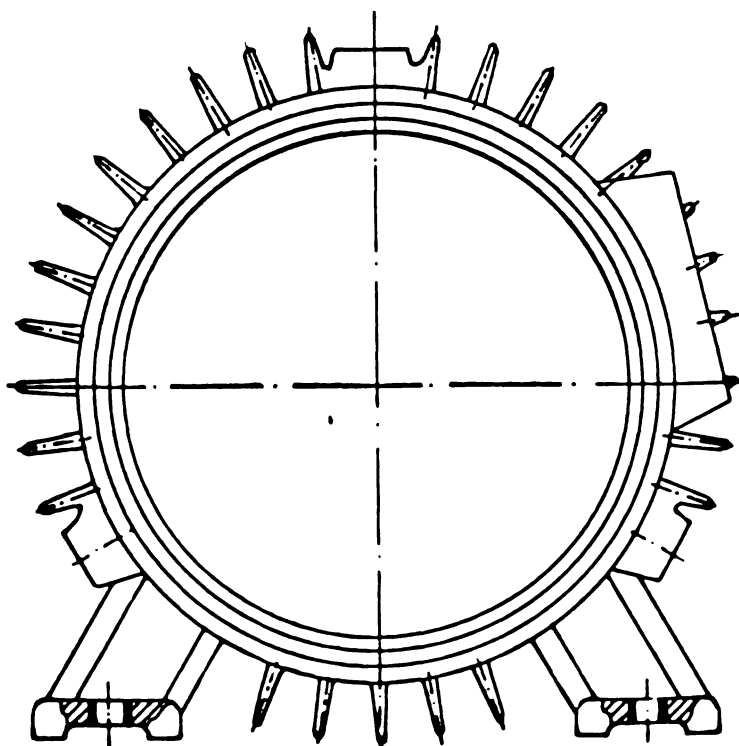


Operația se execută pe agregate specializate, fixarea carcasei făcându-se pneumatic.

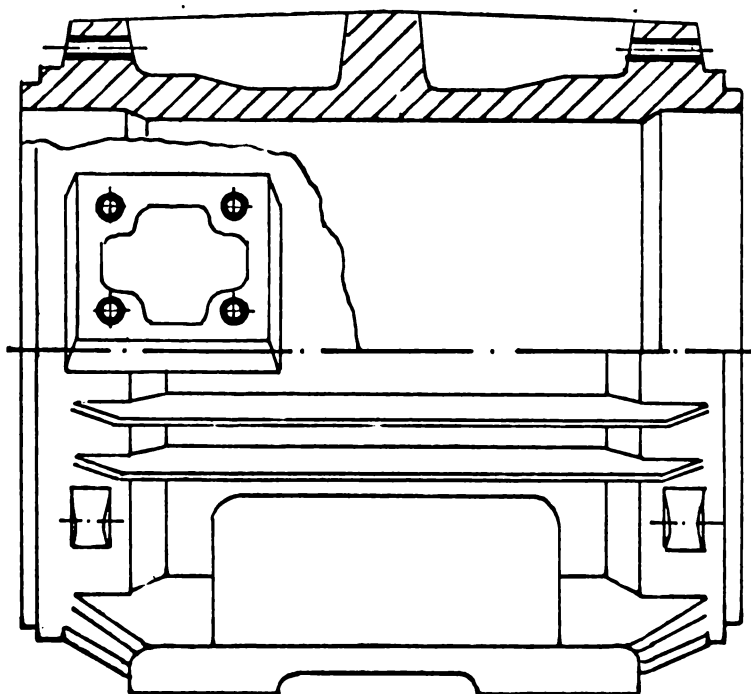
**Operația IV-a - frezare  
tălpi. Luând ca bază  
tehnologică unul din u-  
merii prelucrați al car-  
casei, se execută freza-  
rea plană a suprafeței  
de așezare a tălpilor  
carcasei. Operația asi-  
gură baza de fixare a  
motorului electric, res-  
pectiv una dintre impor-  
tantele cote de gabarit  
și se realizează pe o  
mașină de frezat și a-  
lesat orizontală (Bohr-  
werk).**



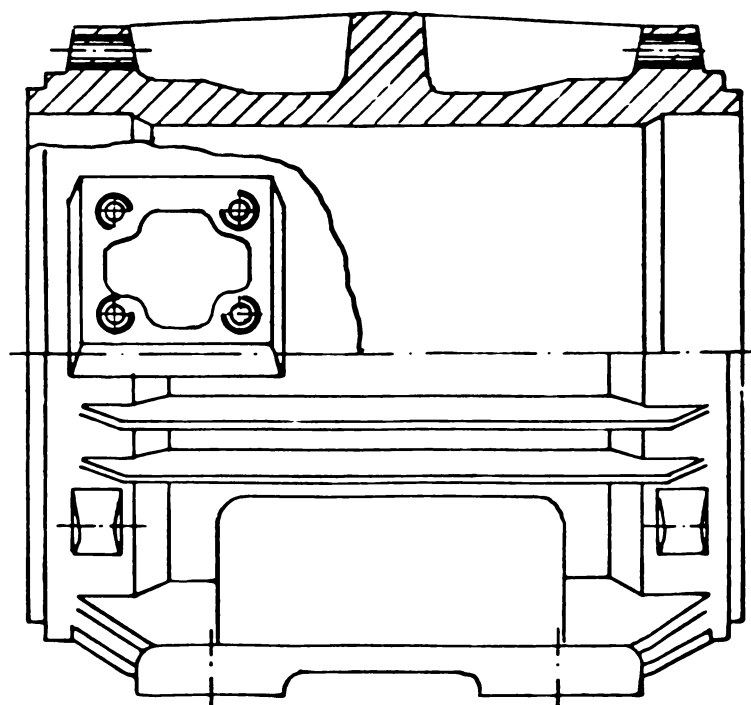
**Operația V-a. Găurirea  
tălpilor constă în exe-  
cutarea a 4 găuri în tăl-  
pile carcasei pentru  
fixarea motorului în tim-  
pul exploatarei. Se rea-  
lizază pe o mașină agre-  
gat cu ciclul de lucru au-  
tomat. Fixarea carcasei  
în timpul prelucrării se  
face pneumatic, cu aceeași  
bază tehnologică în tim-  
pul prelucrării ca la ope-  
rația anterioară.**



**Operația VI-a. Găuri fixe-  
re scuturi și cutie de  
borne. Pe o mașină specia-  
lizată tip agregat cu 3 u-  
nități de lucru, echipate  
cu dispozitive de găurit  
multibroșe, se execută si-  
multan găurile de fixare a  
scuturilor pe carcasă, pre-  
cum și găurile pentru mon-  
tarea cutiei de borne. A-  
gregatul are ciclul de lu-  
eru automat, iar piesa es-  
te fixată pneumatic, luân-  
du-se ca bază tehnologică  
de așezare în timpul pre-  
lucrării suprafața cilin-  
drică finisată la operația  
III-a.**

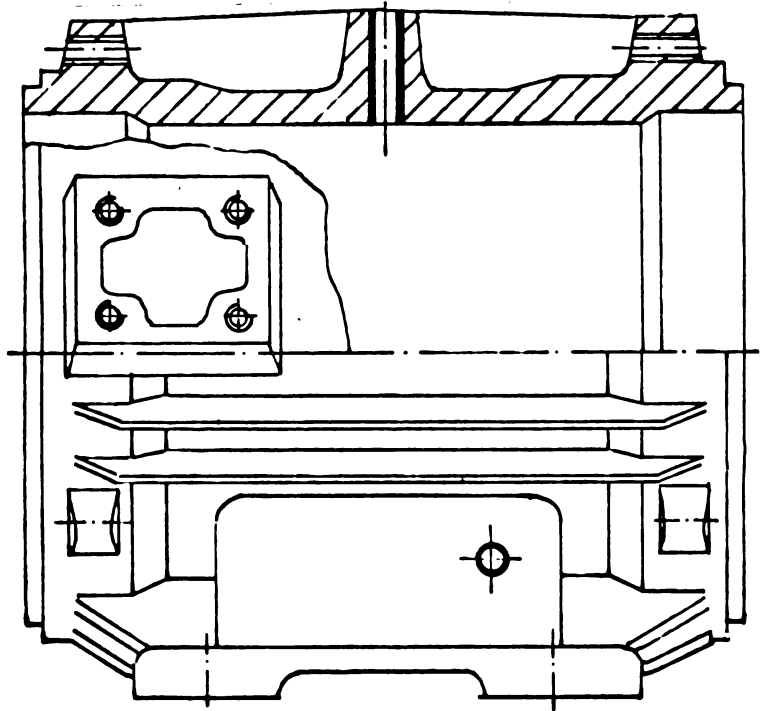


**Operația VII-a. Filetare  
găuri, fixare scuturi și  
cutie de borne. Folosind  
ca bază tehnologică de așe-  
zare și fixare aceea din  
operația precedentă, se u-  
tilizează un utilaj de con-  
cepție asemănătoare cu  
cel anterior.**

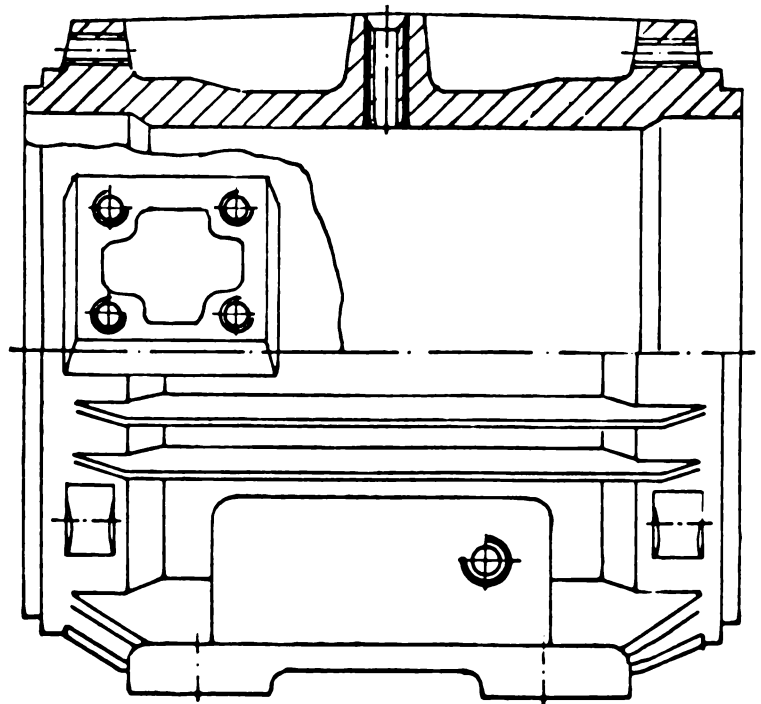




**Operația VIII-a. Găuri-  
rea locașului de fixare  
a inelului de ridicare  
și gaura de punere la  
pământ. Se execută pe o  
mașină concepută și exe-  
cutată în uzină cu ciclu  
de lucru automat.**



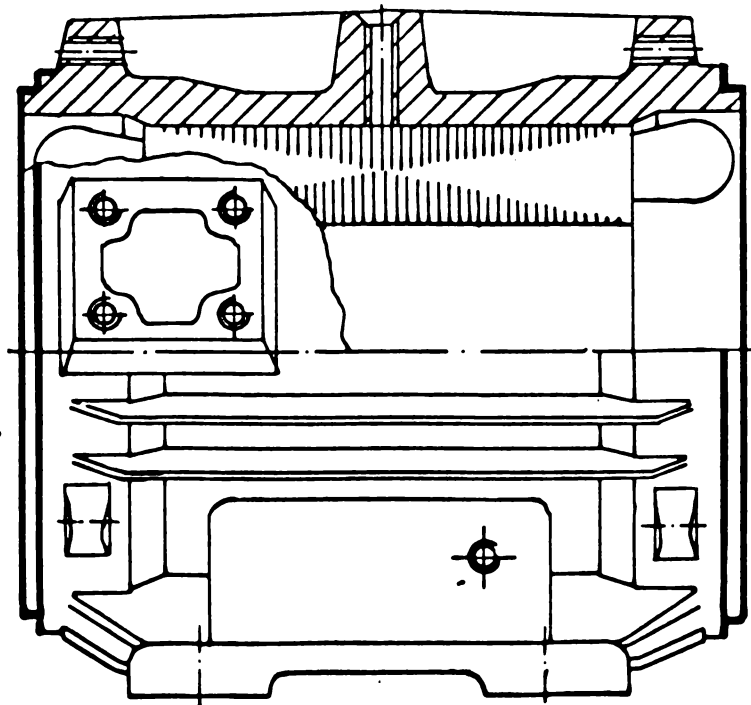
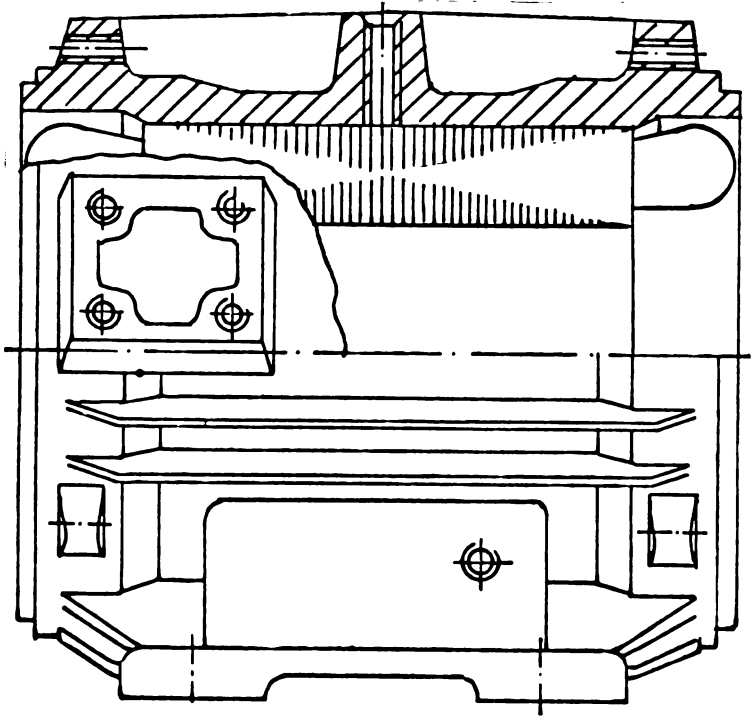
**Operația IX-a. Filetare  
locaș, fixare inel, ridi-  
care și gaură de punere  
la pământ. Filetarea gă-  
urilor se execută prin  
copiere pe o mașină agre-  
gat tip (E.M.C.); cu a-  
ceastă operație ciclul  
de prelucrare al carcasei  
se încheie, urmând a se  
efectua operațiile de u-  
sinare a subansamblului,  
după asamblarea acestuia  
cu miezul magnetic stator.**



**Operația X-a. Asamblarea carcasi cu miezul magnetic stator bobinat trebuie să asigure coaxialitate celor două repere cu influență directă asupra săririi interierului asigurării totodată și protecția capetelor de bobina ale miezului magnetic stator, împotriva deteriorării prin lovire în timpul procesului de asamblare.**

Operația este realizată de o instalație acționată electrohidraulică și care în timpul procesului centrează simultan ambele piese independent cu ajutorul unei bucle elastice speciale, iar în momentul final le centrează și reciproc una față de cealaltă. Soluția tehnică (brevet EMT) asigură menținerea formei geometrice a celor două piese pe toată durata asamblării. Utlejul a fost realizat la Uzina MLCM OMOTON, într-o concepție deosebită de cele cunoscute în prezent.

**Operația XI-a. Finisare umeri.** Asigură realizarea concentricității axului locașului interior al miezului magnetic stator cu umerii de fixare a acțunilor, în scopul realizării unui interier uniform. Executarea operației în această fază elimină influențele negative rezultate în urma proceselor tehnologice anterioare (prelucrarea mecanică a carcasi, împachetarea miezului magnetic stator sau





deformațiile introduse ca urmare a asamblării prin presare la rece a pachetului în carcasă).

Eliminarea strangulării în fabricație, precum și asigurarea unei calități superioare a prelucrării unuia din principalele repere în scopul creșterii competitivității, a determinat întreprinderea de a proiecta și realiza o "LINIE AUTOMATĂ CU TRANSFER" pentru prelucrarea carcaselor din gama acestor tip-dimensiuni. Necesitatea aceasta a fost dictată de considerentele tehnice și economice cum ar fi:

- Volumul mare de manoperă, necesar realizării carcasei reprezintă 25% din întreaga manoperă de prelucrare prin aşchiere, necesară executării unui motor.

- Numărul de operații tehnologice de prelucrare, ce se cere efectuat (în medie de 50, funcție de tip-dimensiune), mobilizând în prezent numai la gabaritele 160-180-200 aproape 40 de muncitori calificați.

- Precizia de execuție se situează în clasa II-a, condiționând în bună măsură obținerea parametrilor funcționali ai motorului electric.

- Necesitatea realizării unor indicatori superiori de calitate și productivitate.

- Asigurarea competitivității produselor pe piața externă, având în vedere ponderea de peste 60% a exportului de motoare din totalul producției.

Aspectele enunțate mai sus au fost coroborate cu unele condiții specifice, existente în întreprindere ca:

- realizarea în urmă cu 7 ani prin efort propriu a primei linii tehnologice pentru prelucrarea carcaselor, tot la motoarele din gabaritele mari, linie echipată prin mașini agregat, legate între ele prin căi de transport cu rola.

- acumulări calitative, atât pe linie de concepție, cât și în execuție, privind construcția de mașini speciale și agregat, acționările hidraulice și comensile automate, în bună măsură atestate prin realizările obținute.

- ofertele străine pentru livrarea unei astfel de linii automate se ridicau la milioane de lei valută, iar posibilitățile

de realizare în țară la singura întreprindere specializată de acest profil I.C.M.U.A. București erau limitate din lipsă de capacitate la proiectare și execuție.

Soluția de prelucrare a carcasi pe linie automată a fost determinată și de alți factori cum ar fi:

- transportul între operații a carcasielor, maselelor gabarit 160 - 180 - 200 în medie 41 kg;
- similitudinea formei și dimensiunile celor 6 tipodimensiuni.

Sub aspectul criteriului tehnologic de diferențiere al operațiilor, situația se înscrie în cazul prelucrării pe mașini agregat sau linii automate, suprafețele piesei fiind supuse succesiv unui număr mai mare de prelucrări prin strungire, frezare, găurire, filetare, lamare.

Criteriul direcțiilor de prelucrare corespunde soluției adoptate, pe direcțiile de deplasare a piesei în timpul procesului de transfer; nu sînt prevăzute operații de prelucrare.

Linia rezolvă un număr de 50 operații de prelucrare din care:

- |                  |               |
|------------------|---------------|
| - 2 de strungire | 1 de lamare   |
| - 3 de frezare   | 1 de senouire |
| - 25 de găurire  | 1 de control  |
| - 17 de filetare |               |

În paralel cu alegerea unor regimuri de aşchiere optime repartizarea operațiilor pe posturi asigură timpi operativi, apropiați unul de altul la fiecare post de lucru, ceea ce permite o încălzire uniformă la toate posturile de lucru.

Într-un număr de 9 posturi de prelucrare s-au grupat toate cele 50 de operații, ținînd seama și de unele condiții speciale ca:

- operațiile de finisare să nu se execute la același post cu cele de obeșare;

- numărul de schimbări a poziției piesei în linie să fie minim;

- să se obțină o încălzire cât mai uniformă a posturilor de lucru, prin dublarea acclera cu manoperă ridicată (strungire, obeșare interioară, strungire și finisare interioară, respectiv frezarea de finisare a tălpilor). Acest lucru a fost posibil prin aplicarea sistemului de transfer cu multiplu de tact.

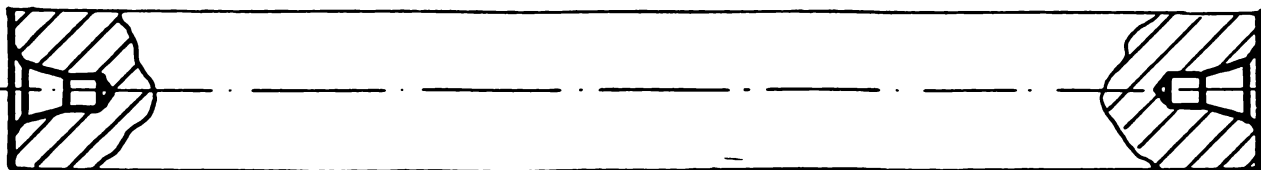
**CONSTRUCTIV** linia automată se compune din următoarele componente principale:

1. - Agregate de prelucrare propriu-zise constituite din:
    - batiuri (soeluri montanți, sisteme de echilibrare a unităților de lucru);
    - unități tipizate de lucru (mișcarea principală și avansul rapid, acționate electromagnetice, iar avansurile tehnologice electrodraulice);
    - mecanismele de fixare ( stringerea piesei) acționate electrodraulice;
    - dispozitivele de găurire și filetare multiplă, blocuri multicutit pentru strungire interioară și frezare plană, seale de aşchiere (burghie, tărezi, sensuitoare, lansteare), aparate de control.
  2. Sistemul de transfer - întoarcere, constituit din:
    - calea principală de transfer;
    - sisteme de elevare pentru urcarea și coborîrea dispozitivelor de însoțire și calea de întoarcere;
    - stațiile de antrenare ale sistemului de elevare a căii de întoarcere;
    - stația de distribuție-program-acționare a barelor de transfer.
  3. Instalația hidraulică este compusă din:
    - Panouri hidraulice pentru acționarea unităților de lucru;
    - rețea de distribuție, reglaj și comandă pentru întreaga linie.
  4. Instalația electrică de comandă și acționare pentru realizarea mișcărilor principale, avansurilor și mișcărilor auxiliare.
  5. Dispozitivele de însoțire a pieselor în număr de 25 bucăți, care asigură centrarea piesei, transportul acesteia de-a lungul căii principale de transfer.
  6. Instalații auxiliare.
  7. Roboți pentru încălzirea și descărcarea carcасelor.
- Principalele părți enumerate au, evident, o funcționare integrată în ciclul de funcționare al liniei.

Caracteristicile constructive generale ale liniei asigură prelucrarea completă a carcasei de fentă pentru motoarele gabarit 160-180-225, fiind o linie automată de tip menofilar. Sistemul de transfer cu multiplu de tact permite realizarea unei productivități în două schimburi - 100-120.000 buc. carcase/an.

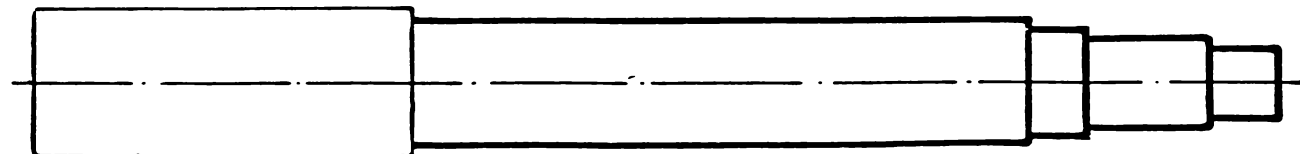
**ARBORELE ȘI SUBANSAMBLUL ROTOR.** Arborele în trepte are ca suprafețe de prelucrat: locașul de calare a coliviei rotorice, fuzurile pentru rulmenți, zona de fixare a ventilatorului exterior. De asemenea, locașurile frezate pentru fixarea penelor necesare calării miezului magnetic rotor respectiv a șabiei de tracțiune. Colivia rotorică se obține prin turnare sub presiune a unui pachet format din mai multe tole de rotor prin presare la rece. Procesul de uzinare a acestui subansamblu se execută în cadrul unei linii tehnologice de mașini specializate pentru aceste operații, prelucrări efectuate după asamblarea arborelui cu colivia turnată. Operațiile tehnologice ale subansamblului rotor în greutate de până la 82 kg. au impus mecanizarea manipulărilor. În acest scop s-au dotat utilajele pe care se execută aceste operații cu unități de transfer cu program secvențial, care realizează în mod automat alimentarea și fixarea piesei în mașină, evacuarea acesteia după prelucrare precum și transferul între utilaje.

Operația 14-a. Frezarea și centrarea arborelui constă în frezarea frontală a capetelor la lungime și executarea găurilor de centrare la cele 2 capete, baza tehnologică pentru vițeele operații. Procesul se realizează pe o mașină de frezat și centrat, care prin ciclul automat execută ambele prelucrări.

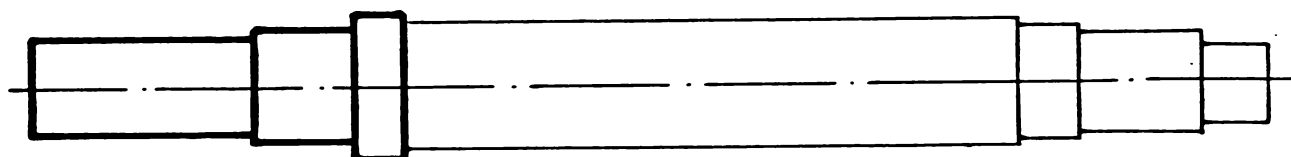


Operația 15-a. Strunjire-copiere I. Deoarece o singură mașină nu are capacitate în vederea realizării întregului program de fabricație pe două mașini similare, s-au repartizat anumite prelucrări ale arborelui, fapt care permite utilizarea intensivă a mașinilor, un reglaj simplificat al acestora și o specializare

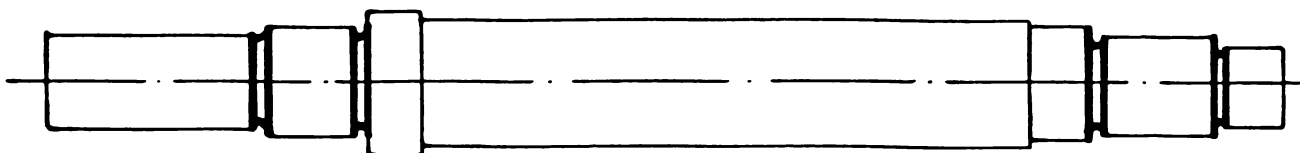
a operațiilor și EDV-urilor. Operația se execută prin copiere după șablon, ciclul de lucru al mașinii fiind stabilit pe bază de program.



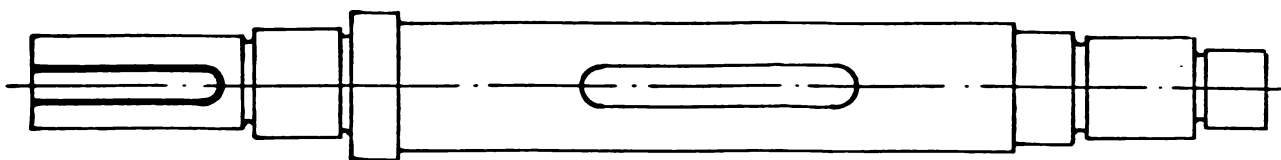
Operația 16-a. Strunjire-copiere II. Operație similară cu cea anterioară, se efectuează pe cealaltă jumătate a arborelui.



Operația 17-a. Strunjire-degajări. Se execută la ambele capete ale arborelui în pragul dintre fusurile de calare a rulmentului și umărul de sprijin axial al acestuia, în scopul asigurării unei degajări de refugiu a pietrei de polizor în timpul operației de rectificare. Operația se realizează curent pe strungurile de copiat arbori, dar tehnologic operația nu a fost asimilată constituind în acest fel o rezervă neutilizată a capacităților de fabricație.

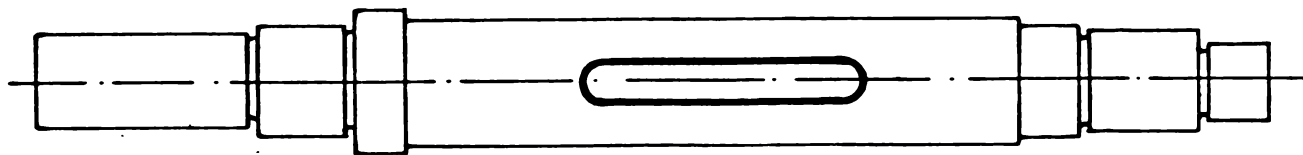


Operația 18-a. Frezarea canalului de șaibă. Se realizează pe o mașină de frezat verticală din două treceeri prelucrându-se succesiv cele două fețe laterale ale canalului de pană, reglarea poziției sculei făcându-se cu ajutorul unui comparator. Aplicarea acestui procedeu a fost determinată de mărimea redusă a cîmpului de toleranță a lățimii canalului (max.0,055 mm), precum și lipsa unor utilaje cu precizie corespunzătoare acestui scop.

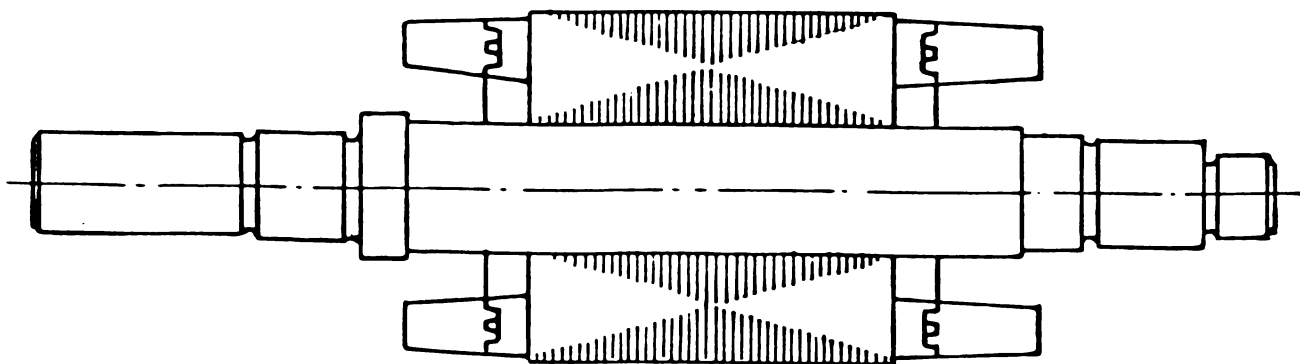


**Operația 19-a.** Frezarea locașului de fixare a pachetului rotoric compertă frezarea unui canal de pană necesar încastrării penei pentru fixarea coliviei rotorie turnate pe arbore. Operația nu necesită o precizie ridicată și se execută cu o freză degat la o singură trecere.

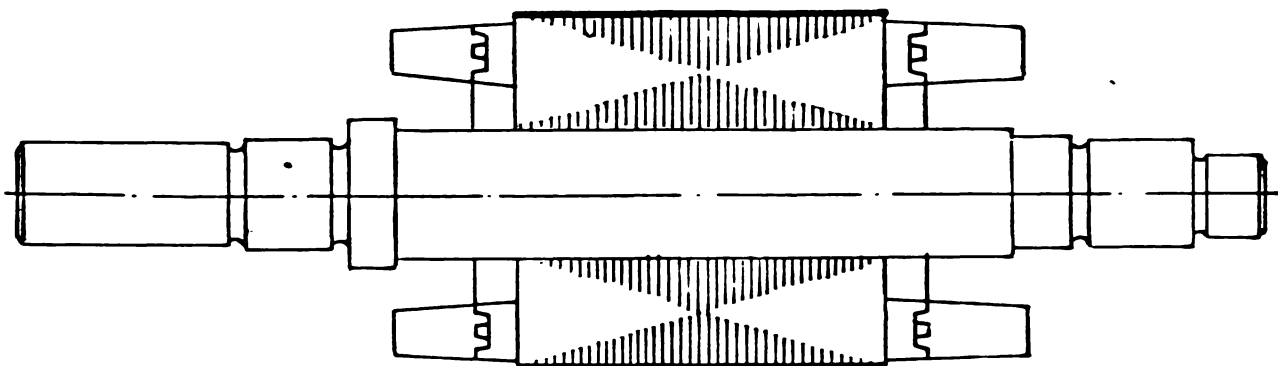
Folosirea unui procedeu tehnologic de prelucrarea arborilor pe agregat liniar cu transfer (succesiunea fazelor: frezare plană, găurire pentru găurile de protecție și centrare, găurire pentru filetare, filetare - axza 9) ar asigura creșterea productivității muncii cu circa 20 la sută, paralel cu îmbunătățirea calității.



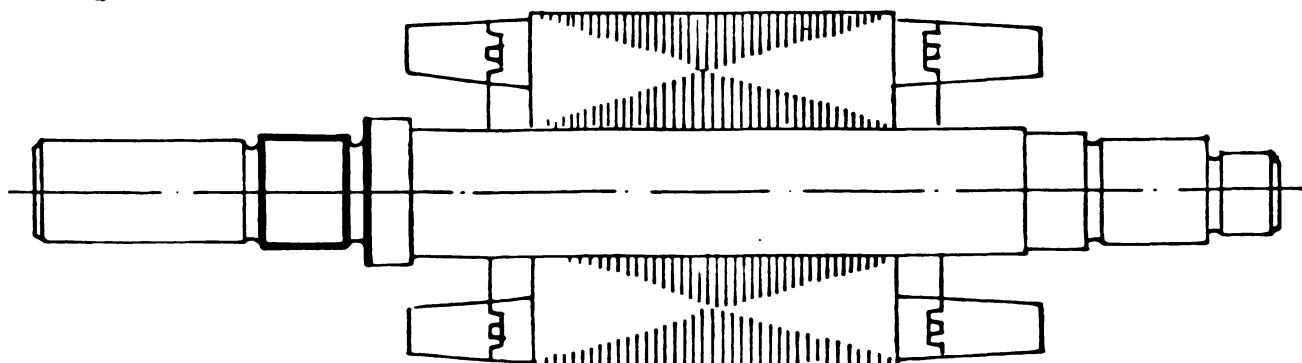
**Operația 20-a.** Asamblarea arborelui cu pachetul rotoric se asigură prin presare la rece pe o presă hidraulică. Limitarea axială a coliviei rotorie se realizează cu dispozitive, iar fixarea împotriva rotirii, prin caracterul ajustajului și pana de es-lare.



Operația 21-a. Strunjire pechet (celivă rotorică turnată). Având bază tehnologică de aşezare locaşurile de centrare realizate la operația 13-a, se prelucresă prin aşchiere cu influență directă asupra mărimii și uniformității intrefierului. Operația se execută pe două strunguri paralele, amplasate în serie a căror deservire respectiv transfer este realizat în mod automat.

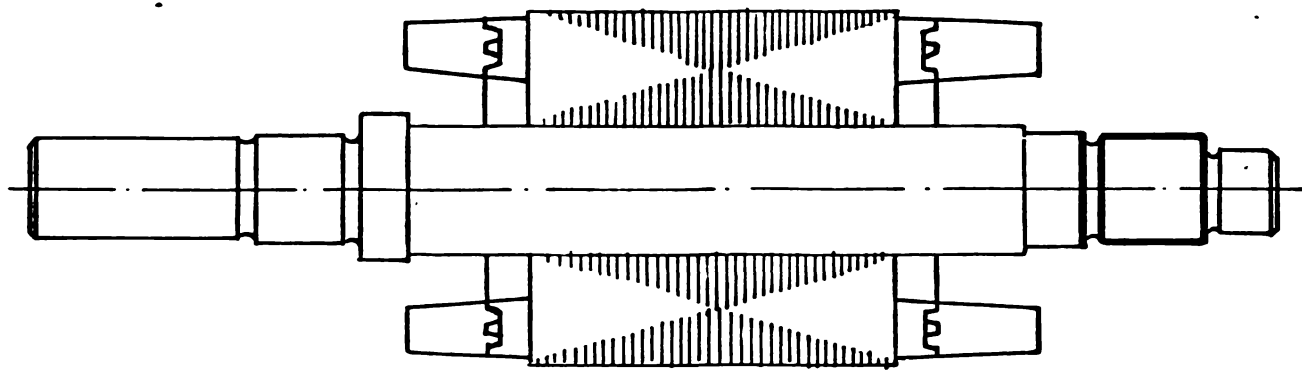


Operația 22-a. Rectificarea fusului I. În cadrul acestei operații se execută rectificarea cilindrică a unui dintre cele 2 locașuri (fusuri) pentru fixarea rulmentului pe subansamblul rotor. Precizia necesară în asamblarea corectă a rulmentului cu fusul arborelui se obține prin prelucrarea pe o mașină de rectificat cilindric exterior. Deservirea mașinii este automată fiind realizată prin unități de transfer.

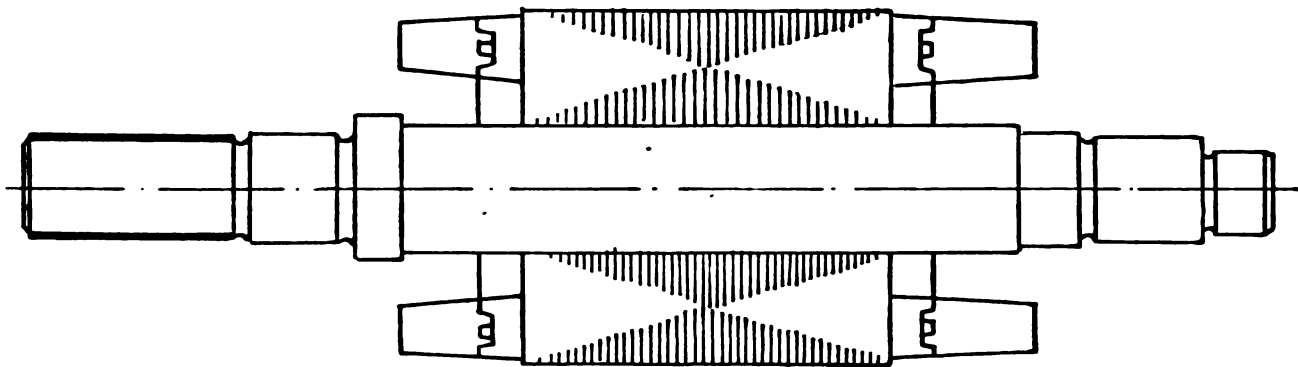


Operația 23-a. Rectificarea fusului II. Această operație este similară cu cea anterioară și se execută pe o altă mașină de rectificat cilindric exterior.





**Operația 24-a. Rectificarea capătului de ax constă în prelucrarea prin rectificare a capătului arborelui pentru fixarea șabei de transmisie a cuplului motor.**



**Operația 25-a. Rectificarea pachetului rotoric. Este o operație necesară atât asigurării toleranțelor diametrului exterior al rotorului în scopul asigurării întrefierului cât și a fermei geometrice, respectiv a coaxialității acestuia față de axa de rotație.**

Ținând seama de tendințele generale privind reducerea consumului de metal, realizarea subansamblului rotor, în prezent se fac experimente cu tehnologii noi ale arborelui, care să conducă la acest deziderat.

Prin tehnologia aplicată la executarea arborilor pentru motoare electrice se pierde o cantitate importantă de metal, prelucrarea efectuându-se din bare laminate de OL 50 SPAS 900/2-68, profilul obținându-se prin aşchiere. Pentru a se obține economie de metal trebuie obținut arborele cât mai apropiat de cota finală prin deformare plastică, adăsurile de prelucrare prin aşchiere să fie cât mai mici posibil - deziderat care poate fi realizat prin numeroase precedee de deformare plastică la cald.



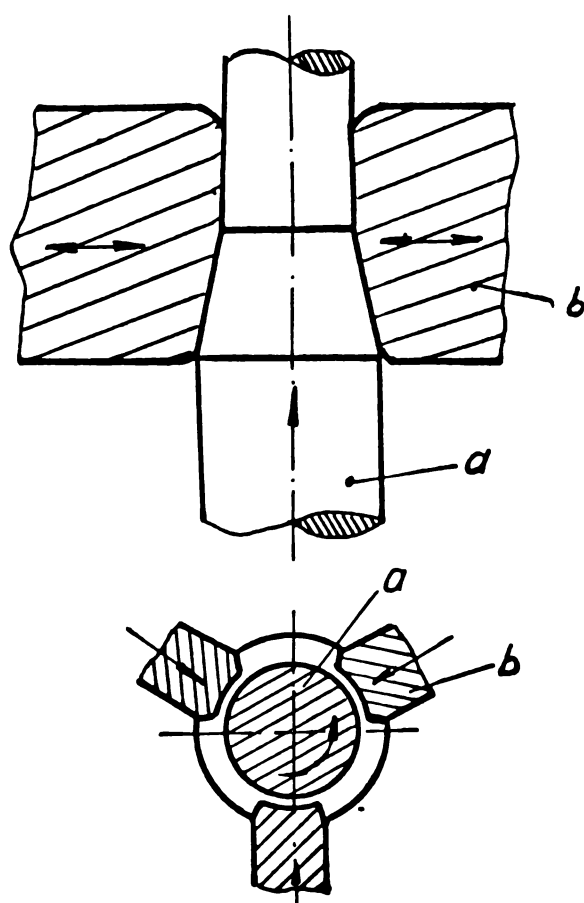
Există în prezent soluții pentru obținerea unei forme cât mai apropiate de cea prelucrată folosind un procedeu de forjare în matriță, forjare liberă sau varianta arberelui tubular din ceji și cepuri sudate, care implică o tehnologie mai complicată: ștanțări, sudură, aşchiere, scule etc. Soluția turnării arberilor din oțel nu poate fi luată în considerare în cazul întreprinderii Electromotor, datorită necesității de a se înființa o turnătorie specializată, pe lângă faptul că se impune o redimensionare, calitatea oțelului nefiind aceeași, ca în cazul oțelului laminat.

O comparație între diversele procedee permite a evidenția avantajele și dezavantajele pentru fiecare dintre acestea.

Procedeeul	Utilajul	Avantaje	Dezavantaje	Domeniu de aplicare
1. Forjare liberă	Ciecan de forjă	Scule ieftine	Precizie redusă. Productiv, scăzută. Adaosuri mari de prelucrare. Preț cost ridicat. Operație anterioară de preforjare	Unicate
2. Matrițare	Presă de mare putere.	Piese precise	Bavură obligatorie. Matrițe scumpe. Scule pentru fiecare tip de ax în parte. Utilaje de putere foarte mare. Preț de cost ridicat la ans de tipuri diferite.	Serie mare de piese de același fel
3. Laminare longitudinală	Valțuri		Bavură Scule specializate pentru fiecare arbore. Nr. mare de trecezi. Adaosuri mari.	Piese preforjate pentru matrițare.

Procedoul	Utilajul	Avantaje	Dezavantaje	Domeniu de aplicare
4. Rulare	Mașină de rulare	Proces automatizat. Productivitate ridicată.	Scule pentru fiecare arbore. Adaosuri prelucrare relativ mari. Nu satisface gama necesară pentru uzină. Apendice la capete. Pericol îndoire	Piese de dimensiuni mici și de serie mare diverse sitate redusă.
5. Forjare prin rotație	Mașină de forjat prin rotație	Scule universale ieftine. Precizie de prelucrare ridicată. Regim de lucru automat. Programare ușoară. Adaosuri de prelucrare reduse. Inexistența bavurilor. Preț cost redus al pieselor.	Utilaj scump. Personal de finală calificat. Capete de retezură. Pericol de îndoire datorită lungimii.	Piese serie mică, mare, unicate. Toate tipurile de piese cilindrice sau conice în trepte.

D i n t r e procedeele enumerate forjarea de precizie prin rotație, un proces de deformare plastică, asigură o calitate superioară paralel cu o substanțială economie de metal și manoperă. Prin stabilirea cursei sculelor de deformare se asigură o repartiție uniformă și exactă a volumului materialului supus deformării, iar reglarea cursei diecanelor de deformare permite obținerea diametrelor dorite la piesa forjată. Mișcarea semifabricatului este asigurată de capul de strângere (prindere) al mașinii, care îi imprimă o mișcare de rotație în jurul axului și avansul longitudinal.



*a = semifabricat*      *Fig. Nr.1*  
*b = tiocan*

Soluția propusă, care întrunește și părerea specialiștilor din uzină, impune folosirea unei mașini de precizie de forjat la cald cu ciocane dispuse la  $120^\circ$  (fig.1). In acest caz se obțin o serie de avantaje cum ar fi:

- dimensionarea piesei forjate, apropiate de cea a piesei prelucrate și anume cu un adăes de 2 mm pe diametru;
- obținerea unei economii de metal în funcție de forma constructivă a arborelui care poate merge până la 40 la sută;
- forjarea se face la cald, materialul fiind alungit axial, obținându-se o creștere a rezistenței datorită unui fibraj foarte bun, ceea ce poate conduce la o redimensionare;
- după forjare arborele nu necesită operații de îndreptare, centrarea lui fiind perfectă;

- costul redus al seulelor datorită standardizării acestora pentru mai multe lungimi.

În comparație cu actualul procedeu de execuție prin aşchiere și execuție prin forjare din materialul plin, se obține o substanțială economie de manoperă de aşchiere. Astfel, în prezent arborii se prelucerează din OL 50 STAS 333-57 cu diametru de  $\varnothing 58$  pentru motoare din gabaritul 160 de pildă : la trepte intermediare , se aşchiază pe lungimi variabile la diametrul de  $\varnothing 54,5$  ;  $\varnothing 48,5$  până la  $\varnothing 36,5$  mm. Acest lucru înseamnă degajarea de circa 10 mm pe diametru față de nuami cea. 2 mm. pe diametru în cazul arborilor forjați. Timpul de prelucrare prin aşchiere la sepiere se reduce la jumătate în cazul arborilor forjați din aceeași bară utilizată până în prezent, bineînțeles cu lungimi debitate, reduse corespunzător volumului de material necesar. Desigur, se mai adaugă economie de metal rezultată din reducerea lunginii inițiale.

Evident, aceleași avantaje, adică o reducere a volumului de aşchiere rezultă și din prelucrarea arborilor prin forjare în cazul motoarelor electrice din gabaritul 180 și 200, date privind tipurile reprezentative.

Operația 26-a. Echilibrarea dinamică, având ca scop realizarea unui dezechilibru minim al rotorului în timpul funcționării motorului, este ultima operație efectuată asupra subansamblului rotor, înainte de montaj. Se realizează pe mașini de echilibrat electronice de concepție și construcție EMT, prin adăugarea de greutate de echilibrare sub formă de rندهle metalice, aplicate în zona inelelor de scurtcircuitare pentru mâtearele cu rotor în scurtcircuit și pe superți speciali, la motoarele cu inele celestare. Echilibrarea se face în două plane transversale pe arbore la extremitățile miezului magnetic rotor, dezechilibrul maxim admis fiind de 9,5 mm. Pentru modernizarea tehnologiei de prelucrare, a creșterii productivității muncii, respectiv a asigurării unei calități competitive s-a realizat în anul 1979 o " LINIE CU TRANSFER PENTRU PRELUCRAREA ROTOARELOR" ( acționare hidraulică ) care, față de cea existentă, va rezolva desiderate ca :

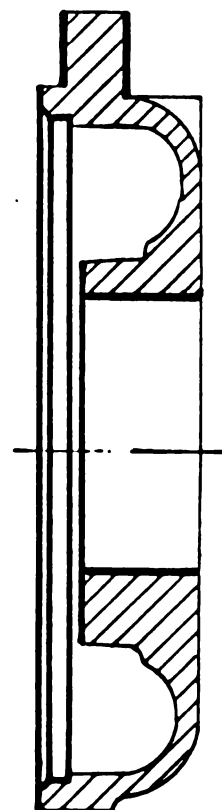
- prelucrarea subansamblului rotor din gabaritele 225 și 250 ;

- productivitate sporită;
- siguranță în funcționare;
- precizie de poziționare;
- efort redus al operatorilor, fiind acționată hidraulic și având un program electronic îmbunătățit.

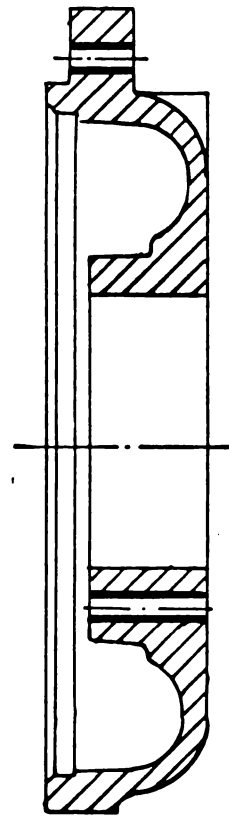
SCUTURILE ȘI CAPACELE DE RULMENȚI sînt de fontă, de tipul capacelor, cu formă simetrică, fiind prevăzute cu urechi de prindere, pentru fixarea pe carcasă, besaje tehnologice de prindere în universal, precum și un orificiu central pentru locașul rulmentului. Condiția funcțională de bază este coaxialitatea suprafeței cilindrice a locașului de rulment cu umărul exterior de fixare în carcasă și se asigură prin prelucrarea ambelor suprafețe la aceeași prindere șut și capac rulment.

#### SCUTURILE. Operația 27-a.

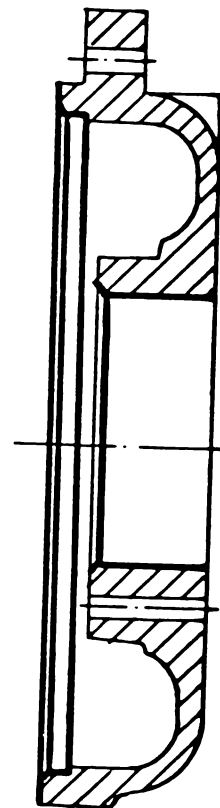
Strunjire eboșare a locașului rulmentului umărului de centrare a scutului, precum și prelucrarea frontală a urechilor de prindere și a butucului de rulment, prevăzută pentru așezarea capacului de rulment interior. Operația realizează îndepărtarea în cea mai mare parte a adaosului de prelucrare, asigurându-se, datorită prelucrării ambelor suprafețe la aceeași prindere, o bună concentricitate, ceea ce va facilita finalizarea prin menținerea unei adîncimi de așchiere constante la această operație, precum și a unor regimuri de așchiere ușoare.



Operația 27a. Găurirea constă în obținerea simultană a celor 3 găuri din urechile scutului pentru fixarea acestuia pe motor, cit și a celor 3 găuri pentru fixarea capacelor de rulment. Operația se execută pe o mașină tip Hille, scutul avind ca bază tehnologică de așezare unărul prelucrat.

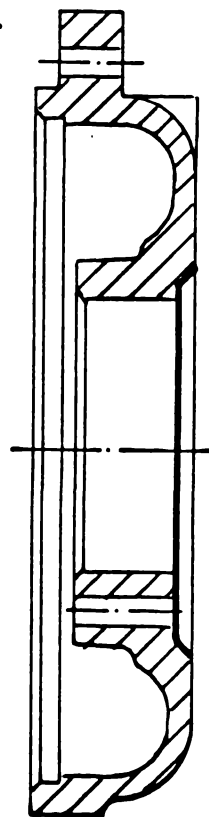


Operația 28-a. Strunjire-finișare. Față de operația de strunjire eboșare, regimurile de așchiere sînt mai ușoare asigurîndu-se preciziile corespunzătoare la locașul rulmentului (cîmp de toleranțe  $+ 0,027; - 0,014$  mm), cit și la unărul de fixare a scutului ( $+ 0,050$  mm), precum și o calitate a suprafeței de 1,6 la locaș rulment și 3,2 la umeri.

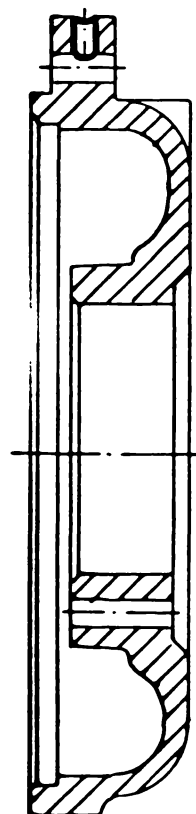




**Operația 29-a. Strunjire  
spate. Se prelucurează su-  
prafața frontală exteri-  
oară pentru așezarea ca-  
pacelor de rulment exte-  
rieare.**

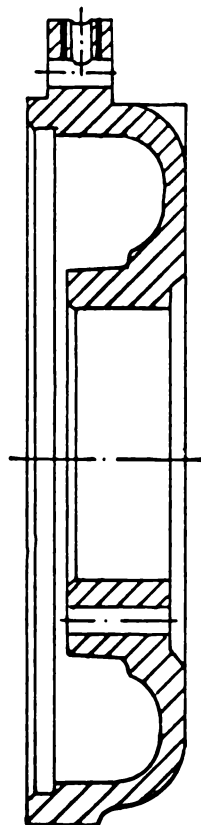


**Operația 30-a. Găurile.**  
Constă în obținerea celor  
3 găuri radiale pentru  
fixarea capacului venti-  
lator.  
Această operație se exe-  
cută numai pentru scutu-  
rile superioare.



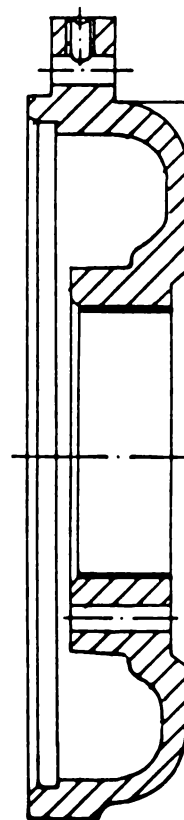
**Operația 31-a. Filetare.**

Avind aceeași bază tehnologică pe aceeași mașină se execută simultan filetarea găurilor prelucrate la operația anterioară.



**Operația 32-a. Honeire.**

Ca urmare a cererilor sporite, atât pentru export cât și pentru piața internă, privind livrarea unor motoare cu nivel redus de zgomot și vibrații, s-a procedat recent la aplicarea tehnologiei de honeire a locașului de rulment, la scuturile motorelor. În prima etapă acest lucru s-a realizat cu mașini din im-



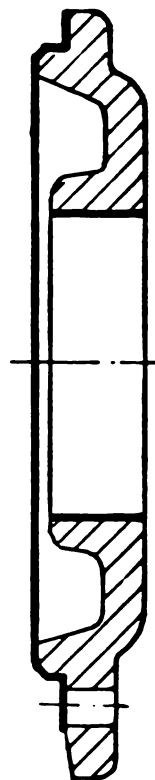
part de tip KADIA (R.F.G.), cu rezultate bune . In prezent in-  
treprinderea a reușit să reducă aproape total impertul acestor  
categorii de motoare sollicitate de economia națională.

Trecerea de la prelucrarea clasică a scuturilor pe  
strunguri paralele la prelucrarea acestora pe strunguri spe-  
cializate cu program permite o creștere a productivității mun-  
cii cu 30 la sută. Procedul tehnologic incluzind operațiile  
din anexa 10.-

CAPACE DE RULMENT. Atât cele interioare cât și cele  
exterioare comportă operații similare prelucrării scuturilor,  
constind în prelucrarea prin aşchiere pe strunguri paralele a  
locasului de angajare cu arborele, precum și a umărului de asam-  
blare cu scuturile. Este necesar ca amândouă suprafețe să fie  
concentrice. Ele se execută la aceeași prindere. De asemenea,  
și operația de filetare pentru cele interioare.

#### Operația 33-a. Strunjirea.

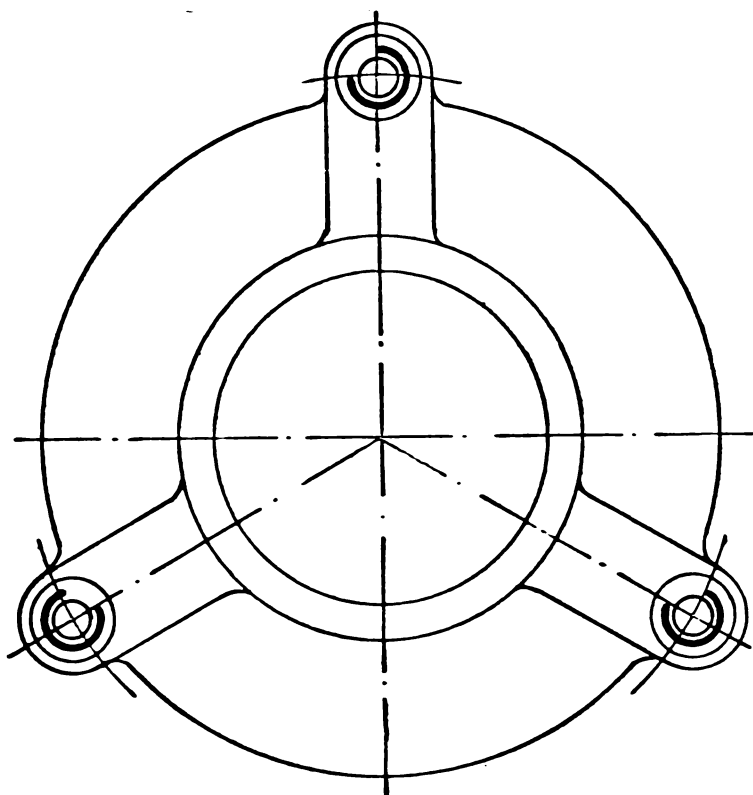
Se execută pe strunguri parale-  
le, echipate cu dispozitive  
pneumatice de centrare și fixa-  
re. Ambele suprafețe (atât umă-  
rul de fixare pe scut cât și  
gaura de calare cu arborele)  
se prelucurează la o aceeași  
prindere; se obține astfel un  
joc uniform și suficient de  
mic între locașul capacului de  
rulment și arbore, pentru a nu  
permite scurgerea lubrifiân-  
tului sub acțiunea încălzirii.



**Operația 34-a. Filetarea.**

Se realizează pe o mașină de găurit echipată cu dispozitiv de filetare multiplu, cu brațe turnate.

Filetarea se efectuează numai la capacele pentru rulment interior, direct pe găurile realizate la operația de turnare sub presiune.



**PENELE.** Sint confecționare din oțel laminat, calitatea suprafețelor fiind asigurată prin operații de rabotare și rectificare plană. Pana de fixare se execută pentru pachet rotaric și șabă.

Operația 35 - 37a. Ambele repere se execută în profile laminate la cald de secțiune dreptunghiulară.

Operație 36-38 - 39a. Îndepărtarea adăesului de prelucrare în scopul obținerii dimensiunilor de montaj se face prin rabotarea pe mașinile tip "Shaping", adăugându-se pentru pane șabă (cu pretenții de precizie în toleranțe de max.0,05 mm), o operație de rectificare pe mașina de rectificat plan.

**INEL DE RIDICARE.** Servește la suspendarea metezului în scopul manipulării acestuia.

Operația 41-a. Debitare. Deoarece semifabricatul constă din două inele de ridicare forjate într-un corp comun, se trece la separarea acestora pe o presă cu excentric de 63 tf, cu o ștanță de tăiere simplă.

**Operația 42-a. Strunjire - filetare.** Se realizează pe strunguri paralele cu o echipare tehnologică de S.D.V. foarte simplă. Operația constă în strunjirea cilindrică urmată de filetarea capului, care se înșurubează în bosajul corespunzător din carcasă.

### C A P I T O L U L 3

#### 3.1. POLOSIREA MODELELOR MATEMATICE SI A CALCULATOARELOR ELECTRONICE PENTRU CALCULUL SI ANALIZA INCARCARIILOR UTILAJELOR.

În vederea ridicării eficienței activității economice în practica curentă se aplică diferite metode matematice (programarea liniară, dinamică, teoria jocurilor etc.), în scopul amplasării optime a mijloacelor de muncă, a pregătirii tehnice a fabricației, programării operative, aprovizionării. Metodele matematice sînt prezente și în determinarea capacităților de producție, care sînt influențate la rîndul lor de gradul de uzură morală și fizică a fondurilor fixe, nivelul de calificare a forței de muncă, gradul de folosire a timpului de lucru, disciplina muncii. Factorul cel mai important în determinarea capacității de producție rămîne totuși performanța instalațiilor și echipamentului tehnic de producție. Capacitățile și utilizarea lor reprezintă un complex comun, ele sînt în mod normal indisolubil legate între ele. Compararea lor reciprocă permite evidențierea disproporției dintre capacitățile diverselor ateliere și secții ale întreprinderii, adică descoperirea locurilor înguste.

În construcția de mașini ca și în alte ramuri, alinierea capacității se face nu după locul îngust ci după verigile conducătoare ale producției care realizează sarcinile ei principale. De asemenea, activitatea desfășurată în unitățile din construcțiile de mașini permite oprirea temporară a executării producției în orice fază a procesului tehnologic, fără a înregistra pierderi de muncă și resurse materiale, fapt care dă posibilitatea organizării activității întreprinderii după principiul periodic și se împarte precis în schimburi, zile și săptămîni, admitîndu-se zile și schimburi nelucrătoare. În ceea ce privește m

rul schimburilor de lucru în decurs de 24 ore, această problemă nu și-a găsit încă o rezolvare comună în construcția de mașini. Majoritatea funcționează în două schimburi; dar există uzine care lucrează într-un singur schimb sau în trei. Sînt cazuri cînd în aceeași uzină cu regimul de lucru în două schimburi există sectoare, secții, ateliere care lucrează într-un singur schimb sau trei. Evident, calculul capacității trebuie efectuat în condiții care corespund cel mai complet regimului optim de funcționare și cu referire la construcțiile de mașini; astfel de condiții se creează în trei schimburi.

Calcululele referiteare la determinarea capacității de producție conduc la sisteme de ecuații cu un număr infinit de soluții. Soluția optimă nu poate fi determinată decît cu ajutorul programării liniare, iar pentru alegerea variantei optime în mod operativ este necesar ca aceste calcule să fie efectuate cu ajutorul calculatorului electronic.

În justificarea aplicării programării liniare privind rezolvarea unor probleme din cadrul procesului de fabricație s-a considerat necesar a se prezenta unele aspecte care eferă folosirea acestui instrument matematic la rezolvarea concretă a problemei abordate în cadrul tezei.

Problema generală a programării liniare se poate scrie sub diferite forme echivalente și constă în determinarea unui vector  $x$ ,  $n'$  dimensional care optimizează o funcție.

Una din aceste forme este:

$$f = \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad (3.1)$$

în condițiile:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad i = 1, 2, \dots, m_1 \quad (3.2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j < b_i \quad i = 1, 2, \dots, m_2 \quad (3.3)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j > b_i \quad i = 1, 2, \dots, m_3 \quad (3.4)$$

$$b'_i < \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j < b_i \quad i = 1, 2, \dots, m_4 \quad (3.5)$$

$$x \text{ limitat} \quad (3.6)$$



O altă formă a modelului matematic se obține luând în considerare vectorii coloană din matricea A. În acest caz se determină optimul funcției în condițiile:

$$x_1 a_1 + x_2 a_2 + \dots + x_n a_n = (b_i) \quad i = 1, 2, \dots, m_1$$

$$x_1 a_1' + x_2 a_2' + \dots + x_n a_n' \leq (b_i) \quad i = 1, 2, \dots, m_2$$

$$x_1 a_1'' + x_2 a_2'' + \dots + x_n a_n'' > (b_i) \quad i = 1, 2, \dots, m_3$$

$$(b_i)' \leq x_1 a_1''' + x_2 a_2''' + \dots + x_n a_n''' < (b_i) \quad i = 1, 2, \dots, m_4$$

X limitat

Formarea modelului liniar în modelul prezentat mai sus, este așa numita formulare externă care corespunde datelor de intrare acceptate de programul OPALINE. Algoritmul de calcul nu acționează însă asupra acestei reprezentări externe, ci asupra unei forme canonice care este următoarea:

Se cere minimizarea unei funcții:

$$f = CX \quad (3.7)$$

în condițiile:

$$AX = b \quad (3.8)$$

$$X > 0 \quad (3.9)$$

$$0 < X < \beta \quad (3.9')$$

în care:

C = vector linie de n elemente

A = matrice cu m linii și n coloane

b = vector coloană de m elemente

$\beta$  = vectorul bornă superioară pentru variabilele bornate superior

- Transformarea minimului în maxim sau invers se bazează pe egalitatea:

$$\max CX = - \min (-C)X$$

- O inegalitate se transformă în egalitate prin introducerea unei variabile de ecart pozitivă, având coeficient nul în funcția obiectiv.

Astfel inegalitatea:

$$a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n \leq b_1$$

este echivalentă cu:

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + y = b_1$$

unde  $y > 0$

Dacă pentru o anumită soluție, variabila de ecart este pozitivă, restricția de inegalitate corespunzătoare este nesaturată.

O variabilă de ecart nulă indică că restricția corespunzătoare este saturată, deci se verifică ca și egalitate.

- O inegalitate dublu bornată se transformă într-o egalitate prin introducerea unei variabile de ecart bornată superior. Valearea bornei superioare este dată evident de diferența valorilor bornelor inegalității.

- O variabilă bornată inferior se poate transforma într-o variabilă supusă condițiilor de nenegativitate printr-o translație față de origine.

- O variabilă liberă  $x_1$  poate fi supusă unei condiții de nenegativitate, introducând o variabilă suplimentară  $x_1 > 0$  a cărei coeficienți în funcția obiectiv și în matricea restricțiilor sînt opuși coeficienților variabilei  $x_1$ . Dacă în soluția obținută,  $x_1 > 0$  (deci în mod necesar  $x_1 = 0$ ) rezultatul se va interpreta  $x_1 = -x_1$ .

În general, utilizatorul nu este interesat în formularea internă a problemei, deoarece atât introducerea datelor cît și exprimarea rezultatelor la folosirea programului OPALINE se face în formularea externă.

Rezolvarea problemei de programare liniară constă în determinarea vectorului coloană  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  care minimizează funcția (3.7) și care satisface condițiile (3.8), (3.9), (3.9') din formularea canonică a problemei.

- Orice sistem de valori ale variabilelor  $x_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) care satisface relația (3.8) se numește soluție posibilă a problemei de programare liniară.

- Dacă aceste variabile  $x_j$  mai verifică în plus și relațiile (3.9) și (3.9'), adică sînt nenegative și nu depășesc bornele admise  $\beta$ , ele formează o soluție realizabilă a problemei.

- Din formularea modelului liniar rezultă că numărul  $m$  de restricții nu este obligatoriu egal cu numărul  $n$  al variabilelor și în general  $m < n$ .

Dacă cele  $m$  restricții sînt liniar independente rezultă că în matricea coeficienților restricțiilor există sisteme de vectori care conțin cel mult  $m$  vectori liniari independenți.

Prin definiție, o soluție posibilă care are cel mult  $m$  componente nenule și diferite de valoarea  $\beta$  reprezintă o soluție de bază a problemei de programare liniară.

- O soluție de bază care verifică în plus și relațiile (3.9) și (3.9') este o soluție de bază realizabilă, caracterizată deci prin:

- cel mult  $m$  componente au valori  $\in (0, \beta)$
- $n - m$  componente au valori fie nule, fie la limita superioară  $\beta$ .

Teorema fundamentală a programării liniare arată că soluția optimă a unei probleme de programare liniară este una din soluțiile de bază realizabile, reprezentînd din punct de vedere geometric un extrem al poliedrului convex liniar format de restricții.

Pentru rezolvarea problemei de programare liniară există o serie de algoritmi printre care:

- algoritmul simplex primal ;
- algoritmul primal revizuit;
- algoritmul dual;
- algoritmul primal - dual, etc.

Elementul comun tuturor acestor algoritmi este metoda iterativă. Pornind de la premisa că soluția optimă este una din soluțiile de bază realizabile, iar într-un sistem de  $m$  ecuații cu  $n$  necunoscute pot exista  $C_n^m$  soluții de bază, metoda de calcul caută optimul trecînd de la o soluție de bază realizabilă, la altă soluție care micșorează valoarea funcției obiective.

Din punct de vedere geometric, aceasta reprezintă trecerea de la un extrem la altul al poliedrului convex liniar format de restricții.

**ALGORITMUL SIMPLEX PRIMAL.** Criteriul de optimalitate al unei soluții de bază realizabile. Se propune problema de programare liniară dată sub forma canonică prin relațiile (3.7), (3.8), (3.9) și (3.9').

Fie  $a_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) vectorii coloană ai matricii  $A$ . Orice mulțime de  $m$  vectori  $a_j$  liniari independenți din  $A$  formează o bază  $B$  în spațiul vectorial  $n$  dimensional. Cele  $m$  variabile asociate vectorilor din bază se numesc variabile de bază. Variabilele asociate celorlalți  $n - m$  vectori coloană din  $A$  se numesc variabile în afara bazei sau variabile secundare.

În aceste condiții, matricea  $A$  a sistemului inițial poate fi împărțită în două submatrici:

$A_D$  - formată din  $m$  vectori liniari independenți  
 $(a_{j1} \dots a_{jm})$

$A_I$  - formată din restul de  $n - m$  vectori.

La fel vectorul soluție  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  se împarte în subvectorul  $X_D$  corespunzător variabilelor de bază și  $X_I$  corespunzător variabilelor secundare.

Relația (3.8) devine în aceste condiții:

$$A_D X_D + A_I X_I = b \quad (3.10)$$

din care rezultă o soluție posibilă a sistemului dată de relația:

$$X_D = (A_D)^{-1} \cdot b - (A_D)^{-1} \cdot A_I \cdot X_I \quad (3.11)$$

în care:

$(A_D)^{-1}$  reprezintă inversa bazei

Dacă în (3.11) se ia  $X_I = 0$ , se obține o soluție de bază pentru (3.10) și anume:

$$X_I = 0 \quad (3.12)$$

$$X_D = (A_D)^{-1} \cdot b$$

care este o soluție de bază realizabilă dacă componentele vectorului  $X_D$  sînt strict pozitive și mai mici decît valoarea  $\beta$ .

Pentru simplificarea scrierii se fac următoarele notații:

$$(A_D)^{-1} \cdot b = \bar{X}_D = (\bar{X}_B) \quad S \in D$$

$$(A_D)^{-1} \cdot A_I = G = (g_j) \quad j \in I$$

in care:

$\bar{X}_S$  - reprezintă cele  $m$  componente ale vectorului soluției de bază;

$g_j$  - reprezintă vectorii atașați variabilelor secundare exprimați în funcție de vectorii din bază.

Folosind aceste notații în relația (3.11), o variabilă de bază  $X_D$  se exprimă prin relația:

$$X_D = (\bar{X}_S - \sum_{j \in I} g_{sj} X_j) \quad s \in D \quad (3.13)$$

Avînd o soluție de bază realizabilă se pune problema dacă această soluție este optimă, iar în caz contrar cum se poate ajunge la o soluție optimă.

Pentru a răspunde la aceste întrebări se consideră vectorul coeficienților funcției obiective împărțit în 2 sub-vectori,  $C_D$  corespunzător variabilelor de bază și  $C_I$  corespunzător variabilelor secundare.

Funcția obiectiv se poate scrie deci:

$$CX = C_D X_D + C_I X_I \quad (3.14)$$

Variația funcției obiectiv în funcție doar de variabilele secundare  $X_I$  este dată de relația:

$$d(CX) = C_D dX_D + C_I dX_I$$

Ținînd cont de (3.11),

$$dX_D = - (A_D)^{-1} \cdot A_I \cdot dX_I$$

deci:

$$\begin{aligned} d(CX) &= - C_D (A_D)^{-1} \cdot A_I \cdot dX_I + C_I dX_I = \\ &= [C_I - C_D (A_D)^{-1} \cdot A_I] dX_I \end{aligned} \quad (3.14a)$$

Expresia din paranteză este un vector notat cu  $d_j$ , a cărui componente se referă la variabilele secundare și care poartă numele de gradient redus sau costuri reduse asociate variabilelor secundare.

Sunt posibile 2 cazuri:

- Toate valorile  $d_j$  sînt pozitive sau nule pentru variabilele  $X_I$  nule. In acest caz intrucît variația acestor  $X_I$  este pozitivă variația funcției obiectiv va fi pozitivă, deci funcția nu mai poate fi minimizată și se găsește in optim.

La fel, dacă toate valorile  $d_j$  sînt negative sau nule pentru  $X_I$  aflate la limita superioară  $\beta$ , variația acestor  $X_I$  fiind negativă, determină o variație pozitivă a funcției obiectiv care și in acest caz se găsește la optim.

- Dacă cel puțin o valoare  $d_j$  este negativă pentru  $X_I$  nul sau pozitivă pentru  $X_I = \beta$ , variația funcției obiectiv este negativă, deci mai poate fi minimizată.

Intrucît pot exista mai multe variabile  $X_I$  nule cu valori  $d_j$  negative și variabile  $X_I = \beta$  cu valori  $d_j$  pozitive, se va alege aceea variabilă  $X_I$  pentru care variația funcției obiectiv este maximă, deci variabila  $X_I$  cu  $d_j$  maxim in valoare absolută.

Algoritmul simplex primal pornește de la o soluție de bază realizabilă și prin iterații succesive urmărește optimizarea funcției obiectiv, oferind posibilitatea:

- de a îmbunătăți soluția, înlocuind la fiecare iterație cite un vector din bază pînă la obținerea soluției optime;
- de a dovedi că nu există soluție optimă.

Pașii succesivi ai unei iterații simplex in ipoteza că se pornește de la o soluție de bază realizabilă sînt deci:

- se calculează valorile  $d_j$  pentru variabilele secundare;
- se selectează variabila secundară cu valoare  $d_j$  maximă valoarea absolută reprezentînd vectorul de intrare in bază. In cazul cînd nu există vector de iterare, soluția este optimă;
- se determină vectorul de ieșire din bază pe baza criteriilor enunțate. In cazul cînd nu există vector de ieșire, problema admite un optim infinit;
- se formează noua bază, se calculează inversa ei cu ajutorul căreia se determină toate elementele necesare iterației respective.

Procesul se reia iterativ.



**ALGORITMUL SIMPLEX REVIZUIT.** Examinind desfășurarea calculelor necesare aplicării algoritmului simplex primal se observă că pentru a construi iterația  $K + 1$  sînt necesare numai anumite elemente ale iterației precedente și anume:

- valorile  $d_j$  pentru variabilele secundare (necesare pentru determinarea vectorului de intrare în bază);

- componentele vectorului soluției  $\bar{X}_D$  și ale vectorului care intră în bază (pentru determinarea vectorului care iese din bază). Toate elementele iterației  $k$  se pot calcula cunoscînd inversa bazei din iterația  $k$  și elementele matricii inițiale.

Justificarea acestor afirmații se poate face pornind de la relația (3.11) din care rezultă că orice vector coloană  $a_j$  din matricea  $A$  a sistemului de restricții poate fi scris în baza  $A_D$ :

$$s_j = (A_D)^{-1} \cdot a_j$$

Pentru a calcula deci componentele unui vector  $a_j$  în iterația  $k$  este suficient să se cunoscă  $(A_D)^{-1}$ , inversa bazei  $A_D$  din această iterație.

Acceași regulă se aplică și vectorului  $b$ , întrucît vectorul  $b$  poate fi considerat ca un vector din matricea extinsă  $(A, b)$  și deci

$$(x_D)_k = (A_D)_k^{-1} \cdot b$$

în care:

$x_D$  reprezintă componentele vectorului soluție în iterația  $k$ .

Considerînd sistemul format de relațiile (3.7) și (3.8):

$$AX = b \quad (3.15)$$

$$CX + Z = 0 \quad (3.16)$$

ca un sistem de ecuații liniare, în care ecuația (3.16) poartă numele de  $z$  - ecuația sistemului, matricea  $A$

$$A^K = \begin{bmatrix} A & 0 \\ -C & I \end{bmatrix}$$

poate fi considerată ca o extindere a matricii  $A$ .

Deși  $A_D = (a_{j_1}, \dots, a_{j_m})$  este o bază a sistemului  $n$  dimensional formată din vectorii matricii  $A$ , atunci

$$A_D^M = \begin{bmatrix} a_{j1} \cdots a_{jn} & 0 \\ -c_{j1} \cdots -c_{jn} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_D & 0 \\ -C_D & E(1) \end{bmatrix}$$

este o bază a sistemului  $(n+1)$  dimensional format din vectorii matricii  $A^M$ .

Se pot trage de aici următoarele concluzii:

- Orice vector coloană al matricii  $A^M$  în iterația  $k$  se calculează prin produsul dintre inversa bazei din iterația  $k$  și vectorul coloană respectiv din matricea inițială.

- Un element  $a_{1j}$  din  $A^M$  în iterația  $k$  se obține prin produsul scalar dintre vectorul linie de ordinul 1 din  $(A_D^M)^{-1}_k$  și vectorul coloană  $a_j$  din matricea  $A^M$ .

- Coeficienții unei ecuații de ordinul 1 în iterația  $k$  se obțin prin produsul scalar dintre linia 1 din  $(A_D^M)^{-1}_k$  și vectorii  $a_j$  din matricea inițială  $A^M$ .

În particular coeficienții ecuației  $s$  în iterația  $k$  se obțin prin produsul scalar între ultima linie a inversei bazei din iterația  $k$  și vectorii  $a_j$  din matricea inițială.

Astfel, presupunând că:

$c_{n+1}, c_{n+2}, \dots, c_{n+m}, 1$  sînt coeficienții ultimei linii din inversa bazei  $(A_D^M)$  în iterația  $k$ , un coeficient  $\bar{c}_j$  al  $s$  ecuației în iterația  $k$  este dat de relația:

$$\bar{c}_j = c_{n+1} \cdot a_{1j} + c_{n+2} \cdot a_{2j} + \dots + c_{n+m} \cdot a_{nj} + 1 \cdot (-k_j) \quad (3.17)$$

Coeficienții  $c_{n+1}, c_{n+2}, \dots, c_{n+m}$  se mai pot obține însă și prin produsul:

$$(C_D)_k \cdot (A_D)_k^{-1}, \text{ în care:}$$

$(C_D)_k$  sînt coeficienții din  $s$  - ecuația inițială a sistemului, corespunzător variabilelor de bază din iterația  $k$ .

Înlocuind în (3.17) și comparînd această expresie cu relația (3.14a), se observă că acești coeficienți  $\bar{c}_j$  al  $s$  - ecuației sistemului în iterația  $k$  luați cu semnul minus reprezintă valorile  $d_j$  pentru iterația respectivă.

Aceste considerații stau la baza algoritmului simplex

revisuir, care permite rezolvarea problemei de programare liniară printr-un număr redus de calcule.

Fie dată problema de programare liniară sub forma canonică în care se introduce câte o variabilă artificială în fiecare relație de egalitate :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + x_{n+1} = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + x_{n+2} = b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n + x_{n+m} = b_m$$

Funcția obiectiv scrisă ca s - ecuații a sistemului este :

$$c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n - s = 0$$

Intrucât problema originală admite o soluție de bază inițială numai dacă :

$$\min W = x_{n+1} + x_{n+2} + \dots + x_{n+m} = 0$$

în prima parte de rezolvare se urmărește minimizarea funcției W care scrisă ca și W - ecuație a sistemului este :

$$x_{n+1} + x_{n+2} + \dots + x_{n+m} - W = 0$$

Înlocuind în această relație  $\sum_{l=1}^m x_{n+l}$  cu valoarea obținută din adunarea primelor m ecuații, se obține ecuația m + 2 a sistemului  $(a_{01}x_1 + a_{02}x_2 + \dots + a_{0n}x_n) - W = W_0$

în care :

$$a_{0j} = - \sum_{l=1}^m a_{lj} \quad j = 1, \dots, n$$

$$W_0 = - \sum_{l=1}^m b_l \quad j = 1, \dots, n$$

Pe baza acestor date se construiește tabelul simplex al iterației 0 care este

Variable de bază	Variable structurale			Variable artificiale				Membrul II
	$x_1$	$x_2$	$x_n$	$x_{n+1}$	$x_{n+m}$	-Z	-W	b
$x_{n+1}$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{1n}$	1	0	0	0	$b_1$
$x_{n+2}$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{2n}$	0	0	0	0	$b_2$

. / .

Variable de bază	Variable structurale	Variable artificiale	Membrul II
$x_{n+m}$	$a_{m1} a_{m2}$	$a_{mn}$	$b_m$
-Z	$c_1 c_2$	$a_m$	0
-W	$a_{p1} a_{p2}$	$a_{pm}$	$w_0$

Pași iterației vor fi:

1) Se alege  $a_{jk} = \max a_{ij}$ , vectorul respectiv intrînd în bază.

2) Se determină vectorul de ieșire din bază pe baza relației (3.17).

3) Corespunzător noii baze se formează noul tabel simplex în care se calculează numai:

- elementele liniei W, prin produsul dintre linia m+2 a inversei bazei din iterația respectivă și vectorii coloană din matricea inițială;

- se selecționează vectorul  $a_j$  de intrare în bază după regula cunoscută și i se determină componentele prin produsul dintre vectorul  $a_j$  din matricea inițială și inversa bazei;

- se determină componentele vectorului soluției prin produsul dintre vectorul b din matricea inițială și inversa bazei;

- procesul se reia iterativ de la punctul 2.

Faza I se consideră încheiată cînd în linia W nu mai există elemente negative.

Soluția obținută va fi:

- soluția inițială pentru faza a doua, dacă  $\min W = 0$ , iar în caz contrar,

- problema inițială nu admite soluție de bază realizabilă.

În faza a II-a se calculează elementele liniei z pe baza inversei bazei obținute la sfîrșitul fazei I și procesul de desfășurare analog, cu excepția faptului că se iau în considerare elementele liniei z.

In concluzie, in algoritmul simplex revisuit, cunos-  
cindu-se inversa bazei din iteratia respectiva, se determina doar  
elementele strict necesare construirii iteratiei urmatoare si  
prin aceasta numarul de calcule este considerabil redus.

### Forma predusa a matricii inverse

Fiind data o matrice  $n \cdot n$ -dimensionala,  $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$   
care admite o inversa  $A^{-1}$ , o matrice  $A^M$  obtinuta prin inlocuirea  
vectorului  $a_j$  cu un vector  $b_j$  admite o inversa  $(A^M)^{-1}$  data de re-  
latia:

$$(A^M)^{-1} = \eta \cdot (A)^{-1} \quad (3.18)$$

In relatie,  $\eta$  este o matrice unitate de ordinul  $n$  in  
care vectorul  $e_j$  este inlocuit cu un vector  $G^M$  obtinut astfel:

- se calculeaza vectorul  $G = (g_1, g_2, \dots, g_n)$  prin  
produsul  $(A)^{-1} \cdot b_j$ , adica componentele vectorului  $b_j$  in baza  $A$ .

- se formeaza vectorul:

$$G^M = \left( -\frac{g_1}{g_j}, -\frac{g_2}{g_j}, \dots, -\frac{1}{g_j}, -\frac{g_{j+1}}{g_j}, \dots, -\frac{g_n}{g_j} \right)$$

Fie data o matrice  $n \cdot n$  dimensională  $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$   
care admite o inversa. Pe baza celor expuse mai sus, pentru a de-  
termina inversa  $(A)^{-1}$  a acestei matrice se va construi urmatoa-  
rea succesiune de matrici:

$$A_1 = (a_1 \ e_2 \ e_3 \ \dots \ e_n)$$

$$A_2 = (a_1 \ a_2 \ e_3 \ \dots \ e_n)$$

⋮  
⋮  
⋮

$$A_n = (a_1 \ a_2 \ a_3 \ \dots \ a_n)$$

Matricea  $A_1$  s-a obtinut prin inlocuirea in matricea uni-  
tate de ordinul  $n$ ,  $1^{(n)}$ , vectorul  $e_1$  cu vectorul  $a_1$ , deci inver-  
sa  $(A_1)^{-1}$  va fi:

$$(A_1)^{-1} = 1^{(n)} \cdot \eta = \eta \cdot 1^{(n)}$$

unde:  $1^{(n)}$  este matricea unitate de ordinul  $n$ , in care vectorul  
 $e_1$  s-a inlocuit prin  $G_1^M$  calculat dupa metoda de mai sus.

Mai departe:

$$(A_2)^{-1} = \eta_2^{(n)} \cdot \eta_1^{(n)} \text{ în care:}$$

$\eta_2^{(n)}$  este matricea unitate de ordinul  $n$  în care  $e_2$  este înlocuit cu vectorul  $G_2^M$  calculat după metoda cunoscută.

$$(A_n)^{-1} = (A)^{-1} = \eta_n^{(n)} \cdot \eta_{n-1}^{(n)} \dots \eta_1^{(n)} \quad (3.19)$$

Deci pornind de la  $n$  matrice unitate de ordinul  $n$  se înlocuiesc prin  $n$  schimburi de bază, celelalte unitare prin cele  $n$  celelalte ale matricii de bază.

Această formă a inversei unei baze face inutil calculul explicit al matricii inverse în diferitele iterații ale metodei simplex revizuite. Într-adevăr determinarea vectorului  $A_k$  care intră în bază în faza I, necesită doar cunoașterea elementelor liniei  $W$  din inversa bazei din iterația respectivă, iar în faza II, cunoașterea elementelor liniei  $Z$  din inversa bazei din iterația respectivă.

Determinarea vectorului de ieșire din bază, necesită cunoașterea vectorului soluției din iterația respectivă și a vectorului  $a_k$  care intră în bază.

Se poate demonstra că aceste elemente pot fi calculate fără cunoașterea explicită a matricii inverse.

Notînd cu  $(B_t)^{-1}$  inversa bazei în iterația  $t$ , linia  $m+1$  a acestei matrici se obține înmulțind un vector linie unitar de ordinul  $m+1$  cu inversa  $(B_t)^{-1}$ , anume:

$$e_{m+1} \cdot (B_t)^{-1} = e_{m+1} (\eta_t \cdot \eta_{t-1} \cdot \dots \cdot \eta_1) \quad (3.20)$$

Prinul produs  $e_{m+1} \cdot \eta_t$  reprezintă linia  $m+1$  din  $\eta_t$  și îl notăm cu  $l_0$ . Înmulțind acest vector linie cu  $\eta_{t-1}$  se obține un vector linie notat cu  $l_1$ .

În continuare, componentele vectorului linie  $l_k \cdot \eta_{t-(k+1)}$  se calculează:

$$\begin{aligned} l_{k+1} &= l_k \cdot \eta_{t-(k+1)} = \\ &= (l_{k1}, l_{k2}, \dots, l_{k,m+1}) (e_1, e_2, \dots, G_{t-(k+1)}^M, \dots, e_{m+1}) \end{aligned}$$

. / .



de unde:

$$l_{k+1,j} = l_{kj} \quad \text{pentru } j = t-(k+1)$$

$$l_{k+1, t-(k+1)} = l_k \cdot G_{t-(k+1)}^M = \sum_{j=1}^{n+1} l_{kj} \cdot \delta_{j, t-(k+1)}$$

Deci produsul (3.20) și în consecință ultima linie a inversei se poate calcula cunoscând doar poziția vectorului care intră în bază în fiecare iterație.

De exemplu, avind inversa unei matrici dată sub forma:

$$(A_2)^{-1} = \eta_2^5 \cdot \eta_1^5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -2 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

în care  $G_2^M = [0101-1]$

$$G_1^M = [110-21]$$

Ultima linie din inversa bazei în iterația 2 va fi dată

$$\begin{aligned} l_{2,j} &= l_{1,j} = (-1, 0, 0, 1) & \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ -2 \\ 1 \end{bmatrix} & \text{pentru } j = 1 \\ l_{2,1} &= l_1 \cdot G_1^M = (0, -1, 0, 0, 1) & 0 &= 0 \end{aligned}$$

Deci ultima linie a inversei bazei  $(A_2)^{-1}$  va fi:

$$l_{2,5} = (0, -1, 0, 0, 1)$$

După cum se știe, componentele vectorului soluție în iterația  $k$  sînt date de:

$$(B_k)^{-1} \cdot b = (\eta_t \cdot \eta_{t-1} \cdot \dots \cdot \eta_1) \cdot b \quad (3.21)$$

Efectuînd pe rînd produsele, vom avea la un moment dat:

$$\begin{aligned} \bar{a}_j = \eta_j \cdot \bar{a}_{j-1} &= (e_1, e_2, \dots, G_j^M, \dots, e_{n+2}) (d_{1,j-1}, d_{2,j-1}, \\ &\dots, d_{n+2,j-1}) \end{aligned}$$

de unde:

$$d_{1j} = \bar{a}_{1,j-1} + G_{1j}^M \cdot \bar{a}_{1,j-1} \quad \text{pentru } i \neq j$$

$$\bar{a}_{1j} = G_{1j}^M \cdot d_{j,j-1}$$

deci produsul (3.21) se poate calcula cunoscând poziția vectorului care intră în bază. Analog se poate demonstra că vectorul soluției  $b$  se poate calcula fără a cunoaște explicit inversa bazei.

În concluzie deci, pentru aplicarea metodei simplex revizuite nu este necesară cunoașterea explicită a inversei bazei în fiecare iterație, fiind suficient să se cunoască poziția vectorilor care intră în bază în fiecare iterație. Acest avantaj este folosit de calculatoarele electronice care păstrează în memorie inversele bazelor sub formă de produs și efectuează numai calculele indicate de formulele (3.19), (3.20) necesare pentru a aplica criteriile de schimbarea bazei.

Aceasta este metoda utilizată de OPALINE, care face o inversie a bazei adică calculul inversei la prima iterație și apoi inversari, adică un calcul periodic al inversei după un anumit număr de schimbări de bază.

În general se recomandă recalcularea periodică a inversei bazei în funcție doar de vectorii efectiv prezenți în bază, din următoarele motive:

- diminuarea lecului în memorie ocupat de matricea inversă;
- reducerea timpului de calcul la fiecare iterație;
- reducerea erorilor de rotunjire datorate utilizării inverse.

Relațiile de calcul în stabilirea capacității pleacă de la faptul că dispunând de mașini unelte, acestea pot fi folosite pentru producția de tipuri de piese. Se cunoaște de asemenea timpul  $t_{1j}$  de prelucrare a piesei "j" pe mașina "i". Se cunoaște de asemenea fondul de timp de lucru  $F_{t1}$  al utilajului i. Se pune problema să se determine capacitatea tehnică adică posibilitățile maxime de producție în cadrul nomenclatorului de producție.

Modelul matematic al problemei este o funcție de forma:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n C_j \cdot X_j$$

și se cere maximizarea acestei funcții în condițiile

$$\sum_{j=1}^n t_{ij} \cdot X_j \leq F_{ti} \quad i = 1, \dots, m$$
$$X_j \geq 0$$

unde  $C_j = \sum_{i=1}^m t_{ij}$  iar  $X_j$  va reprezenta numărul de piese  $j$

care intră în sertimentul care asigură folosirea la maximum a utilajului.

În mod firesc pentru orice acțiune organizatorică pot exista mai multe obiective pe care ne propunem să le atingem - dar funcția economică de optimizat ce caracterizează operația este unică. Funcția poate fi evaluată, după caz, în bani, energie, etc.

Deoarece încă nu s-a reușit să se construiască un model matematic general valabil, există pericolul ca modelul realizat pentru o parte din activitatea întreprinderii și optimizarea lui să aibe influențe nefavorabile asupra altor activități economice. Astfel consecința optimizării prețului de cost va fi obținerea de stocuri mari, etc. În aceste condiții este important de a se urmări consecințele soluțiilor asupra celorlalte părți din ansamblu. Totuși realizarea unei suboptimizări permite cunoașterea structurii unei părți a întregului, precum și punerea în evidență a legăturilor cu celelalte subsisteme, ceea ce va asigura o cunoaștere mai bună a problemei generale.

În etapa actuală ca obiectiv important în activitatea economică în prim plan stă folosirea judicioasă a capacităților de producție, mai mult, noile investiții pentru modernizări și amplificări de capacități nu se acordă decât numai după prezentarea unui studiu legat de folosirea rațională a mașinilor și utilajelor existente. De altfel în vederea aducerii la îndeplinire a sarcinilor stabilite în ședința Comitetului Politic Executiv al C.C. al P.C.R. din 17 martie 1977, cu privire la creșterea mai

rapidă a gradului de utilizare a mașinilor-unelte de bază din dotarea tuturor întreprinderilor precum și la introducerea în circuitul economic al mașinilor, utilajelor și instalațiilor refolesite, s-a prevăzut în toate unitățile productive și prestatoare de servicii, efectuarea de analize de fond pentru determinarea concrete, conform specificului fiecărei întreprinderi, a măsurilor necesare în scopul realizării începând cu luna mai 1977 a unei încărcări medii a mașinilor-unelte la nivel de cel puțin 85%. Acestea au fost considerentele pentru care s-a ales drept obiectiv realizarea unei producții maxime în condițiile de dotare și tehnologie existente în fabricația de mașini electrice de la "Electromotor".

În condițiile în care se impune fabricarea unor sortimente în funcție de solicitările economiei se ridică problema determinării cantității de fiecare tip de piese (j) ce poate fi prelucrată în mod suplimentar pe baza unui fond de timp de lucru al utilajului nefolosit, pentru fabricarea cantității de produse planificate din sortimentul obligatoriu.

Aceste condiții restrictive sînt de tipul:

$$x_j \geq b_j \geq 0 \quad j = 1 \dots n$$

Valoarea maximă a funcționării scade pe măsură ce numărul condițiilor restrictive crește.

### 3.2. APLICAREA PROGRAMARII LINIARE ÎN FOLOSIREA OPTIMĂ A CAPACITĂȚILOR DE PRELUCRARE PRIN ASCHIERE

Sub aspect numeric, în cazul secției de prelucrări mecanice (Usina Electromotor) pentru motoare electrice gabarit 5-7 restricțiile conduc la un sistem de ecuații în funcție de numărul utilajelor pentru fiecare linie și a cărui soluție empirică are o probabilitate foarte mică de a fi cea optimă. Soluția determinată de calculator conduce la un coeficient de încărcare a utilajului calculat cu ajutorul relației:

$$K = \frac{\sum_{j=1}^n C_j x_j}{\sum_{i=1}^m t_i} \quad . / .$$

Acest coeficient reprezintă încărcarea maximă posibilă în cadrul nomenclatorului de produse când raportarea se face la fondul tehnic de lucru anual, și permite aprecierea pricării alte variante.

Sisteme de ecuații pentru liniile de fabricație în care:

$X_1$  - motoare ASI B3 160/M-4

$X_2$  - motoare ASI B3 180/M-4

$X_3$  - motoare ASI B3 200/M-4

Calculul efectuat cu ajutorul programării liniare pentru o sarcină de plan atribuită anterior anului 1979 la motoarele electrice din gabaritele menționate conduc la stabilirea unor nivele de producție superioare celor planificate, ceea ce demonstrează eficiența calculului propus.

Considerînd fondul tehnic de lucru anual mașini-minute/an pentru:

Linia de carcasa	7.897.344
Linia de rotoare	7.463.060
Linia de scuturi	3.294.720
Linia de capace	3.384.576

Fondul de regim de lucru 3 schimburi, în mașini-minute/an și pentru:

Linia de carcasa	6.644.400
Linia de rotoare	6.279.000
Linia de scuturi	2.772.000
Linia de capace	2.847.600

se pot stabili următoarele ecuații (timpul fiecărei operații - conform anexei 11):

$$\begin{array}{rcl}
 5,80 x_1 + 6,00 x_2 + 6,20 x_3 < 564.096 < 474.600 \\
 9,78 x_1 + 10,12 x_2 + 11,77 x_3 < 1.128.192 < 949.200 \\
 9,78 x_1 + 10,12 x_2 + 11,77 x_3 < 1.128.192 < 949.200 \\
 4,85 x_1 + 5,00 x_2 + 5,88 x_3 < 1.128.192 < 949.200 \\
 2,10 x_1 + 2,25 x_2 + 2,25 x_3 \leq 564.096 \leq 474.200 \\
 2,10 x_1 + 2,25 x_2 + 2,25 x_3 < 564.096 < 474.200 \\
 2,10 x_1 + 2,25 x_2 + 2,25 x_3 < 564.096 < 474.200
 \end{array}$$

$$\begin{aligned} 2,10 x_1 + 2,25 x_2 + 2,25 x_3 &\leq 564.096 < 474.200 \\ 4,00 x_1 + 4,00 x_2 + 4,00 x_3 &\leq 564.096 \leq 474.200 \\ 4,26 x_1 + 4,26 x_2 + 4,26 x_3 &\leq 564.096 < 474.200 \\ 4,26 x_1 + 4,26 x_2 + 4,26 x_3 &\leq 564.096 \leq 474.200 \end{aligned}$$

Condiții restrictive:

$$x_1 \geq 35.000$$

$$x_2 \geq 12.000$$

$$x_3 \geq 25.000$$

Funcția obiectiv:

$$F(x)_{\max} = 51,13 x_1 + 52,76 x_2 + 57,00 x_3$$

Linia de rotație:

$$\begin{aligned} 3,00 x_1 + 3,20 x_2 + 3,67 x_3 &\leq 574.080 \leq 483.000 \\ 8,60 x_1 + 10,76 x_2 + 11,40 x_3 &< 1.148.160 < 966.000 \\ 4,21 x_1 + 4,21 x_2 + 4,21 x_3 &< 574.080 \leq 483.000 \\ 3,52 x_1 + 3,36 x_2 + 3,92 x_3 &\leq 574.080 < 483.000 \\ 2,50 x_1 + 2,34 x_2 + 3,14 x_3 &< 574.080 \leq 483.000 \\ 3,00 x_1 + 4,25 x_2 + 4,50 x_3 &< 574.080 < 483.000 \\ 5,00 x_1 + 4,46 x_2 + 6,42 x_3 &< 1.148.460 < 966.000 \\ 4,15 x_1 + 4,70 x_2 + 4,80 x_3 &\leq 1.148.460 < 966.000 \\ 2,85 x_1 + 3,20 x_2 + 3,50 x_3 &< 574.080 \leq 483.000 \\ 4,30 x_1 + 5,50 x_2 + 7,00 x_3 &\leq 574.080 < 483.000 \end{aligned}$$

Condiții restrictive, care reprezintă cerințele anuale minime ale beneficiarului din fiecare sortiment(1)

$$x_1 > 35.000$$

$$x_2 > 12.000$$

$$x_3 \geq 25.000$$

Funcția obiectiv:

$$F(x)_{\max} = 41,13 x_1 + 45,93 x_2 + 52,56 x_3$$

Linia de senturi

$$24,56 x_1 + 24,58 x_2 + 26,54 x_3 < 2.196.480 < 1.848.000$$
$$4,50 x_1 + 4,68 x_2 + 4,68 x_3 < 1.098.240 < 924.000$$

Condiții restrictive:

$$x_1 \geq 35.000$$

$$x_2 > 12.000$$

$$x_3 \geq 25.000$$

Funcția obiectiv:

$$F(x)_{\max} = 29,06 x_1 + 29,26 x_2 + 31,22 x_3$$

Linia de capace rulment

$$5,72 x_1 + 6,07 x_2 + 7,23 x_3 < 1.128.192 < 949.200$$
$$1,72 x_1 + 1,72 x_2 + 1,72 x_3 < 1.128.192 < 949.200$$
$$1,13 x_1 + 1,14 x_2 + 1,14 x_3 < 1.128.192 < 949.200$$

Condiții restrictive:

$$x_1 \geq 35.000$$

$$x_2 > 12.000$$

$$x_3 > 25.000$$

Funcția obiectiv:

$$F(x)_{\max} = 8,57 x_1 + 8,93 x_2 + 10,09 x_3$$

Soluțiile determinate cu ajutorul unui calculator IRIS 50 evidențiază următoarele valori pentru  $x_1$ ;  $x_2$ ;  $x_3$  raportate la fondul tehnic de lucru și respectiv fondul de regim de lucru anual.

	<u>Fond tehnic de lucru anual</u>	<u>Fond de regim de lucru</u>
<u>Linia de carcase</u>		
$x_1$	0	35.000
$x_2$	0	12.000
$x_3$	90.983	32.193



	<u>Fond tehnic de lucru anual</u>	<u>Fond de regim de lucru</u>
<b>Linia de rețoare</b>		
$x_1$	133.506	56.279
$x_2$	0	12.000
$x_3$	0	25.000
<b>Linia de scuturi</b>		
$x_1$	0	35.000
$x_2$	89.360	13.218
$x_3$	0	25.000
<b>Linia de capace salment</b>		
$x_1$	197.236	121.610
$x_2$	0	12.000
$x_3$	0	25.000

Funcțiile obiectiv pentru sarcinile de plan evidențiază următoarele valori pentru:

- Linia de capace

$$8,57 \times 35.000 + 8,93 \times 12.000 + 10,09 \times 25.000 = 659.360$$

- Scuturi

$$29,06 \times 35.000 + 29,26 \times 12.000 + 31,22 \times 25.000 = 2.148.720$$

- Rotoare

$$41,13 \times 35.000 + 45,98 \times 12.000 + 52,56 \times 25.000 = 3.305.310$$

- Carcase

$$51,13 \times 35.000 + 52,76 \times 12.000 + 57,00 \times 25.000 = 3.847.670$$

Analiza variației coeficientului de încărcare pentru cele 4 linii (anexa 12) evidențiază faptul că deși nu se pun nici un fel de condiții restrictive care să limiteze fabricarea diferitelor produse (limitări care au loc datorită sarcinilor de plan) încărcarea liniilor oscilează între 49,9% pentru linia de capace respectiv 79,4 la linia de scuturi, impunându-se și condiții restrictive de realizarea unui sortiment - coeficientul de încărcare scade cu circa 12-17 la sută, față de varianta maximă. Ceea ce rezultă pregnant din calculul încărcării liniilor, este faptul că varianta determinată cu ajutorul calculatelor pentru valori ale lui  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  care țin seama de condițiile restrictive impuse de nominalizarea sarcinilor de plan pe grupe de mașini electrice și raportate la fondul de regim de

lucru anual în 3 schimburi lucrătoare conduc la obținerea unor înălțări superioare variantei stabilite în condițiile cifrelor de plan. Astfel, comparativ pentru linia de carcasa înălțarea crește cu 6%, rotoare 14%, capace 26%.

Evident linia de carcasa complexă din punct de vedere al prelucrărilor mecanice s-a folosit la limita superioară a posibilităților oferite de utilajele din această linie. Solicitățile sperite ale economiei naționale privind metodele electrice a determinat întreprinderea de a realiza o nouă linie de prelucrare a carcaselor.

Considerând nivelul realizărilor de plan al unui an anterior anului 1979 la metodele electrice din gabaritul 5, 6, 7 drept condiții restrictive:  $x_1 \geq 35.000$  buc;  $x_2 \geq 12.000$  buc.;  $x_3 \geq 25.000$  buc., soluțiile determinate cu ajutorul calculatorului au condus la posibilitatea unui volum suplimentar de producție de circa 57 milioane lei, volum rezultat din diferența de capacitate a liniei de a putea prelucra 32.193 carcasa față de 25.000 buc. realizate. Aceasta în condiții în care restul liniilor de fabricație aveau rezerve mult mai mari (linia de rotoare 93.279 buc., comparativ cu 75.000 buc. realizate, sau alinierea liniei de senturi cu investiții minime la noul nivel).

Elaborarea unui program de producție pentru reperele importante ce intră în structura unui motor electric în vederea satisfacerii planului de montaj, acoperirii capacității atelierelor, poate constitui de asemenea o aplicație a programării liniare. Modelele matematice trebuie să țină seama de planul de producție, stocul de repere actualizat cu realizările zilei precedente, de priorități externe date prin plan și priorități de flux determinate de starea reperelor pe fluxul tehnologic.

Considerând  $P_k$  - motorul electric care se programează, pentru a cărui asamblare sînt necesare de pildă 10 subansamble, din care 5 importante (pentru care se elaborează program zilnic de producție și pe baza cărora se elaborează programul zilnic de montaj) precum și următoarea descompunere în subansamble ale motorului  $P_k$ , se poate scrie:

$X_0$	$V_{00}$	$k_0$
$X_1$	$V_{01}$	$k_0$
$X_2$	$V_{02}$	$k_0$
$X_3$	$V_{03}$	$k_0$
$X_4$	$V_{04}$	$k_0$
$X_5$	$V_{05}$	$k_0$
$X_6$	$V_{06}$	$k_0$
$X_7$	$V_{07}$	$k_0$
$X_8$	$V_{08}$	$k_0$
$X_9$	$V_{09}$	$k_0$

unde:  $X_{ijk}$  au semnificația următoare:

$i$  - tip reper (0,1,...,9)  
 mulțimea  $\mathcal{H} = (1,3,4,5,6,7,8,9)$

$j$  - varianta la reperul respectiv (0 - 999)

$\mathcal{M} = (0,1,...,999)$

$k$  - numărul motorului

- $N_{i_0}, j_0, k$  - necesarul de repere de tip  $i_0$  de varianta  $j_0$  de la motorul  $k$  din plan comenzi;
- $S_{i_0}, j_0$  - stocul existent la tipul de reper  $i_0$  de varianta  $j_0$ ;
- $T_{i_0}', T_{i_0}'', T_{i_0}'''$  - timpul (in ore) ce poate fi afectat operației ('), (") sau (""') pentru reperele de tip  $i_0$ ;
- $C_{1j}', C_{1j}'', C_{1j}'''$  - productivitatea la operația ('), ("), (""') pentru tip reper  $i$  varianta  $j$ .

a) Restricțiile de care trebuie să țină seama modelul matematic vizează planul și stocul existent în momentul programării, cele de capacitate. Astfel restricțiile de plan-stoc prezintă o însumare a tuturor reperelor la nivel de același tip, reper în varianta reper fixată, termenul liber fiind determinat de diferența în sumă a necesarului la nivel de fiecare reper scris în însumare și stocul existent la reperul respectiv.

Rezultă următoarea inegalitate:

$$\sum_{i=i_0, j=j_0, k=k_0}^{k_e} X_{ij_0k_0} \leq \sum_{i=i_0, j=j_0, k=k_0}^{k_e} N_{ij_0k_0} - S_{i_0j_0}$$

$i_0 \in \mathcal{H}, j_0 \in \mathcal{H}, k_0 \dots k_l \in \mathcal{D}$

• / •

unde mulțimea  $K_0, \dots, K_1$  depinde de tipul notelor alese la momentul respectiv.

b) La nivel de tip reper 2 se cunoaște stocul existent pentru fiecare variantă. Se impune a nu se programa cantitativ peste acest stoc. Din notele alese pentru programare se rețin cele care au aceeași variantă la nivel de tip reper 2 iar însumarea necunoscuteleor la nivel de tip reper 1 și varianta respectivă constituie restricții cadru.

$$\sum_{i=1, j=j_0, k=k_0}^{j_m k_n} X_{ijk} \leq S_{2j_p}$$

$j \in \mathcal{H}, k_0 \dots k_n \in \mathcal{D}$

cu proprietatea că au aceeași variantă  $v_{02}$  în structura lor.

$$j_p \text{ fixat}$$

$$j_p \in \mathcal{H}$$

c) Pentru asigurarea completării programului de repere la nivelul tipurilor de repere 3,4,5,6,7,8,9 se propune a se programa cel puțin cantitatea ce se obține în urma programării reperului 1.

Rezultă următoarele inegalități:

$$\sum_{i=3, j=j_0, k=k_0}^{j_m k_n} X_{3jk} - \sum_{i=3, j=j_e, k=k_0}^{k_n} X_{ije k} \geq 0$$

cu proprietatea că au același  $j_0$  la nivel de tip reper 1.

$$\sum_{i=4, j=j_0, k=k_0}^{j_m k_n} X_{4jk} - \sum_{i=1, j=j_e, k=k_0}^{k_n} X_{ije k} \geq 0$$

-----  $j_e$  fixat

$$\sum_{i=9, j=j_0, k=k_0}^{j_m k_n} X_{gjk} - \sum_{i=1, j=j_e, k=k_0}^{k_n} X_{ijek} \geq 0$$

$j_e$  fixat

d) Pentru fiecare tip reper se execută un anumit număr de operații care determină restricțiile de capacitate.

Rezultă inegalitățile:

$$\sum_{i=10, j=j_0, k=k_0}^{j_m k_n} C'_{ij} X_{ijk} \leq T'_{i_0}$$

$i$  fixat  $j_0, j_n \in \mathcal{M}, k_0, k_n \in \mathcal{D}$

$$\sum_{i=10, j=j_0, k=k_0}^{j_m k_n} C''_{ij} X_{ijk} \leq T''_{i_0}$$

analog pentru tip reper: 3, 4, 5, 6, 7, 8 și 9.

Se definesc 3 funcții obiectiv:  $Z_1, Z_2, Z_3$

$$Z_1 = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=j_0, k=k_0}^{j_m k_n} a_{ik} X_{ijk}$$

unde coeficienții  $a_{ik}$  se determină funcție de prioritate și cantitate de repere necesară în urma descompunerii notecarelor electrice în subansamble.

$$Z_2 = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=j_0, k=k_0}^{j_m k_n} b_{ik} X_{ijk}$$

unde coeficienții  $b_{jk}$  = prioritate

$$Z_3 = \sum_{i=1}^9 \sum_{j=j_0, k=k_0}^{j_m, k_n} d_{ik} X_{ijk}$$

unde  $d_{jk}$  = productivitatea pentru motorul  $k$ .

Observația: pentru cele 3 funcții avem:

$$b_{1k} = b_{3k} = b_{4k} = b_{5k} = b_{6k} = b_{7k} = b_{8k} = b_{9k} ;$$

$$a_{1k} = a_{2k} = a_{4k} = a_{5k} = a_{6k} = a_{7k} = a_{8k} = a_{9k} ;$$

$$d_{1k} = d_{2k} = d_{4k} = d_{5k} = d_{6k} = d_{7k} = d_{8k} = d_{9k} .$$

Pentru asamblarea unui motor electric se consideră tipurile de reper 1,3,6,7 și 8 ca prioritate în procesul de montaj în condițiile menținerii notațiilor privind programarea fabricației reperelor mașinilor electrice.

Montajul unui anumit motor presupune existența unei cantități diferită de zero pentru fiecare reper prioritar.

a) Primul tip de restricții este:

$$X_{1j_1k_0} - X_{3j_3k_0} = 0$$

$$X_{3j_3k_0} - X_{6j_6k_0} = 0$$

$$X_{6j_6k_0} - X_{7j_7k_0} = 0$$

$$X_{7j_7k_0} - X_{8j_8k_0} = 0$$

pentru toate motoarele  
alese  $k_0, \dots, k_n \in D$

b) Restricțiile de plan:

$$\sum_{i=1, j=j_i, k=k_0}^{k_e} X_{ijk} < S_{ij_i} + P_{ij_i}$$

$$\sum_{i=8, j=j_8, k=k_0}^{k_e} X_{8j_8 k} \leq S_{8j_8} + P_{8j_8}$$

unde  $S_{1j_1}, \dots, S_{8j_8}$  reprezintă stocul de repere existent iar  $P_{1j_1}, \dots, P_{8j_8}$  cantitatea programată de repere pe care se poate conta la montaj.

e) Restricția de capacitate:

$$\sum_{i=1, j=j_0, k=k_0}^{j_m k_e} C_k X_{1j k} \leq T$$

unde  $C_k$  - productivitatea la montaj pentru tipul de motor  $k$ .

Deoarece în fluxul de montaj se impune a nu intra repere (determinate de variabilă de tip reper 1) care să depășească nivelul planificat (respectiv planificat - realizat de la începutul lunii) rezultă restricțiile ce se impun asupra variabilelor:

$$X_{1j_0 k_0} < P_{k_0}$$

$$X_{1j_e k_e} < P_{k_e}$$

unde  $P_{k_0}, \dots, P_{k_e}$  - cantitatea ce mai rămâne de planificat.

Funcția obiectiv are forma:

$$z_1 = \sum_{i=1, j=j_0, k=k_0}^{j_m k_e} P_k X_{ijk}$$

unde  $P_k$  - productivitatea la motorul  $k$  pentru montaj.



Inexistența unei baze de date, ce include fișiere de plan, nomenclator - stoc rezerve, operații tehnologice, etc., nu a permis aplicații la modelele matematice elaborate. Ulterior, o colaborare între Întreprinderea ELECTROMOTOR și Centrul de calcul, în domeniul programării producției a confirmat posibilitățile oferite de modelele matematice menționate. Evident volumul mare de muncă a fost afectat în direcția creării bazei de date în sistem batch, conversational - local și prin teletransmisie, exploatarea fișierelor, crearea fișierului de intrare în programul de optimizare, etc. aplicații a căror rezultate sînt determinate însă de modul de întocmire a "Raportelor zilnice de producție" pentru rezerve și produse, pe baza cărora se actualizează fișierele de bază în vederea elaborării programelor de producție curent și de actualizarea în general a fișierelor.

Aplicarea programării liniare în vederea alegerii unei variante optime de producție evidențiază posibilități privind:

- încălzirea rațională a șestrei tehnice cu care este dotată întreprinderea, respectiv folosirea judicioasă a mașinilor și utilajelor din liniile de fabricație, în cazul de față creșterea gradului de încălzire cu valori între 6 - 26 la sută;

- localizarea strângărilor, a locurilor înguste, în primul rînd prin compararea încălcării diverselor linii de fabricație ce concurează la realizarea produsului, iar în cadrul liniilor pentru fiecare mașină. Din punct de vedere matematic aceasta înseamnă că sistemul de restricții este incompatibil, incompatibilitate ce apare în ecuația în care structura mașinilor nu asigură realizarea reperului;

- obținerea unei producții suplimentare fără a utiliza fonduri din investiții în vederea construirii de noi spații de producție și achiziționarea de utilaje;

- creșterea producției ce se poate obține pe seama unor cheltuieli minime prin stabilirea exactă a locurilor înguste și procurarea de utilaje pentru alinierea capacității la nivelul cerințelor.

Algoritmul de calcul stabilit permite aplicarea programării liniare ori de câte ori este necesară modificarea sarcinii de plan în funcție de cerințe, cu condiția actualizării permanente a bazei de date privind tehnologia de fabricație (figura 2).

Soluția propusă de realizare a arborilor prin forjare de precizie, asigură pe lângă o creștere a rezistenței și cost redus al sculelor, o economie de metal în funcție de forma geometrică a arborelui (anexa 13). Calculul consumului de metal efectuat pentru cele trei tipuri de motoare electrice reprezentative evidențiază următoarele:

T 1 2	Consum pentru execuție prin aşchiere-kg	Consum pentru execuție prin forjare-kg	Coeficient de utilizare a metalului	
			Aşchiere	Forjare
B3 160	13,07	10,68	0,697	0,853
B3 180	18,54	11,42	0,527	0,855
B3 200	25,64	19,41	0,671	0,886

Consumul calculat în varianta forjată este cu 19 până la 38 la sută mai mic decât în cazul variantei în execuție prin aşchiere în funcție de forma constructivă a arborelui. Calculul reflectă avantajul execuției prin forjare paralel cu reducerea timpului de prelucrare prin aşchiere a unui material ce se transformă în span. La nivelul planului din anul 1979 economia de metal pe cele trei tipuri reprezentative însumează 500 tone metal, respectiv aproximativ 5.000.000 lei economii la prețul de cost și respectiv eliberarea unor capacități de aşchiere. De asemenea, valoarea coeficientului de utilizare a metalului în varianta forjată este în concordanță cu sarcinile de partid și de stat privind utilizarea rațională a materiilor prime în general și a metalului în deosebi.

O sursă foarte importantă de reducere a consumului de metal e constituie actualul mod de utilizare a tablei silicioase, utilizare care poate fi îmbunătățită. În prezent cele două Combinate siderurgice din Galați și Tirgoviste furnizează tabla silicioasă la lățimea de 1 metru. Pentru a putea fi utilizată la presele cu avans automat, pentru decuparea tolelor, tabla se debitează în fișii de lățimi variabile cu anumite toleranțe.

## Date primare de intrare

Matricea formată din  
timpii tehnologici de  
prelucrare a reperelor

$$\sum_{j=1}^n X_j \cdot t_{ij}$$

Condiții restrictive

de timp

de plan

$< F_T$

$< F_L$

$X_i \geq 0$

$X_j \geq b_j$

Funcția economică

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j \cdot X_j$$

de maximizat

Program de optimizare folosind metoda Simplex  
(OPALINE) din Biblioteca științifică  
a calculatorului IRIS-50

Soluție optimă pentru fondul  
tehnic de lucru fără  
restricții de plan  $< F_T$  și  $X_j \geq 0$

Soluție optimă pentru fondul  
de regim de lucru  
și fără restricții de plan  
 $< F_L$  și  $X_j \geq 0$

Soluție optimă pentru fondul  
de regim de lucru  
cu condiții restrictive de timp  
și plan  $< F_L$  și  $X_j \geq b_j$

Calculul coeficientului de încărcare

$$K = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot X_j}{\sum_{i=1}^m t_i}$$

Coeficientul de încărcare  
pentru cele 4 linii de fabricație

- carcasă
- rotoare
- suturi
- impune

$$L < 150 \text{ mm} \begin{matrix} 0 \\ + 0,3 \end{matrix}$$

$$500 > L > 150 \text{ mm} \begin{matrix} 0 \\ + 0,5 \end{matrix}$$

Lățimile utilizate pentru decuparea tolelor la motoarele electrice din gabaritele analizate sînt:

$$200 - 250 \quad L = 310 \text{ mm}$$

$$180 \quad L = 273 \text{ mm}$$

$$160 \quad L = 250 \text{ mm}$$

Combinățiile de eroare sîndu în cazul optim la o pierdere de 7 la sută, ceea ce echivalează la un censum de 25.000 tone la o pierdere de 1.750 tone respectiv 19.000.000 lei . În condiții concrete cerințele planului lunar nu coincid cu planul de eroare optimizat, pierderile efective fiind mult mai mari. Ca o soluție, se cere a fi impusă furnizorilor livrarea benzilor de tablă silicioasă la dimensiuni care să permită utilizarea lor direct la presele existente în dotarea întreprinderii Electromotor. Mai mult, furnizorii au posibilitatea de a combina dimensiunile de debitare care să le asigure o folosire rațională a benzilor din fabricația curentă, știind că acestea se livrează și altor întreprinderi care execută motoare electrice și care înregistrează aceleași pierderi.

Asupra modului de rezolvare adoptat de întreprindere privind deficitul de capacitate pentru execuția carcaselor se pot face unele aprecieri legate în special de perspectiva imediată. Desigur, caracteristicile constructive ale liniei automate de prelucrare complexă a carcasei din fontă pentru gabaritele 160-225, performanțele realizate, atestă calități deosebite atât a grupei de concepție cit și a celei de execuție din cadrul întreprinderii.

Linia constituie o premieră în acest sens. Proiectarea și execuția acesteia au fost impuse atât de creșterile substanțiale de producție cit și de faptul că efortele străine pentru livrarea unei asemenea linii impuneau un efort valutar deosebit. Cu toate acestea, nu era lipsit de interes, cel puțin în prima etapă, un studiu privind rezervele din liniile de execuție existente iar pentru operațiile strangulate, folosirea de centre de

prelucrare sau execuția unor mașini specializate. Adică o reevaloare a utilajelor în ideea să se asigure o flexibilitate în fabricația de motoare electrice. Flexibilitatea în execuție constituie în prezent o preocupare de prim rang. Odată cu cerința creșterii nivelului tehnic al mașinilor electrice, apare și cerința unei mai largi diversificări ținând seama de utilizarea și funcționalitatea acestora sau chiar trecerea la alte produse. Aceasta înseamnă că trebuie să existe o mai mare flexibilitate în desfășurarea procesului de fabricație.

În acest sens, o analiză privind evoluția mecanizării și automatizării procesului de prelucrare și adaptabilitatea liniei automate de prelucrare carcaselor la alte repere, poate asigura o însușire rapidă a fabricației de noi produse, în concordanță cu cerințele viitoare.

## C A P I T O L U L 4

### PROGRAMAREA OPERATIVA

#### 4.1. CALCULUL LOTULUI OPTIM

##### CONSIDERATIUNI GENERALE ASUPRA MARIMII LOTULUI

In accepțiunea generală prin lot se înțelege cantitatea de obiecte identice ale muncii, lansate simultan sau succesiv în fabricație, care se prelucrează neîntrerupt la același loc de muncă și căruiia îi este necesar un singur timp de pregătire-încheiere a fabricației. De altfel, lotul optim de fabricație reprezintă principalul parametru al programării operative în funcție de acesta stabilindu-se durata ciclului de fabricație, perioada de repetare a loturilor și stocurile de producție neterminată.

Optimizarea programării operative este determinată în primul rând de precizia calculului privind stabilirea mărimii optime a lotului de fabricație. Acest fapt conferă lotului caracterul de parametru sintetic atât datorită influenței asupra unui mare număr de factori ai procesului de producție cât și condiționării gradului de folosire a mijloacelor de producție, a forței de muncă, în general asupra eficienței economice.

Factorii care influențează asupra lotului de fabricație sînt multipli, caracterizați ca mărimi complexe și variabile, imprimîndu-i acestuia un caracter dinamic. Dintre principalii factori care acționează din afara întreprinderii se pot aminti: volumul de producție planificat din fiecare sortiment, termenele de livrare a produselor, modul de aprovizionare, nivelul cooperării. Factorii interni ai întreprinderilor vizează: complexitatea constructivă a produselor, gradul de dotare tehnică, procesul tehnologic. Dintre factorii de natură organizatorică și financiară se pot enumera: Nivelul de organizare a producției și a muncii, metode folosite în programarea operativă, mijloacele circulante puse la dispoziția întreprinderii, pierderile cauzate de imobilizarea mijloacelor circulante etc.

Există însă un antagonism între influența factorilor. Astfel, în timp ce factorii de natură tehnică, organizatorică, acționasă în sensul măririi lotului de fabricație, cei financiari în direcția micșorării. Acest lucru, evident, impune un studiu analitic al principalilor factori care acționează în fiecare perioadă în cadrul întreprinderii în vederea stabilirii unei soluții optime.

Acest lucru implică luarea în calcul, cu prilejul determinării lotului optim, a principalilor factori care acționează în cadrul întreprinderii. Din totalitatea acestor factori se evidențiază pregnant, prin particularitățile sale, procesul tehnologic de producție și care prin implicațiile pe care le generează influențează nemijlocit factorii de natură organizatorică și financiară. În literatura de specialitate aspectele condiționate de natura procesului tehnologic sînt insuficient tratate și tocmai de aceea, contribuțiile aduse de prof.dr.ing. Tudor Homoș de la Institutul Politehnic București în acest domeniu, cu referiri la necesitatea luării în considerare, la determinarea lotului optim, a legii de variație a cheltuielilor angajate în producția neterminată, a formelor de organizare a procesului de producție au stat la baza stabilirii lotului optim în cazul fabricației mașinilor electrice din gabaritul 160-180-200.

#### 4.2. MODELE MATEMATICE SI DETERMINAREA MARII LOTURILOR OPTIME

Esența rezolvării matematice a problemei lotului optim constă în stabilirea funcției după care variază diversele cheltuieli ocazionale de fabricarea produsului, în raport cu numărul din lot. În toate cazurile se calculează după criteriul prețului de cost minim.

Din ecuația simplificată a cheltuielilor anuale

$$Y = N \cdot p. + b \frac{N}{n} + \frac{K}{2} p \quad (4.1)$$

prin diferențiere în raport cu "n"

$$Y' = - \frac{b \cdot N}{n^2} + \frac{K}{2} \quad \text{se obține:}$$

. / .



$$n_{optim} = \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot N}{p \cdot \varepsilon}} \quad (4.2)$$

Un alt model simplificat de determinare a mărimii lotului care ia în considerare și cheltuielile de depozitare a produselor finite este dat de relația

$$Y = N \cdot p + b \cdot \frac{N}{n} + \frac{n}{2} (p \cdot \varepsilon + d) (1 - \nu) \quad (4.3)$$

$$n_{optim} = \sqrt{\frac{2bN}{(p \cdot \varepsilon + d)(1 - \nu)}} \quad (4.4)$$

În acest model cheltuielile pentru dobînsi și depozitare se diminuează cu factorul  $(1 - \nu)$  deoarece după lansarea unui lot intrarea produselor în magazie este redusă cu livrările efectuate. Ambele relații nu țin seama de corelarea loturilor de producție cu loturile de aprovizionare și sînt indicate a se folosi în cazul fabricării unui produs cu o singură fază.

Deși în practica curentă se folosesc loturi unitare pentru diversele repere ce constituie ansamblul general, există stocuri intermediare datorită timpilor diferiți de preluorare pe fiecare mașină. În aceste condiții, cheltuielile anuale din care se deduce mărimea lotului optim este dată de relația

$$Y = \underbrace{N p_i + \frac{N}{n} \sum_{i=0}^I b_i}_A + \underbrace{\frac{n}{2} \sum_{i=0}^I (p_i \cdot \varepsilon + d_i) (V_i - V_{i+1})}_B \quad (4.5)$$

**A** = cheltuieli anuale de pregătire pentru toate fazele de producție;

**B** = cheltuieli cu dobînsi și depozitare pentru stecul de materii prime, pentru stecurile de acumulare și de așteptare dintre fazele de producție ca și pentru stecul de produse finite;

$N_{pi}$  = cheltuieli totale anuale proporționale de producție;

**i** = fazele de producție.

$$n_{optim} = \sqrt{\frac{2NE \cdot b_i}{\sum (p_i \cdot \varepsilon + d_i) (V_i - V_{i+1})}} \quad (4.6)$$

ecuație care cuprinde toate imobilizările ce se produc în cadrul procesului de producție și anume: stocul de materii prime, pentru stocurile de acumulare și de așteptare dintre fazele tehnologice, ca și pentru stocul de produse finite.

În modelele expuse:

- b = reprezintă cheltuielile de pregătire pe un lot (lei);
- N = numărul anual și unități fizice (UL/an);
- p = cheltuieli pe unitatea de produs (lei/UL);
- = dobânda calculată asupra fondului imobilizat în stocuri (lei/leu, an);
- d = cheltuieli de depozitare pe o unitate de produs și pe an (lei/UL, an);
- V = raportul dintre ritmul mediu de desfacere și ritmul mediu de producție;
- Y = cheltuieli totale anuale (lei, an);
- n = mărimea lotului (UL)

Alți autori recomandă și alte formule mai simple cum ar fi relația lui Adler, P.Harrisson, care sînt relații aproximative iar calculul lotului determină unele estimări și în mod deosebit nu țin seama de procesul tehnologic care condiționează, în ultimă instanță, factorii de natură organizatorică și financiară.

#### 4.3. DIMENSIUNILE LOTULUI, RELATIILE DE CALCUL ADOPTATE DE ÎNTRĂPRINDEREA "ELECTROMOTOR"

Relația de calcul

$$n_{\text{optim}} = \sqrt{\frac{2b \cdot N}{p}} \quad (4.7)$$

folosită este recomandată pentru piese mărunte executate pe mașini de mare productivitate (strunguri revolver, automate, prese), relația care nu ține seama de complexitatea reală a calculului pentru stabilirea lotului optim, mărime care de altfel, calculată, nu a servit niciodată la lansarea în fabricație a mașinilor electrice, care se face după un program lunar corelat cu termenele contractuale. Lotul astfel determinat a permis numai stabilirea ciclului de fabricație, respectiv nivelul normativelor.

#### 4.4. CALCULUL LOTULUI OPTIM. RELATIILE DE CALCUL PROPUSE

Criteriul economic care stă la baza determinării lotului optim este minimul cheltuielilor de producție distingându-se cheltuieli dependente și independente de lotul de fabricație.

Cheltuielile independente de mărimea lotului de fabricație se calculează cu ajutorul relației,

$$Y_1 = e_m + e_p \quad \text{lei/buc.} \quad (4.8)$$

unde:

- $e_m$  - costul obiectului muncii pînă la intrarea lotului în stadiul respectiv de prelucrare, în lei/buc.;
- $e_p$  - cheltuieli de prelucrare în lei/buc. cuprinde și cheltuielile cu întreținerea și funcționarea utilajului, cheltuielile indirecte ale secțiilor și sînt date de relația

$$C_p = \left(1 + \frac{R_f}{100}\right) \sum_{i=1}^K \frac{t_{ui}}{60} S_{mi} \quad (4.9)$$

unde:

- $t_{u1}$  - timpul unitar normat pentru fiecare operație (i),  
în min/buc.;
- $S_{m1}$  - salariul tarifar al muncitorilor;
- $R_f$  - regia de fabricație a secției, în %;
- $K$  - numărul de operații conform procesului tehnologic.

Cheltuielile dependente de mărimea lotului de fabricație includ:

- a) cheltuieli cu pregătirea-încheierea fabricației și pregătirea administrativă a lansării lotului.

Se calculează în lei/lot după relația:

$$B = \left(1 + \frac{P}{100}\right) \sum_{i=1}^K \frac{t_{pi}}{60} m_i \cdot S_{ri} \quad (4.10)$$

unde:

- $t_{pi}$  - timpul necesar pentru pregătirea-încheierea lucrărilor la fiecare operație;
- $m_i$  - numărul de mașini care participă la prelucrarea pieselor din lot;

$a_{21}$  - salariul muncitorilor conform categoriei de încadrare a lucrătorilor de pregătire-încheiere a fabricației, în lei/oră;

p - procent reprezentând cheltuielile cu pregătirea administrativă a lansării lotului.

b) Cheltuieli de întreținere a utilajului. Se calculează în lei/lot cu ajutorul relației:

$$C = \sum_{i=1}^K \frac{t p_i}{60} m_i \cdot a_i \quad (4.11)$$

unde:

$a_1$  - reprezintă cota orară a acestor cheltuieli.

Dacă se notează  $D = C + B$  cota cheltuielilor din categoriile a) și b) pe unitatea de produs este:

$$Y_2 = \frac{D}{n} \quad (4.12)$$

unde:

n - reprezintă mărimea lotului de fabricație.

Cheltuielile legate de imobilizarea mijloacelor circulante variază direct proporțional cu majorarea lotului de fabricație.

Cota aferentă pe unitate de produs din cheltuielile referitoare la imobilizarea mijloacelor circulante se obține raportând pierderile anuale U la volumul anual de produse (N).

$$Y_3 = \frac{U}{N} \quad (4.13)$$

U fiind determinat cu ajutorul relației:

$$U = (An + D) \varphi \cdot \frac{T_c}{F_n} L \cdot \varepsilon \quad (4.14)$$

în care:

$V = An + D$ , reprezintă volumul total de mijloace circulante necesare prelucrării unui lot - lei/lot;

- coeficient care ține seama de modul cum variază cheltuielile angajate în producția neterminată în decursul ciclului de fabricație;

$T_c$  - durata ciclului de fabricație;

L - numărul de loturi ce trebuie lansate în decursul anului

$F_n$  - fondul nominal anual de timp, h/an;

-

$\varepsilon$  - coeficientul cu ajutorul căruia se determină pierderea în lei, la un leu - an mijloace circulante imobilizate.

Numărul anual de loturi  $L$  se determină cu relația

$$L = \frac{F}{R} \text{ loturi/an} \quad (4.15)$$

înlocuind în relația pierderilor anuale se obține:

$$U = (A \cdot n + D) \cdot P \cdot Z \cdot \varepsilon \quad (4.16)$$

unde:

$$\frac{T_0}{R} = Z$$

Cota aferentă pe unitățile de obiect al muncii din aceste pierderi va fi:

$$Y_3 = \frac{n \cdot A \cdot P \cdot Z \cdot \varepsilon}{N} + \frac{D \cdot P \cdot Z \cdot \varepsilon}{N} \quad (4.17)$$

Expresia analitică a cheltuielilor totale de producție ocazionale de fabricarea unui obiect al muncii se obține însumând cheltuielile:

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3$$
$$Y = A + \frac{D}{N} + n \frac{A \cdot P \cdot Z \cdot \varepsilon}{N} + \frac{D \cdot P \cdot Z \cdot \varepsilon}{N} \text{ lei/buc.} \quad (4.18)$$

Din studiul acestei funcții și mai precis a punctelor extreme ale funcției  $Y = f(n)$ , pentru minimumul funcției se obține:

$$n = n_0 \sqrt{\frac{N \cdot D}{A \cdot P \cdot Z \cdot \varepsilon}} \text{ buc.} \quad (4.19)$$

În condițiile unei fabricații uniforme în decursul anului, cazul producției de mașini electrice - expresia reprezintă cea mai generală relație de calcul a mărimii optime a lotului de fabricație. Pornind de la această relație și făcând anumite ipoteze privind determinarea coeficienților ce intră în formulă, se obține o serie de relații particulare pentru calculul mărimii optime a lotului de fabricație și valabil în condiții specifice de producție.

Coefficientul  $\varphi$ , determină volumul mediu de mijloace circulante angajate în decursul ciclului de fabricație. Corectarea volumului total de mijloace circulante se impune deoarece angajarea mijloacelor circulante se face treptat de la o valoare inițială  $n \cdot c_m = 0$  până la valoarea finală  $V = A \cdot n + D$ , după legea de variație specifică procesului tehnologic.

Coefficientul  $\varphi$  se determină raportînd aria  $S_h$  ce reprezintă angajarea reală a mijloacelor circulante la aria  $S_t$  (DABC) care ar reprezenta antrenarea tuturor cheltuielilor de producție  $V$ , chiar din momentul începerii ciclului de fabricație (figura 3).

$$\varphi = \frac{S_h}{T_0 \cdot V} \quad (4.20)$$

Stabilirea relației generale de calcul al coeficientului  $\varphi$  ca o funcție de mărimea lotului, în cazul de față aceasta fiind variabilă necunoscută, implică cunoașterea legii de variație a cheltuielilor angajate în producția neterminată. În practică, stabilirea funcției analitice a cheltuielilor angajate în producția neterminată și asimilarea într-una din formulele clasice întîmpină numeroase dificultăți. Aceasta deoarece dotarea tehnică și procesul tehnologic utilizat au o structură deosebit de complexă în condițiile producției moderne. Pentru simplificare, cheltuielile aferente producției neterminate se consideră că respectă legea de variație uniformă (figura 5a).

Relația analitică de calcul a coeficientului  $\varphi$  are în acest caz următoarea expresie:

$$\varphi = \frac{1}{2} \cdot \frac{n(c_m + A) + D}{A \cdot n + D} \quad (4.21)$$

Cu cît durata ciclului de fabricație și cheltuielile sînt mai mari iar procesul tehnologic mai complex, cu atît este mai necesar să se determine pentru fiecare Sepex, subansamblu și produs în parte coeficientul  $\varphi$ . Este de reținut că valoarea acestui coeficient nu este influențată de lotul de fabricație și nici de formulele de organizare în timp și spațiu, ci numai de procesul tehnologic adecvat se poate stabili coeficientul  $\varphi$  prin reprezentare grafică la scară a cheltuielilor și măsurînd suprafețele respective, adică  $S_h$  și  $S_t$ . Lotul se determină în acest caz din relația generală.

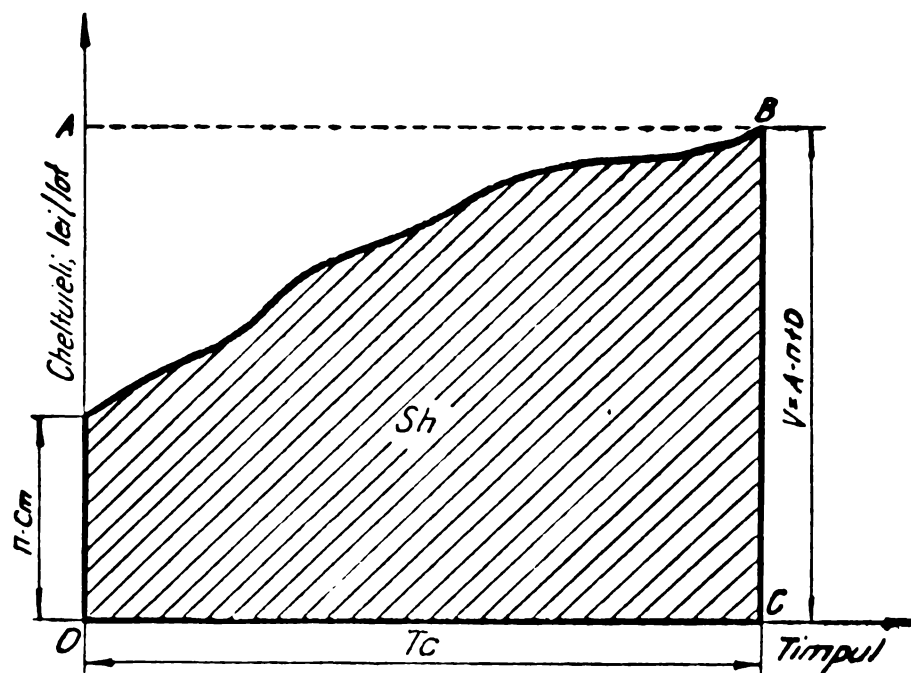


fig. 3  
 Variația neuniformă a mijloacelor circulante angajate  
 în decursul ciclului de fabricație,

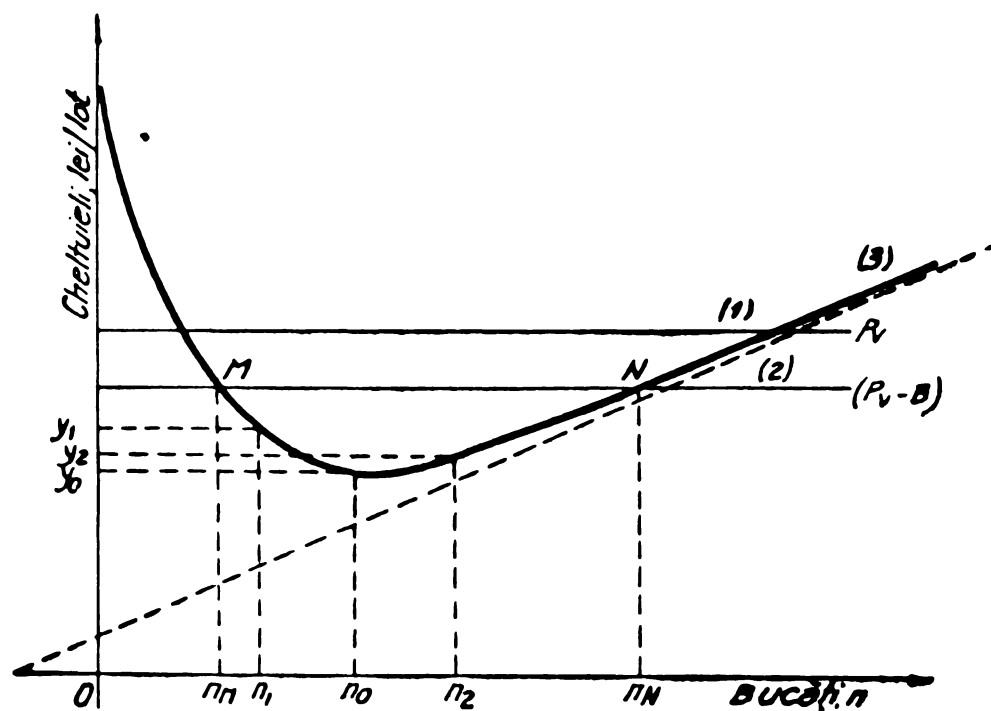


fig. 4  
 Variația cheltuielilor de fabricație pe unitatea de obiect  
 al muncii în funcție de mărimea lotului de fabricație.



**Coefficientul  $\epsilon$ .** Eficiența economică considerată prin prisma economiei naționale se regăsește în calculul lotului prin intermediul acestui coeficient. Cu ajutorul lui se determină pierderea în lei pe care o suportă economia datorită imobilizării în procesul de producție a volumului mediu de mijloace circulante puse la dispoziția întreprinderii, pierdere direct proporțională cu intervalul de timp la care se referă blocarea volumului mediu de mijloace circulante. Până în prezent nu există nici o reglementare financiară în vigoare, în practica curentă se adoptă valori ale lui  $\epsilon$  cuprinse între 0,01 și 0,25 ceea ce, evident, nu asigură aplicarea unitară a conceptului de eficiență.

**Coefficientul  $\zeta$ .** Prin coeficientul  $\zeta$  se ia în considerare influența procesului tehnologic și a modului său de organizare. Totodată acest coeficient permite să se țină seama de condițiile concrete de producție ale volumului real de mijloace circulante și de pierderile bănești cauzate de imobilizarea acestora.

Coefficientul este determinat de raportul:  $\zeta = \frac{T_0}{R}$

care prin conținutul său exprimă numărul mediu de loturi aparținând acelorași obiecte ale muncii ce se găsesc simultan în fabricație. Se deosebesc următoarele cazuri:

$$a) T_0 < R \quad b) T_0 = R \quad c) T_0 > R$$

căroră le corespund următoarele valori ale lui  $\zeta$ :

$$\zeta < 1 ; \quad \zeta = 1 \quad \zeta > 1$$

Sistematic aceste cazuri sînt prezentate în figura 5.

După cum se vede, pe măsură ce în fabricație se găsește simultan un număr mediu de loturi mai mare, restul condițiilor rămînd neschimbate, volumul mediu al mijloacelor circulante imobilizate va fi mai mare și respectiv pierderile bănești.

În condițiile în care se consideră numai cazul particular  $T_0 = R$  ( $\zeta = 1$ ) - înseamnă de fapt a reduce (majora) în mod artificial volumul mijloacelor circulante, deci și a pierderilor bănești datorate imobilizărilor.

De altfel, în cazul particular  $T_0 = R$  ( $\zeta = 1$ ) dacă se înlocuiește în formula pierderilor:

$$U = (A n + D) \varphi \cdot T_0 \cdot L \cdot \epsilon$$

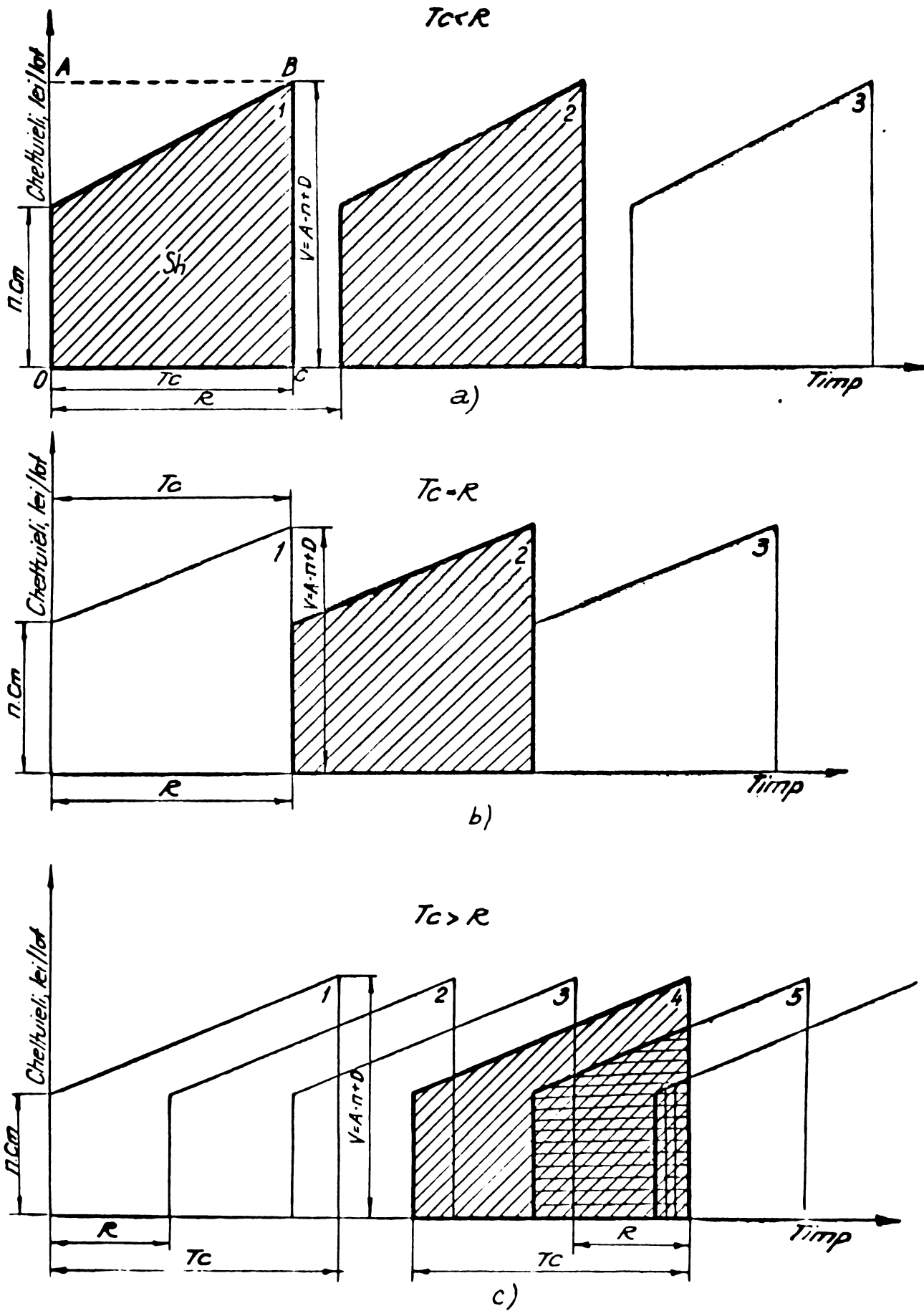


fig 5

Modificarea volumului de mijloace circulante immobilizate in raport cu numărul mediu al loturilor ce se găsesc simultan în fabricație.

pe  $T_0$  cu o relație empirică reprezentând o fracțiune dintr-un an proporțională cu raportul dintre mărimea lotului și volumul producției

$$(T_0 = \frac{N}{n} \text{ l an}), \text{ în care mijloacele circulante}$$

sînt în medie imobilizate. De fapt această expresie reprezintă perioada de repetare a loturilor ( $R = r \cdot n$ ), deoarece dacă se înlocuiește  $r$ , rezultă

$$R = \frac{N}{n} \text{ l an, relație identică cu relația lui } T_0.$$

În aceste condiții produsul ( $T_0 \cdot L$ ) este egal cu unitatea deoarece:

$L = \frac{N}{n}$ , iar relația pierderilor datorită imobilizărilor devine:

$U = (A \cdot n + D) \cdot \varphi \cdot E$  ceea ce conduce, dacă înlocuim și pe  $\varphi$  conform relației stabilite (2.21) la următoarea formulă particulară a lotului optim

$$n_0 = \sqrt{\frac{2ND}{(C_m + A)E}} \quad (4.22)$$

relație care este folosită numai în cazul reperelor de complexitate constructivă și tehnologică redusă, cu ciclul de fabricație scurt sau care se fabrică în serie mică și mijlocie.

Valoarea coeficientului  $\tau$  este condiționată de factorii care influențează durata ciclului de fabricație  $T_0$  și de perioada de repetare a loturilor  $R$ , adică, în ultimă instanță de înregistrarea tehnică a unității, procesul tehnologic și forma de organizare (succesivă, paralelă și mixtă) a acestuia.

Toți acești factori pot fi reflectați cu ajutorul relațiilor analitice ale duratei ciclului de fabricație, pentru cele 3 forme de organizare amintite:

$$T_{cs} = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^K \frac{t_{pi}}{M_i K_i} + m_i + n \cdot \frac{t_{ui}}{m_i K_i} + t_{ci} + t_{ti} + t_{ni} + t_{a\varphi_i} \quad (4.23)$$

$$T_{cp} = \frac{1}{60} \left[ \sum_{i=1}^k \left( \frac{t_{p_i}}{M_i K_i} m_i + \frac{t_{u_i}}{m_i K_i} + t_{c_i} + t_{t_i} + t_{n_i} \right) + (n-1) \frac{t_{u_i}}{m_i K_i} \max \right] \quad (4.24)$$

$$T_{cm} = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^k \left[ \frac{t_{p_i}}{M_i K_i} m_i + \frac{n_t t_{u_i}}{m_i K_i} + (n-n_t) \left( \frac{t_{u_i}}{m_i K_i} - \frac{t_{u_{i+1}}}{m_{i+1} K_{i+1}} \right) + t_{c_i} + t_{t_i} + t_{n_i} + t_{a_{s_i}} \right] \quad (4.25)$$

unde:  $T_{cs}$ ,  $T_{cp}$ ,  $T_{cm}$  - reprezintă durata ciclului de fabricație a unui lot de piese aparținând reperului în cazul organizării succesive, paralele și mixte în ere lucrătoare;

- $t_{c_i}$  - timpul de control al pieselor la fiecare operație  $i$ , min/lot;
- $t_{t_i}$  - timpul de transport al pieselor de la locul de muncă  $i$  la următorul  $(i+1)$ , min/lot;
- $t_{a_{s_i}}$  - durata medie de așteptare pentru eliberarea locului de muncă  $i$  ocupat cu preluarea pieselor altui lot, aparținând aceluiași reper, sau a unui diferit, min;
- $t_{n_i}$  - durata proceselor naturale, ce intervin la fiecare operație  $i$ , min/lot;
- $M_i$  - numărul de muncitori care participă simultan la reglarea mașinilor-unelte;
- $K_i$  - coeficientul mediu de îndeplinirea normelor;
- $n_t$  - mărimea lotului de transport, buc.;
- $r$  - ritmul mediu al fabricației, min/buc.

În vederea simplificării calculelor, relațiile anterioare se pot restringe prin notarea cu  $\alpha$  termenilor care depind de variabila necunoscută și cu  $\beta$  termenii liberi.

În cazul relației pentru durata ciclului de fabricație a organizării succesive avem:

$$\alpha_i = \sum_{i=1}^k \frac{t_{u_i}}{m_i K_i} \quad \beta_i = \sum_{i=1}^k \frac{t_{p_i}}{M_i K_i} + t_{c_i} + t_{t_i} + t_{a_{s_i}} + t_{n_i}$$

relația devine:

$$T_{os} = \alpha_1 n + \beta_1 \quad (4.26)$$

Similar se obțin relațiile corespunzătoare și în cazul lui  $T_{op}$  și  $T_{om}$ .

Înlocuind pe  $T_{os}$  sub această formă în relația lui  $\tau$  și  $R = n \cdot r$ , se obține:

$$\tau_s = \frac{\alpha_1}{r} + \frac{\beta_1}{n \cdot r}$$

sau notînd cu:

$$\gamma_s = \frac{\alpha_1}{r} \text{ și } \psi_s = \frac{\beta_1}{r}$$

relația lui  $\tau$  devine:

$$\tau_s = \gamma_s + \frac{\psi_s}{n}$$

Sub aceeași formă ar rezulta relații pentru  $\tau_p$  și  $\tau_m$ . Înlocuind în relația generală a cheltuielilor pe  $\tau$  sub o formă generalizată

$$\tau = \gamma + \frac{\psi}{n} \text{ și pe } \psi, \text{ conform relației}$$

analitice, considerînd legea de variație a cheltuielilor ca fiind uniformă, se ajunge la următoarea funcție:

$$Y = A + \frac{D}{n} \left( 1 + \frac{E\psi}{2N} \right) + n \frac{(C_m + A)E\gamma}{2N} + \frac{(C_m + A)E\psi}{2N} + \frac{DE\gamma}{2N} \quad (4.27)$$

Representarea grafică a acestei funcții conduce la o curbă de formă hiperbolică. Mărimea lotului optim  $n_0$ , pentru care funcția are valoarea minimă, este dată de relația:

$$n = n_0 = \sqrt{\frac{2ND}{(C_m + A)E\gamma} + \frac{\psi D}{(C_m + A)\gamma}} \quad (4.28)$$

Deoarece cel de-al doilea termen de sub radical are o valoare neglijabilă, relația devine:

$$n_0 = \sqrt{\frac{2ND}{(C_m + A)E\gamma}} \quad (4.29)$$

În funcție de forma de organizare aplicată (succesivă, paralelă sau mixtă) în relația de calcul a lotului se introduce valoarea  $\gamma_s, \gamma_p, \gamma_m$  calculată. Din curba prezentată în fig.4 rezultă variația cheltuielilor de fabricație pe bucată în funcție de oscilațiile valorii lui  $n$  în jurul lui  $n_0$ .

Criteriul de rapiditate este util în cazul corelării mărimilor loturilor optime, deoarece permite a aprecia dacă alegerea unei mărimi de lot apropiate de  $n_0$  conduce la o variație mare a cheltuielilor unitare.

Limitele economice ale corectării lotului optim sînt indicate principal pe curba cheltuielilor (3) prin punctele M și N.

Dreapta 1 indică prețul de vînzare ( $P_v$ ) iar dreapta 2 prețul de vînzare minus beneficiul ( $P_v - B$ ).

Rezultă de asemenea că variația lui  $n_0$  cu  $\pm \Delta n$  atrage după sine majorarea cheltuielilor de producție pe bucată ( $\gamma$ ) față de  $\gamma_0$  în mod diferit. ( $\gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_0$ ) iar dacă  $n < n_M$  sau  $n > n_N$ , nu se mai asigură nici beneficiul.

Efectul economic anual în cazul trecerii de la loturi stabilite empiric la organizarea științifică a producției pe bază de loturi optime pentru fiecare reper rezultă din relația:

$$E_n = N (\gamma - \gamma_0) = N D \frac{n_0 - n}{n_0 n} \left( 1 + \frac{E\psi}{2N} \right) + (n - n_0) \frac{(C_m + A)E\gamma}{2} \quad \text{lei/an} \quad (4.30)$$

Pentru toate reperele ( $\lambda = 1 \dots U$ ) ale unui produs economia anuală rezultată ca urmare a introducerii loturilor economice va fi:

$$E_{\sigma_j} = \sum_{\lambda=1}^U E_{\sigma_\lambda} \quad \text{lei/an} \quad (4.31)$$

Calculul mărimii loturilor de fabricație se poate efectua operativ cu ajutorul unui calculator electronic pentru toate reperele și toate sertimentele de produse. Acest calcul presupune

insă e sistematizare riguroasă a tuturor informațiilor primare și elaborarea algoritmului, schema logică și programul de lucru al calculatorului. Calculele se fac numai pentru reperele tip ( reprezentative ).

Datorită faptului că reperele unui produs parcurg diferite stadii de prelucrare în cazul utilizării metodei de calcul al lotului optim poate să rezulte pentru același reper mărimi diferite. Între mărimile loturilor optime la stadiile vecine pot exista relațiile :

$$n_{oi} \geq n_{oi} + 1$$

În vederea asigurării continuității procesului de producție, cu un minim necesar de producție neterminată, este necesar să se coreleze mărimile acestora în limitele economice, în așa fel ca raporturile :

$$\frac{n_i}{n_{i+1}} = K_1 \quad \text{sau} \quad \frac{n_{i+1} + 1}{n_i} = K_2$$

să fie numere întregi.

Mărimile astfel corelate în funcție de diferiți factori poartă denumirea de loturi economice, unde  $n_i$  și  $n_{i+1}$  reprezintă mărimile lotului economic la stadiul de prelucrare considerat  $i$  și la cel imediat următor  $i+1$ .

## C A P I T O L U L 5

### 5.1. ORGANIZAREA PRODUCTIEI

#### SISTEMUL DE PRODUCTIE.

Optimizarea programării operative impune existența în cadrul întreprinderii a unei bănci de date care să reprezinte totalitatea informațiilor necesare identificării operațiilor tehnologice și a ordinei de execuție, consumurile de resurse precum și posibilitatea acestora de a fi actualizată pe produse, subansambluri, repere, mașini-unelte, norme de consum. De calitatea informațiilor primare depinde, de altfel, precizia efectuării calculelor, element esențial al unei programări operative eficiente.



Evident, operativitatea care se cere în elaborarea calculului și complexitatea rezolvării problemelor enunțate, existența unui volum considerabil de date, presupune folosirea tehnicii moderne de calcul - prelucrarea automată a datelor cu ajutorul calculatoarelor.

Stabilirea volumului de producție  $N$  în conformitate cu cerințele principiului proporționalității trebuie să respecte următoarea condiție:

$$K_u C_{p_{ij}} = N_{ij}$$

unde:

- $C_{p_{ij}}$  - capacitatea de producție a fiecărei unități de producție  $i$  pe sortimente de producție  $j$  în perioada de timp considerată, în bucăți, tone etc.;
- $K_u$  - coeficient de utilizare planificat al capacității de producție;
- $N_{ij}$  - volumul de producție planificat pe fiecare unitate de producție  $i$  și sortimente de produse  $j$  în perioada de timp considerată.

În funcție de structura de producție, se distinge:

- $N_j$  - volumul de produse din fiecare sortiment;
- $N_{\lambda}$  - volumul de piese (semifabricate) pentru fiecare sortiment de produse  $j$  ( $\lambda = 1, \dots, u$ ):

$$N_{\lambda} = \sum_{j=1}^p (q_{\lambda} N_j + N_{schj\lambda} + P_{sigj\lambda}) \left(1 + \frac{\Omega}{100}\right) \quad ( \cdot )$$

unde:

- $q_{\lambda}$  - număr de piese pe produs;
- $N_{schj\lambda}$  - cantitatea de piese de schimb necesară în exploatare pentru fiecare sortiment de produse  $j$ , în buc.;
- $P_{sig\lambda}$  - stocul de siguranță de completat de fiecare tip de reper și produs  $j$  în perioada considerată;
- $\Omega$  - procentul admisibil de rebut tehnologic.

Un proces tehnologic de prelucrare mecanică, montaj etc. poate fi încadrat într-unul din sistemele de producție individual, serie și de masă după valoarea coeficientului sistemului de producție  $K_{1\lambda}$  coeficient care se determină conform relației:

$$K_{1\lambda} = \frac{z_{\lambda}}{t_{1\lambda}}$$

• / •

unde:  $r_{\lambda}$  - ritmul mediu al fabricației, în min/buc.;

$$r_{\lambda} = \frac{F_N}{N_{\lambda}} \cdot 60$$

$F_N$  - fondul nominal de timp al perioadei considerate (an, semestru, trimestru), în ore:

$$F_N = Z_1 \cdot K_g \cdot h ;$$

$Z_1$  - număr de zile lucrătoare în perioada de timp considerată;

$K_g$  - număr de schimburi pe zi;

$h$  - număr de ore lucrătoare pe schimb;

$t_{1\lambda}$  - timpul efectiv consumat pentru efectuarea operației  $i$  pe unitatea de producție  $\lambda$ , în min/buc.;

$n_{1\lambda}$  - număr de locuri de muncă la care se efectuează operația  $i$ .

pentru  $K_{1\lambda} < 1$  și  $\frac{r_{i\lambda}}{r_{\lambda}}$  avem producția de masă,

pentru  $K_{1\lambda} > 1$ , sistemul producției de serie, sistem care se clasifică la rîndul său în funcție de anumite limite, astfel:

$1 < K_{1\lambda} < 10$ , serie mare;

$10 < K_{1\lambda} < 20$ , serie mijlocie;

$K_{1\lambda} > 20$ , serie mică.

Diferențierea sistemului de producție de serie, în serie mică, serie mare sau mijlocie permite stabilirea formei de organizare a producției, succesivă, paralelă sau mixtă și care se face după frecvența cu care se încadrează diferitele operații tehnologice  $i$  ale unui reper în limitele prezentate. Aceste subdiviziuni ale producției de serie relevă dacă procesul industrial supus acțiunii de organizare se apropie prin elementele sale caracteristice, în perioada dată, de producția individuală sau de masă, în cazul producției de serie mare, recomandîndu-se organizarea paralelă.

## 5.2. CERINTE IN STABILIREA VOLUMULUI DE PRODUCTIE. PRINCIPIUL PROPORTIONALITATII.

In condițiile ritmului rapid al progresului tehnic așezarea pe baze științifice respectiv organizarea producției și a muncii implică respectarea unor anumite principii la proiectarea proceselor de producție în timp și spațiu precum și stabilirea unor forme raționale de organizare. Activitățile și fenomenele care au loc în industria de mașini conferă procesului de producție o serie de caracteristici specifice și de mare importanță pentru organizarea acestuia. Ultimului stadiu de fabricație în industria constructoare de mașini îi corespunde întotdeauna un proces de asamblare, unde din punct de vedere tehnologic rolul determinant îl au operațiile menite să modifice dispoziția spațială a subansamblelor destinate finalizării produsului. Această caracteristică obligă la o sincronizare a fabricației cel puțin în faza anterioară asamblării finale.

Lipsa acestei sincronizări influențează ritmul procesului de producție cu toate implicațiile economico-financiare. Doar un număr redus de procese din cele de bază, chiar atunci când se desfășoară pe linii de transfer automate, au în principiu flux tehnologic operațional discontinuu, caracter care se regăsește și în ansamblul procesului de producție. Economicitatea fabricației impune studiul factorilor care acționează în procesul de producție și care sînt subordonați unor legi complexe. De aceea, baza teoretică a proiectării proceselor de producție în timp și în spațiu e constituită de legea generală a organizației producției și a muncii în concordanță cu succesiunea optimă a operațiilor procesului tehnologic și cu respectarea principiilor proporționalității, paralelismului, ritmicității și continuității.

Principiul proporționalității. În conformitate cu acest principiu dimensionarea elementelor de producție înlăunțite tehnologic trebuie astfel realizată încît aceleași obiecte ale muncii să parcurgă în intervalul de timp  $I$  toate operațiunile (1) în succesiunea proiectată, asigurîndu-se în final producția planificată. Respectarea acestui principiu crează condițiile ca între consumul de timp efec-

tiv ( $t_i$ ) la fiecare operație (i) și numărul de locuri de muncă ( $m_i$ ) să existe un raport constant,

$$\frac{t_1}{m_1} = \frac{t_2}{m_2} = \dots = \frac{t_k}{m_k} = \dots = \frac{t_k}{m_k} = ct \quad (5.2)$$

principiu care se aplică diferențiat în funcție de condițiile concrete de producție și în funcție de sistemele de fabricație (masă, serie, individual). În primul caz, pentru ca procesul de producție să poată fi considerat în ansamblu ca un proces continuu, acest principiu constituie o necesitate obiectivă. De aceea ritmul de lucru la fiecare operație (i) a procesului tehnologic de prelucrare a unui tip de piesă (g) trebuie să se găsească în raport cu ritmul mediu planificat al fabricației în următoarea relație:

$$r_{l_i} < r_g \quad (5.3)$$

unde:

$r_{l_i}$  - ritmul de lucru la fiecare operație (i) calculat cu relația:

$$r_{l_i} = \frac{t_i}{m_i} \quad (5.4)$$

$r_g$  - ritmul mediu planificat al fabricației determinat conform relației:

$$r_g = \frac{F_n}{N_g} = \frac{\text{timp}}{\text{bucată}} \quad (5.5)$$

$F_n$  - fondul nominal de timp de lucru al perioadei considerate

$$F_n = Z_1 \cdot K_s \cdot h$$

$Z_1$  - zile lucrătoare în perioada considerată ;

$K_s$  - număr de schimburi lucrătoare pe zi;

$h$  - ore lucrate pe schimb;

$N_g$  - volum de piese planificate pentru perioada respectivă.

Rezultă că, pentru toate piesele ( $g = 1 \dots u$ ) aparținând unui produs (j) care se prelucurează mecanic trebuie să se respecte condiția:

$$\frac{t_{1.1}}{m_{1.1}} = \frac{t_{2.1}}{m_{2.1}} = \dots = \frac{t_{k.1}}{m_{k.1}} = \dots = \frac{t_{k.1}}{m_{k.1}} = r_1$$

. / .

$$\frac{t_{1.2}}{n_{1.2}} = \frac{t_{2.2}}{n_{2.2}} = \dots = \frac{t_{k.2}}{n_{k.2}} = r_2$$

$$\frac{t_{1.g}}{n_{1.g}} = \frac{t_{2.g}}{n_{2.g}} = \dots = \frac{t_{k.g}}{n_{k.g}} = r_g$$

$$\frac{t_{1.u}}{n_{1.u}} = \frac{t_{2.u}}{n_{2.u}} = \dots = \frac{t_{k.u}}{n_{k,u}} = r_u$$

$t_{1g}$  - este consumul de timp efectiv pentru prelucrarea piesei (g) la operația (i) stabilit prin normarea tehnică sau prin corectarea normelor existente pe baza coeficientului (k) al îndeplinirii normelor de timp.

Respectarea principiului proporționalității presupune în primul rând determinarea numărului de locuri de muncă, mașini unelte, în funcție de ritmul mediu planificat ( $r_g$ ) și consumul de timp efectiv ( $t_{1g}$ ).

Din condiția generală exprimată din relațiile anterioare rezultă că numărul de locuri (mașini unelte) necesare  $n_{1g}$  când consumul de timp este dat, se poate calcula cu formula:

$$n_{1g} = \frac{t_{1g}}{r_g} = a + b \quad (5.6)$$

în care:

a - partea întreagă

b - partea zecimală

Din considerente practice numărul de mașini unelte se majorează sau se micșorează pînă la un număr întreg ( $n_g$ ) după următoarea regulă:

$$n_g = a_1 \text{ dacă } b < 0,15$$

$$n_g = a+1, \text{ dacă } b \geq 0,15$$

Este de apreciat că aplicarea acestei convenții nu trebuie efectuată în mod mecanic pentru că s-ar putea înrăutăți coeficientul de utilizare a mașinilor unelte, a creșterii valorii investițiilor în utilaj și suprafețe de producție sau apariția unor locuri înguste. Este de dorit a se lua toate măsurile de sinerizare a valorilor  $t_{1g}$  și  $r_g$  însoțit raportul  $\frac{t_{1g}}{r_g}$

să rezulte un număr întreg cât mai mic. În acest sens se impun măsuri vizînd: modificarea formelor și dimensiunilor semifabricatelor care concură la obținerea produsului, modificarea parametrilor regimului de așchiere, diferențierea sau concentrarea operațiilor pe mașinile existente, însestrarea cu scule, dispozitive și verificatoare de mare productivitate. Măsuri deosebite se impun acolo unde operațiile generează valori pentru  $b \leq 0,15$ . Eliminarea acestor "locuri înguste" se poate realiza și prin crearea unor stecuri de producție neterminată obținute prin cooperare. După dimensionarea conform principiului proporționalității a diferitelor linii tehnologice de prelucrare a pieselor ( $g$ ) se verifică la nivelul uzinei dacă se respectă condiția

$$g \cdot r_{1g} \leq r_g$$

unde:  $r_{1g}$  - este ritmul de lucru al fiecărei linii tehnologice de prelucrare a pieselor;  
 $g$  - numărul de piese identice pe produs ( $j$ );  
 $r_j$  - ritmul mediu de fabricație planificat al produsului ( $j$ ) calculat conform relației:

$$r_j = \frac{F_p}{N_j} \quad (5.7)$$

$N_j$  - volumul de produse finite fabricat din fiecare sertiment.

În cazul fabricației de serie și individuale, unde stabilitatea este mai mică, aplicarea principiului proporționalității la dimensionarea elementelor de producție prezintă o serie de particularități.

a). Astfel, la proiectare condiția generală care trebuie respectată este determinată de:

$$C_{p1j} \geq C_{p2j} \geq C_{p3j} \geq \dots \geq C_{pij} \geq C_{pj} > N_j$$

unde:

$C_{pij}$  - capacitatea de producție a fiecărei unități de producție (grupe de mașini unelte, atelier) ( $i$ ) exprimată în seturi de piese pentru fiecare produs ( $j$ ) pe intervalul de timp considerat ( $i = 1, 2, \dots, l$ );

$C_{pj}$  - capacitatea de producție a uzinei exprimată în produse ( $j$ ) în intervalul de timp considerat ( $j = 1, 2, \dots, p$ )

In cazul producției omogene ( $j=1$ ) capacitatea de producție  $C_{pi}$  a fiecărei grupe de mașini unelte se determină cu ajutorul relației:

$$C_{pi} = \frac{F_{di}}{t_i} \quad (5.8)$$

unde:

$F_{di}$  - fondul de timp disponibil al grupei de mașini-unelte.

Din această relație, impunând condiția ca  $K_u C_{pi} = N$  rezultă:

$$K_u \cdot F_{di} = N \cdot t_i$$

înlocuind și fondul disponibil cu relația  $F_{di} = f_d \cdot n_i$  se obține în final formula de calcul a numărului necesar de locuri de muncă:

$$n_i = \frac{N t_i}{f_d \cdot K_u} = a + b \quad (5.9)$$

unde:

$K_u$  - este coeficientul de utilizare planificat al capacității de producție;

$f_d$  - fondul de timp disponibil de lucru al unității de utilaj pentru perioada considerată.

Fondul de timp de lucru al unității de utilaj ( $f_d$ ) se calculează pe baza relațiilor:

$$f_d = Z_1 \cdot K_B \cdot h \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \text{ sau } f_d = Z_1 \cdot K_B \cdot h - T_g \quad (5.10)$$

unde:

$\alpha$  - procent din fondul nominal de timp afectat reparațiilor preventive planificate a utilajelor;

$T_g$  - timpul planificat de staționare în reparații a utilajului.

In cazul unui sertiment eterogen, calculul numărului necesar de mașini unelte de fiecare tip ( $i = 1 \dots l$ ) se poate face pentru diferitele sertimente de produse ( $j = 1, 2 \dots p$ ) cu relația:

$$n_{ij} = \frac{N_j \cdot t_{ij}}{f_d} = a_j + b_j \quad (5.11)$$

Însumând numărul de mașini unelte de tipul ( $i$ ) calculat pentru diferitele sertimente ( $j$ ) se obține:



$$R_1 = \frac{\sum_{j=1}^P N_j \cdot t_{1j}}{K_d} = a + b \quad (5.12)$$

b) In cazul unităților de producție existente, verificarea principiului proporționalității se face prin intermediul calculelor capacității de producție.

Pe baza datelor rezultate în urma calculelor rezultate pentru toate grupele de mașini unelte (i) se elaborează balanța capacității de producție a atelierului sau secției. Pentru grupele de mașini unelte (locuri de muncă) care au capacitatea de producție sub nivelul capacității de producție al verigii principale (conducătoare) se stabilesc măsuri tehnico-organizatorice în vederea asigurării cerințelor principiului proporționalității.

Dificultatea metodei constă în faptul că implică elaborarea unui volum mare de grafice corespunzător numărului de sortimente de plan, fiind necesar apoi pentru fiecare sortiment în parte să se stabilească "locurile înguste" și măsurile tehnico-organizatorice. Pentru înlăturarea acestor dificultăți se poate utiliza o metodă mai simplă bazată pe determinarea capacității de producție în unități convenționale comparabile ( $C_{pik}$ ).

În acest scop, calculul capacității de producție se desfășoară pe grupe de mașini unelte (i), conform relației:

$$C_{pik} = \frac{F_{di}}{t_{o1}} K_{pi} \frac{H \cdot Q}{an} \quad (5.13)$$

unde:

$t_{o1}$  - timpul mediu pe unitatea convențională calculat pe baza relației:

$$t_{o1} = \sum_{j=1}^P t_{n1j} \cdot a_j \frac{SKP_{BAS}}{u.c.} \quad (5.14)$$

$a_j$  - coeficientul structurii tipice a programului de producție.

În cazul în care sarcinile de plan sînt exprimate în unități de măsură de același fel (exemplu numai în bucăți, sau numai în tone) coeficientul structurii tipice se determină astfel:

$$a_j = \frac{N_j}{\sum_{j=1}^p N_j} \quad (5.15)$$

## CAPITOLUL 6

### 6.1. DETERMINAREA LOTULUI OPTIM.

Lotul optim este principalul parametru al programării operative în funcție de care se stabilesc ceilalți parametri ai desfășurării în timp și spațiu a procesului de producție : durata ciclului de fabricație, producția neterminată etc, parametrii care la rândul lor, sînt influențați de o multitudine de factori ai procesului de producție și condiționează în mod nemijlocit mărirea lotului de fabricație.

Aceste considerente cît și respectarea cerințelor principiului paralelismului și a eficienței economice impun în producția de serie deopotrivă atît stabilirea de loturi cît și o precizie ridicată în calculul lotului optim. Criteriul adoptat care a stat la baza determinării lotului este minimul cheltuielilor de producție pe unitatea de obiect al muncii.

Relația de calcul stabilită în raport de acest criteriu economic este :

$$n = \sqrt{\frac{2ND}{(C_M + \Delta) \gamma \epsilon}} \quad (6.1)$$

unde :

$$\Delta = C_M + \left(1 + \frac{R_F}{100}\right) \sum_{i=1}^K \frac{t_{ui}}{60} S_{mi} + \sum_{i=1}^K \frac{t_{ui}}{60} a_i n_i$$

$C_M$  - Costul obiectului muncii p înă la intrarea lotului în stadiul respectiv de prelucrare, lei / buc.

$R_F$  - Regia de fabricație a unității de producție respectivă în % ( exclusiv cheltuielile cu amortizarea și întreținerea utilajului ).

. / .

- $t_{u_1}$  - timpul unitar pentru fiecare operație 1, în min/buc.;
- $S_{m_1}$  - salariul tarifar orar al muncitorilor, conform categoriei de încadrare la fiecare operație 1 - lei/oră;
- $k$  - numărul de operații conform procesului tehnologic;
- $a_1$  - cota orară de întreținere și funcționare a utilajului - lei/oră;
- $m_1$  - numărul de mașini-unelte care participă la prelucrarea piesei la fiecare operație;
- $D$  - reprezintă cheltuieli dependente - în lei/lot.

$$D = \left(1 + \frac{R_g}{100}\right) \sum_{i=1}^K \frac{t_{p_i}}{60} m_i S_{r_i} + \sum_{i=1}^K \frac{t_{p_i}}{60} m_i a_i$$

- $R_g$  - regia generală a uzinei;
- $t_{p_i}$  - timpul necesar pentru pregătirea, încheierea lucrărilor la fiecare operație 1, min/lot;
- $S_{r_1}$  - salariul tarifar orar al muncitorilor regiori, conform categoriei de încadrare a lucrărilor de pregătire-încheiere

$F_\lambda$  - ritmul mediu anual

$$F_\lambda = \frac{F}{N} \cdot 60$$

- $\gamma_p$  - coeficient care arată numărul mediu de loturi ce se găsesc simultan în fabricație, diferențiat în funcție de forma de organizare.

$$\gamma_p = \frac{1}{F_\lambda} \left[ \frac{\text{MAX}}{1 < I < K} \left( \frac{t_{u_1}}{m_1 \cdot K_{n1}} \right) \right]$$

- $K_{n1}$  - coeficient mediu al îndeplinirii normelor de timp;
- $E$  - coeficient cu ajutorul căruia se determină pierderea în lei la un leu mijleace circulante immobilizate pe an.

Principalii parametri ai fabricației de mașini electrice din gabaritele 160, 180, 200 au fost optimizați sau determinați pe baza unor scheme generale și scheme logice de calcul cu ajutorul calculatorului FELIX 256. Schemele logice elaborate în corelație cu specificul secției de prelucrare cu flux discontinuu pot fi adaptate și incluse în subsisteme de programare și urmărire a producției din cadrul unui sistem integrat de informatică și conducere a producției. Algoritmul de calcul asigură stabilirea separată a parametrilor programării operative, dar schema logică ține seama de posibilitatea obținerii simultane la fiecare subansamblu a principalilor parametri. Astfel, pentru fiecare operație se determină coeficientul sistemului de producție  $K_{1\lambda}$  pe baza cărera se stabilește sistemul de producție predominant în care acesta se încadrează principalii parametri (lotul de fabricație, durata ciclului de fabricație, perioada de repetare a loturilor, producția neterminată).

Volumul maxim posibil de realizat în condiții restrictive s-a stabilit cu ajutorul programării liniare pentru o variantă de plan anterioară anului 1979, corelat cu capacitățile existente și timpii unitari de prelucrare mecanică a principalelor subansamble. Lotul optim s-a calculat pentru nivelul planificat în 1979 al producției de motoare din gabaritele amintite. Acest fapt a condus la utilizarea unor timpii unitari pentru operațiile tehnologice diferiți față de calculul privind încărcarea capacităților de producție. Lotul optim s-a determinat pe baza schemei generale pentru calculul lotului optim ( fig. nr.6) și schema logică pentru programul de calcul (fig.nr.7) pentru tipul reprezentativ al gabaritelor 160; 180; 200 tip stabilit prin caracterul tehnologic al fabricației și pendera în programul anual de producție. Lotul optim s-a calculat pentru carcasă, rotor, scuturi și capace - rulment , subansamble supuse prelucrării mecanice prin așchiere și care înglobează mari o heltuiele materiale și manoperă. Elementele de calcul sînt cuprinse în anexele 14, 15, 16.

Sistemul de producție s-a stabilit în funcție de frecvența cu care s-a încadrat diferitele operații tehnologice de prelucrare pentru carcasă, rotor etc., sistem de producție ca-

### Schema generală pentru calculul lotului optim

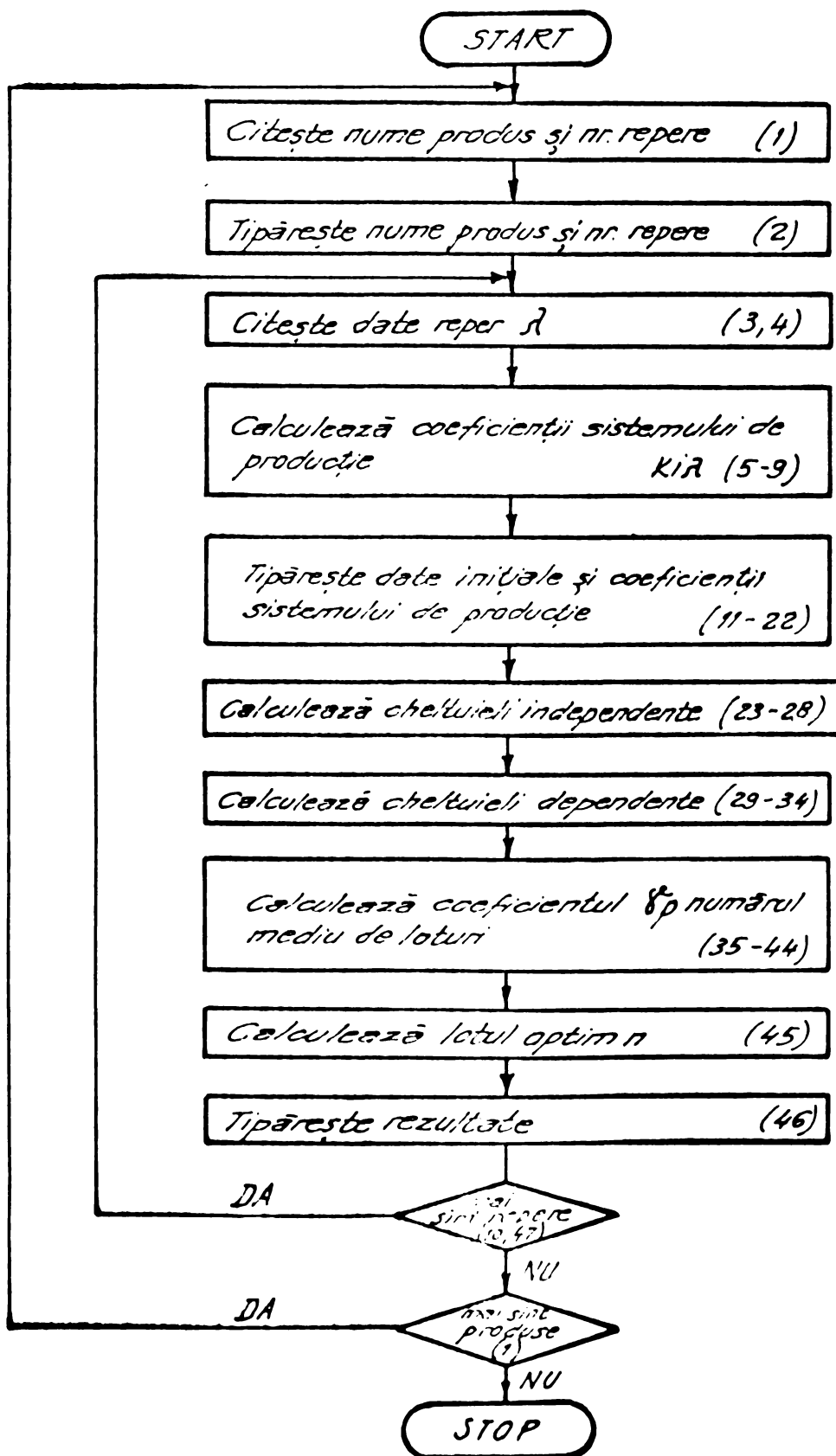


fig 6

## Schema logică pentru programul de calcul a lotului optim

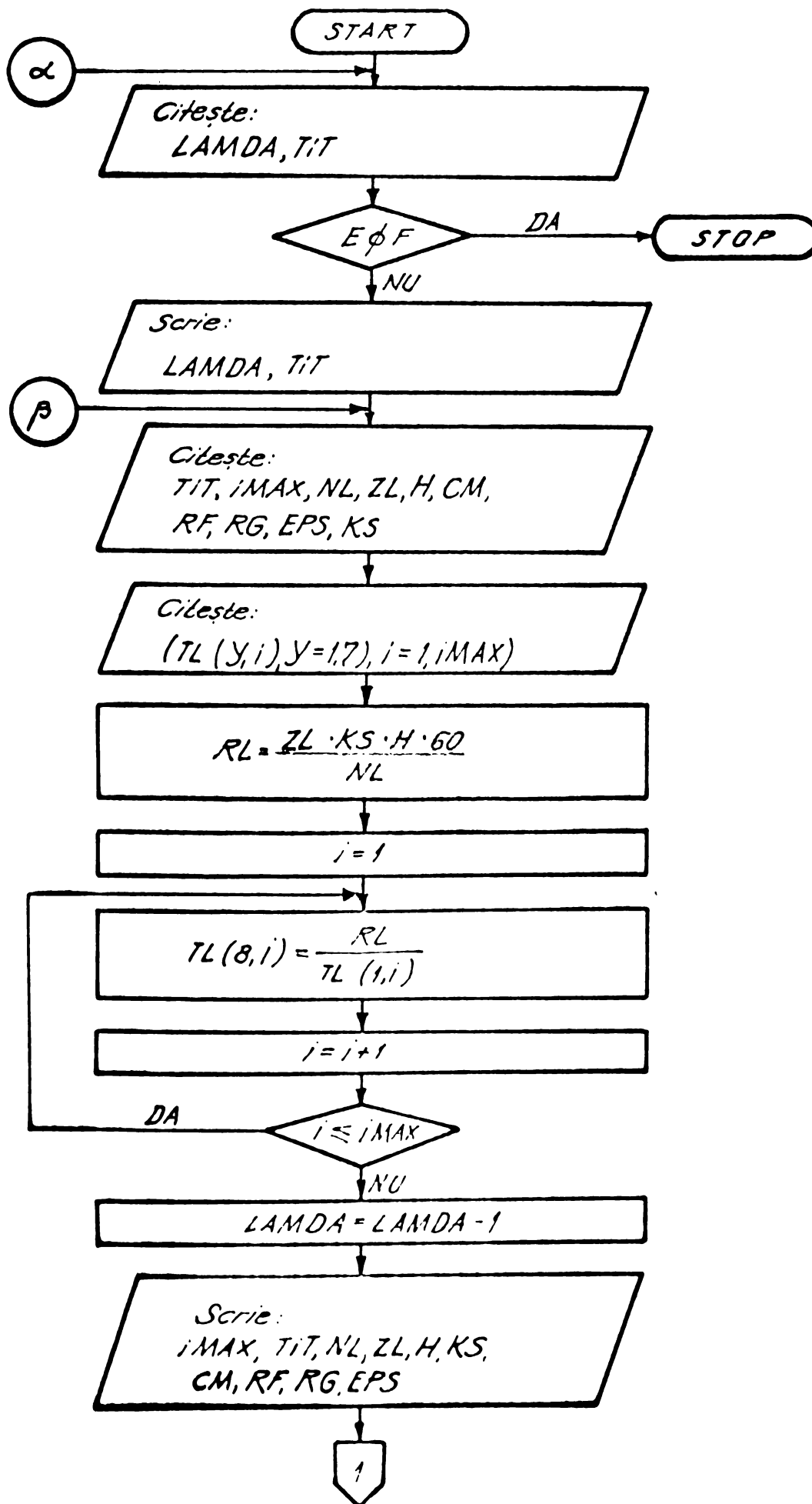
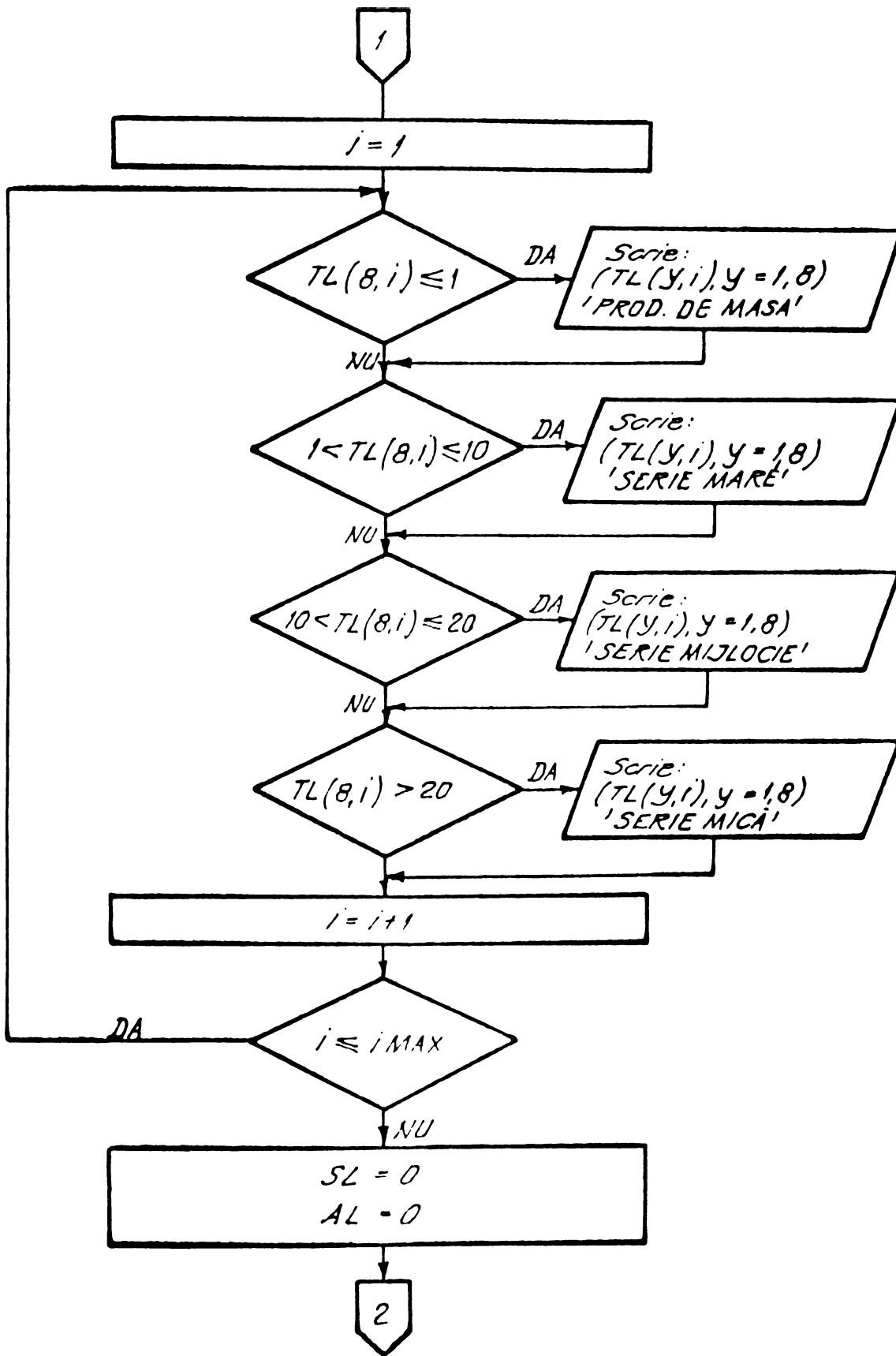
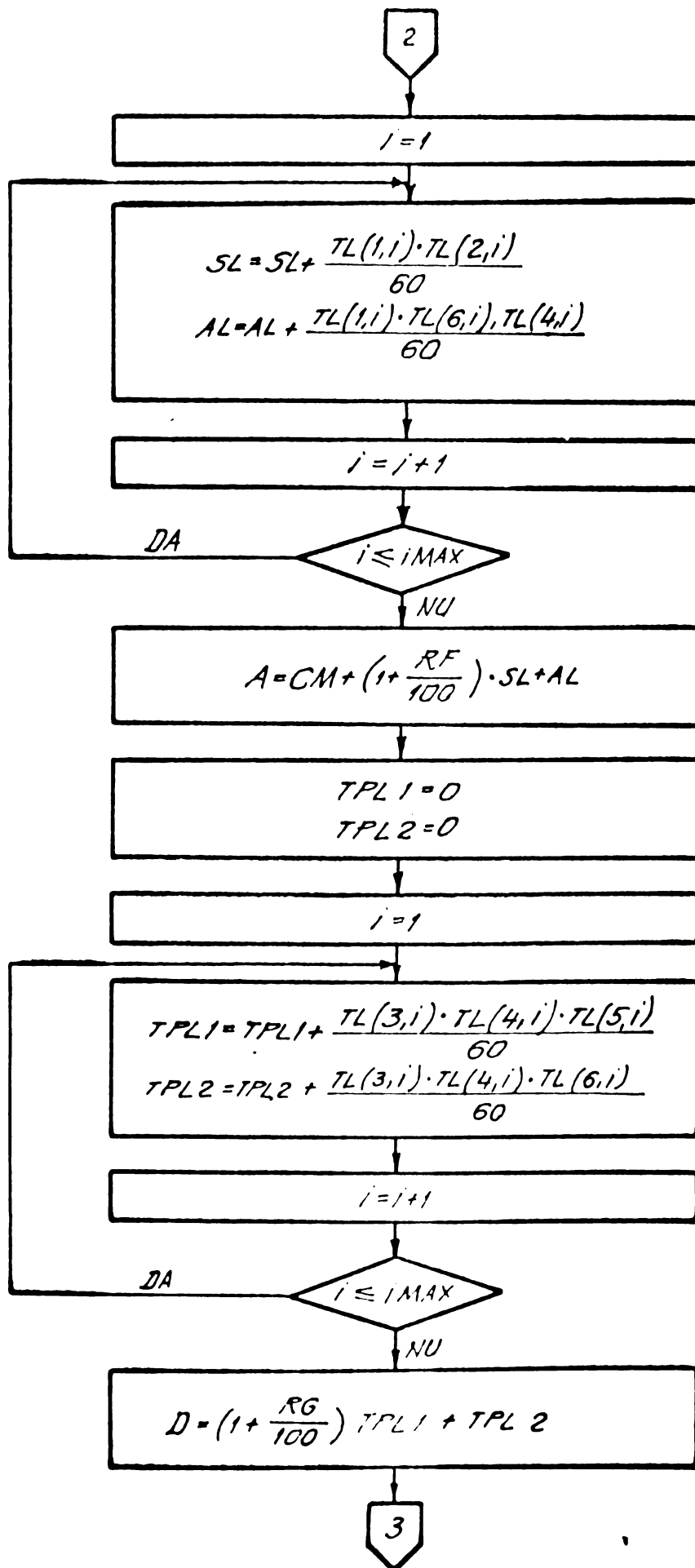
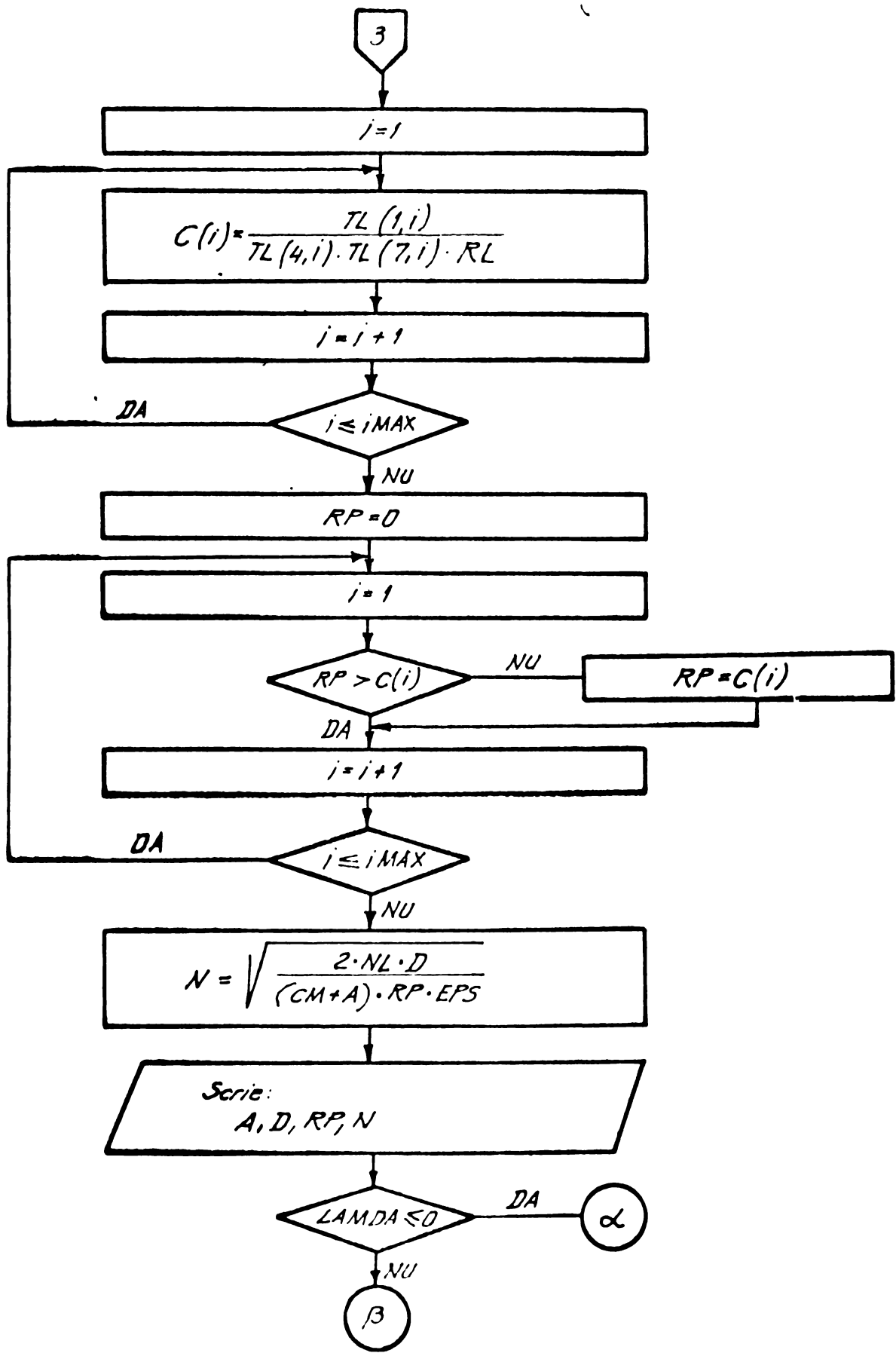


fig 7









re a permis ulterior stabilirea formei de organizare a procesului de producție. Calculul coeficientului de producție  $K_{1\lambda}$  atestă faptul că operațiile tehnologice de prelucrare, cu unele excepții, se încadrează în sistemul de producție de serie mare. Astfel, în cazul carcusei pentru tipul de motor ASI 160 din cele 11 operații tehnologice, o singură operație - cea de frezare interior - finisare - nu se încadrează în sistemul de producție de serie mare, constituind un punct singular.

Variația coeficientului  $K_{1\lambda}$  pentru carcuse se înscrie în următoarele limite:

ASI 160

ASI 180

ASI 200

$$1,25 < K_{1\lambda} < 9$$

$$1,61 < K_{1\lambda} < 7,84$$

$$1,40 < K_{1\lambda} < 6,40$$

eliminându-se punctele singulare câte unul pentru fiecare tip de carcasă.

Calculul coeficientului de producție pentru rotoarele accelerați tipuri de motoare permite încadrarea acestuia în limitele:

ASI

ASI 180

ASI 200

$$1,22 < K_{1\lambda} < 3,60$$

$$1,58 < K_{1\lambda} < 6,15$$

$$1,20 < K_{1\lambda} < 4,43$$

cu un singur punct singular pentru tipul ASI 180 la operația strunjire prin copiere, care se încadrează în producția de masă.

Calculul efectuat pentru scuturi și capace rulmenți, repere supuse unui număr restrâns de operații de prelucrare, determină valori ale coeficientului între limitele

$$1,20 < K_{1\lambda} < 10$$

Valorile singulare în unele operații de prelucrare mecanică ale accelerați subansamble pentru coeficientul  $K_{1\lambda}$  se explică prin volumul producției diferite pentru fiecare tip de motor reprezentativ. De pildă, la gabaritul ASI 160 producția este de aproximativ două ori mai mare decât la ASI 180 și care determină un ritm mediu de fabricație diferit, deși timpii tehnologici pe operații au valori sensibile egale. Evident în acest sens este comparația între ritmul mediu al fabricației pentru gabaritul ASI 160 care este de  $r_{\lambda} = 9$  min/buc. și cel al gabaritului ASI 180 care este de 16,8 min/buc.

Din analiza datelor înscrise în anexa 17 respectiv frecvența cu care se încadrează diferitele operații tehnologice pentru principalele subansamble sau repere în limitele stabilite convențional, rezultă că sistemul predominant de producție în care se încadrează procesul de fabricație a motoarelor electrice - respectiv prelucrare mecanică este "sistemul de producție de serie mare". Acest lucru determină ca formă de organizare a procesului de producție a mașinilor electrice prin caracteristicile sale în perioada de plan să fie "organizarea paralelă". Stabilită forma de organizare se calculează coeficientul  $\alpha$ , care precizează numărul mediu de loturi ce se găsesc simultan în fabricație, coeficient care influențează mărimea lotului optim și depinde de forma de organizare, succesivă, paralelă sau mixtă a procesului de producție. Stabilirea sistemului de producție, respectiv stabilirea formei de organizare se impune și din considerentul de a determina în mod real durata ciclului de fabricație. La aceleași condiții tehnice, durata ciclului de fabricație se modifică pentru aceeași mărime a lotului de fabricație, în funcție de forma de organizare succesivă, paralelă sau mixtă. Valorile calculate ale lotului optim pentru fiecare din subansamblele tipurilor reprezentative de motoare electrice, sînt redată în anexa 17.

Mărimea loturilor optime diferă pentru subansamblele aceleiași tip reprezentativ de motor electric datorită costului diferențiat al obiectului muncii pînă la intrarea în stadiul tehnologic respectiv de prelucrare a tehnologiei, cît și cheltuielilor independente pe unitate de obiect al muncii. Pentru aceleiași subansamblu lotul optim diferă în funcție de tipul reprezentativ al grupeii de motoare electrice prin elemente legate de prețul de cost și prin volumul producției planificat a se realiza în anul 1979.

Datorită faptului că subansamblele unui produs parcurg diferite stadii de prelucrare în cazul utilizării metodei de calcul al lotului optim pot rezulta pentru acestea mărimi diferite. În vederea asigurării continuității procesului de producție este necesar să se coreleze mărimile calculate în limite economice, care poartă denumirea de loturi economice. Efectul e-

economic al metodei se poate calcula operativ cu ajutorul calculatorului cu condiția să existe o sistematizare precisă a tuturor informațiilor primare. Algoritmul și schema logică odată elaborate au permis evidențierea efectului economic în cazul trecerii de la loturi stabilite empiric - și egale, cu comenzi lunare, la loturi optime. Astfel, în cazul motoarelor electrice din grupa ASI 160 trecerea la lansarea în fabricație a loturilor optime conduce la o eficiență economică de circa 330.000 lei/an pentru carcasă; 106.063 lei/an pentru rotor și circa 76.000 lei/an pentru scuturi și capace.

Efectul economic anual în cazul grupei ASI 160 este de 512.428 lei/an, respectiv 206.334 lei/an pentru grupa ASI 180 și 475.044 lei/an aferent grupei ASI 200. Valoarea globală posibilă de realizat prin folosirea loturilor optime se ridică la circa 1.200.000 lei/an, ceea ce atestă eficiența introducerii calculului și lansării în fabricație a loturilor optime.

## 6.2. VERIFICAREA PRINCIPIULUI PROPORTIONALITĂȚII

Proiectarea proceselor de producție impune respectarea unor principii vizând organizarea producției și a muncii în acord cu succesiunea optimă a operațiilor procesului tehnologic și cu respectarea principiilor proporționalității, paralelismului și continuității. În cazul unor procese de producție existente în vederea îmbunătățirii activității economice se necesită verificarea modului în care se respectă aceste principii și se determină căile de acționare.

În concordanță cu principiul proporționalității care se aplică diferențiat în funcție de tipul de fabricație (masă, serie, individual) verificarea acestuia permite redimensionarea elementelor de producție astfel încât aceleași obiecte ale muncii să parcurgă într-un interval de timp toate operațiunile în succesiunea stabilită, asigurându-se totodată producția planificată.

Verificarea principiului proporționalității s-a realizat prin elaborarea schemei generale (figura 8) și schemei logice (figura 9) precum și întocmirea balanței de capacitate în unități convenționale pe liniile de fabricație ale motoarelor

## Schemă generală

### Studiu privind respectarea principiului proporționalității

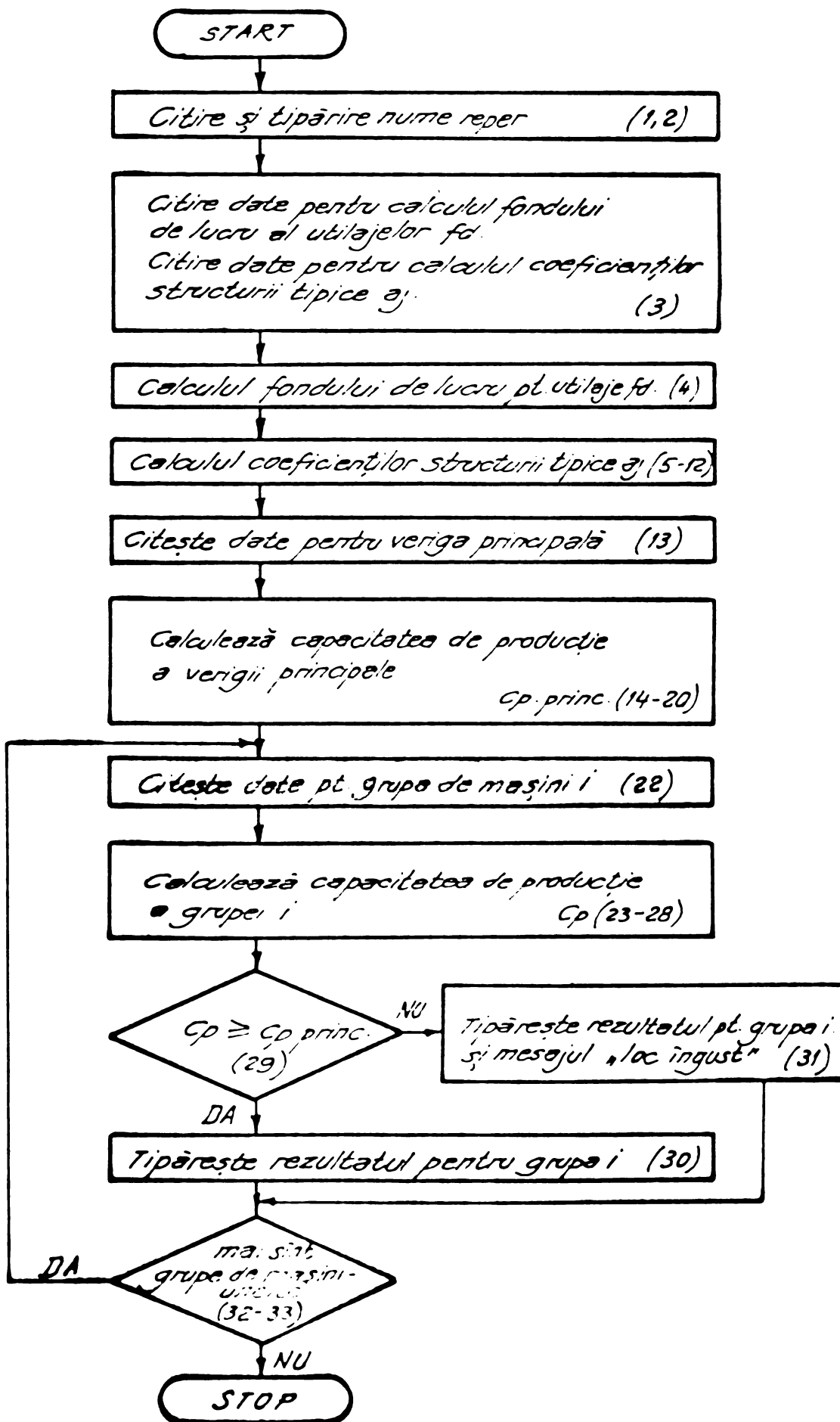


fig. 8

*Schema logică a programului pt. studiul privind respectarea principiului proporționalității*

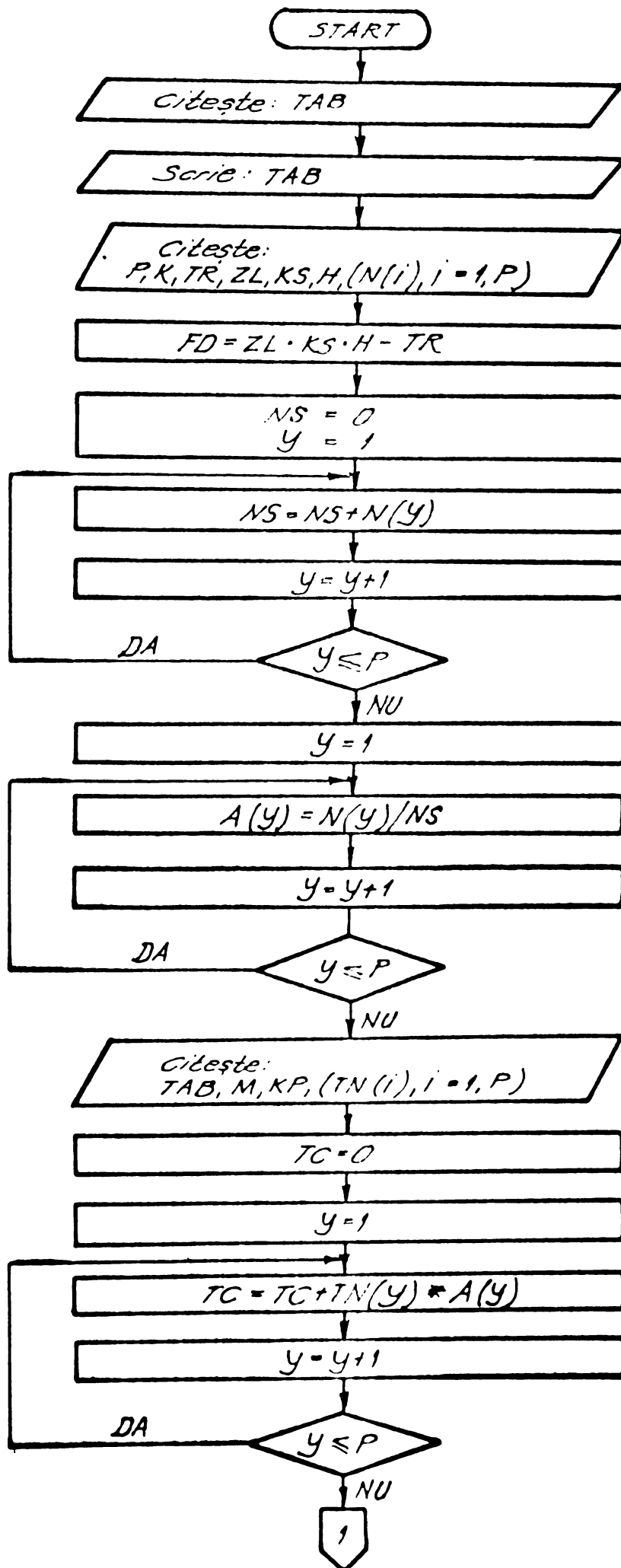
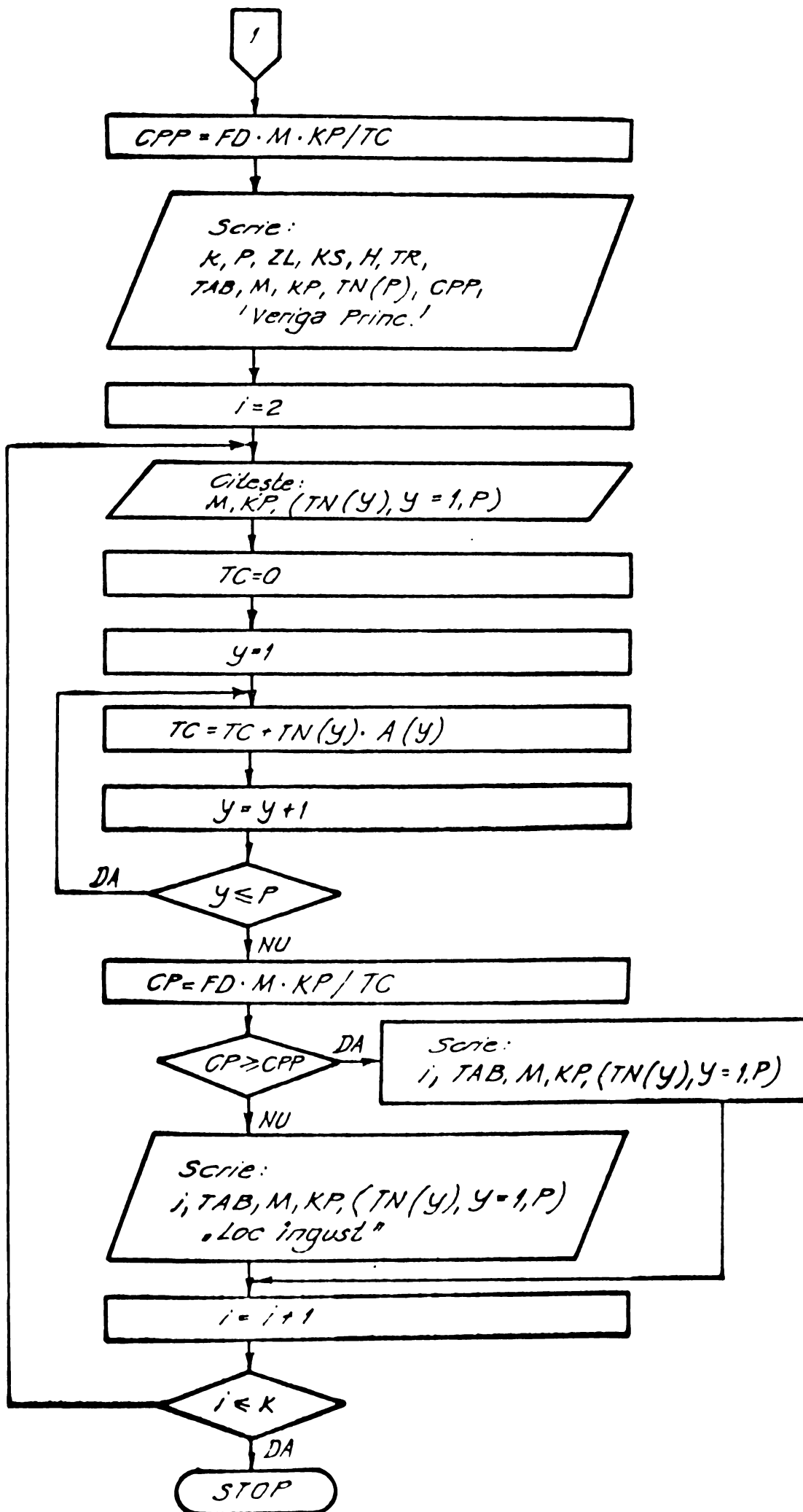


fig 9





electrice din grupa ASI 160-180-200.

In cazul liniei de carcasa considerind nivelul de productie al anului 1979 rezultă că pentru respectarea principiului proporționalității se cer a fi eliminate "locurile înguste" ce apar la operațiile de strunjirea umărului I, asamblarea carcasei cu miezul magnetic și operația de finisare a unșurilor ce determină realizarea unui interțier uniform. Calculul este în concordanță cu cel rezultat din aplicarea programării liniare și care evidențiază un nivel potențial mai mic la linia de carcasa, în comparație cu restul liniilor. De altfel, în cazul liniei de rotoare nu apare decât un singur loc îngust cel de la operația de echilibrare.

Pentru același nivel de producție în cazul liniei de scuturi și capace rulmenți nu apare nici un loc îngust, ceea ce nu impune luarea de măsuri tehnico-organizatorice ca și în cazul celor 2 linii. De menționat că soluția de eliminare a locurilor înguste prin achiziționarea de noi mașini, se cere aplicată după epuizarea altor posibilități - vizând modificarea regimului de așchiere, concentrarea unor operațiuni, dotarea cu scule și dispozitive de mare productivitate, sau obținerea de stocuri de producție neterminată pe seara cooperării cu alți producători.

Calculul numărului de mașini în concordanță cu principiul proporționalității s-a făcut pe baza schemei generale (figura 10) și a schemei logice pentru calculul numărului de mașini (figura 11). Programul realizează stabilirea numărului de mașini unite în cazul unei fabricații de serie a unui sortiment eterogen de produse. În cazul de față numărul produselor fiind 3, iar numărul de operații de 64. Calculul efectuat se referă și la alte operații tehnologice în afara celor de prelucrare, pentru a se putea evidențiază neconcordanțele din fluxul de fabricație.

Din comparația mașinilor existente sau a locurilor de muncă și cele rezultate din calcul se evidențiază pe operații următoarea situație:

O p e r a ț i a	mașini-locuri de muncă existente calculate	
1. Strunjire umăr I	1	2
3. Frezare cilindrică interioară (finisare)	2	3

O p e r a ț i e	mașini-locuri de muncă existente calculate	
11. Presarea pachetului statoric	1	2
12. Finisare unei	1	2
15. Strunjire copiere arbore	2	3
18- 19. Presare arbore	1	2
20. Asemblare arbore cu pachetul rotoric	1	2
24. Rectificare arbore	1	2
25. Rectificarea pachetului rotoric	1	2
26. Echilibrarea rotorului	1	2
29. Strunjire spate (scut)	1	2
32. Honuire	2	3
33. Strunjire capac rulment	2	3
43. Confectionare bobine și izolații	6	7
44. Turnare sub presiune	1	4
47. Impachetarea miezului statoric	2	5
61. Curățire stator	1	2
63. Montare rotor	2	3
70. Vopsire	3	6

Respectarea principiului proporționalității impune în cazul de față, în funcție de ritmul mediu planificat și consumul de timp efectiv, achiziționarea de noi mașini de prelucrat sau suplimentarea de noi locuri de muncă în cazul unor operații efectuate în alte ateliere decât secția de prelucrări mecanice. Desigur, aplicarea acestei soluții nu trebuie efectuată în mod mecanic, deoarece ar putea conduce la înrăutățirea coeficientului de utilizare a mașinilor unelte, apariția de locuri înguste. Calculul mașinilor sau a locurilor de muncă în concordanță cu principiul proporționalității se realizează numai după ce se asigură raportul dintre consumul de timp efectiv și ritmul mediu planificat, valcarea unui număr întreg cât mai mic prin schimbarea tehnologiei, a formei constructive, modificarea parametrilor de așchiere etc.

. / .

### Schema generală pt. calculul nr. de mașini

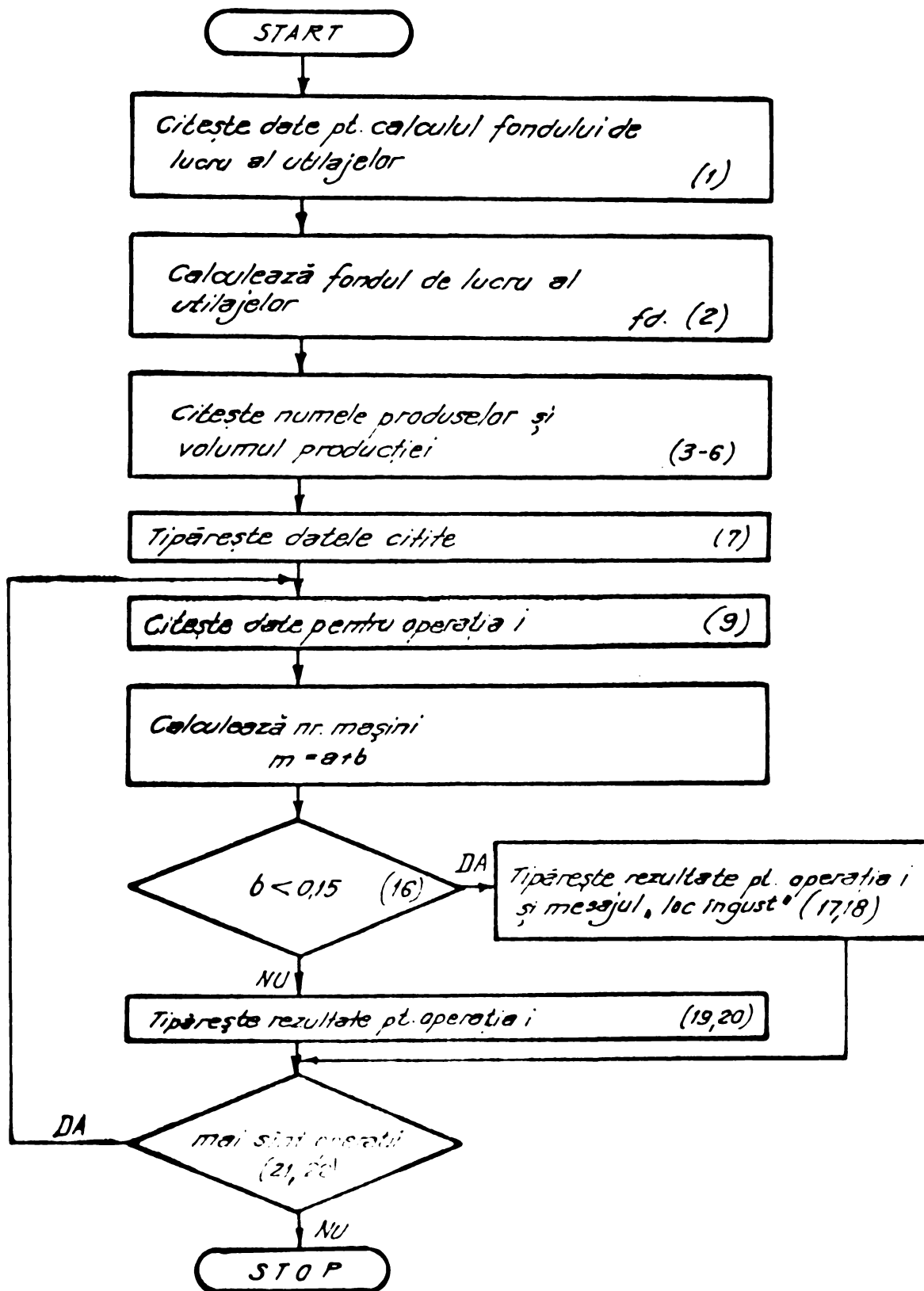


fig 10

*Schema logică a programului de calcul a nr. de mașini conform principiului proporționalității*

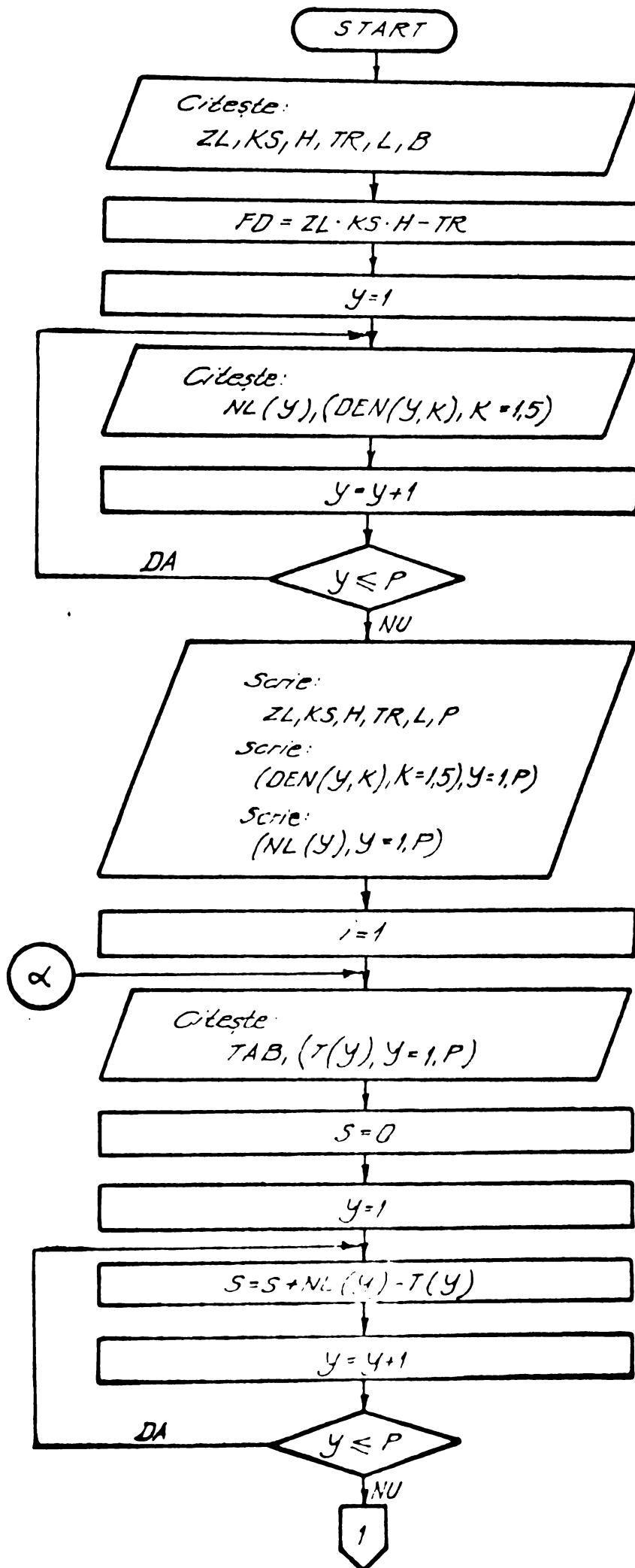
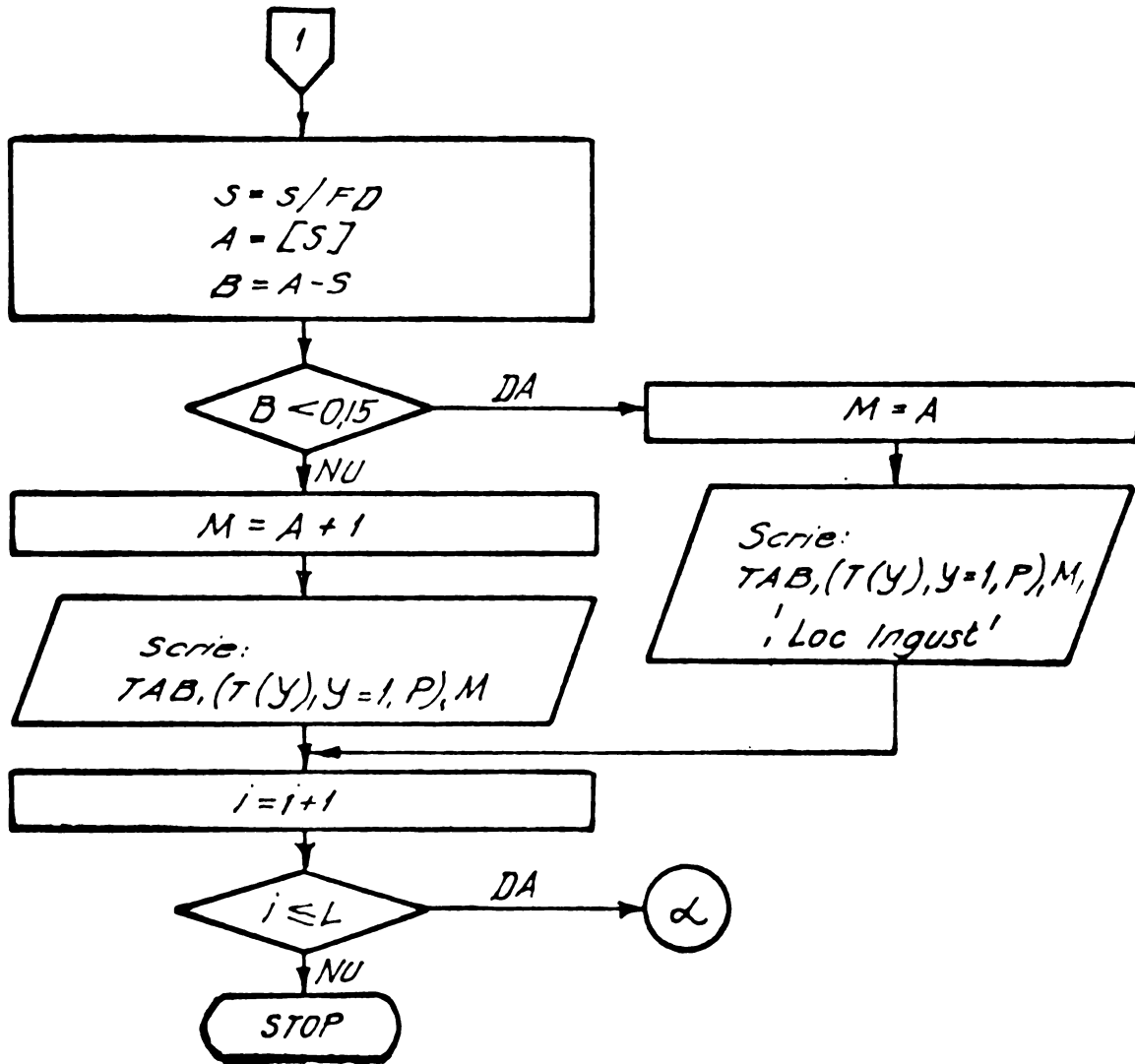


Fig. 11



## C A P I T O L U L 7

### 7.1. STABILIREA CICLULUI DE PRODUCȚIE LA MOLOARELE ELECTRICE DIN GABARITELE 160 - 180 - 200

Prin ciclul de fabricație se înțelege timpul calendaristic necesar în decursul căruia are loc procesul de prelucrare a obiectelor muncii ( materie primă , materiale, etc) , trecerea acestora prin toate operațiile de producție cu scopul transformării lor în produse finite.

Cunoașterea duratei ciclului de fabricație a părților componente și structurii acestora permite a se acționa în sensul reducerii duratei de imobilizare a mijloacelor circulante, accelerarea vitezei de rotație a acestora, iar elementele de bază ale producției în final ( mijloacele de muncă, obiectele muncii și forța de muncă ) sînt mai bine folosite. De asemenea cunoașterea acestuia asigură stabilirea termenelor de începere a procesului de producție ( lansarea în producție ) al unui produs, lot, atunci cînd se cunoaște termenul de livrare, pentru alcătuirea graficelor de fabricație și pe această bază a programelor operative de producție, etc.

Structura ciclului de fabricație, greutatea specifică a părților componente ale acestuia, diferă de la o ramură la alta chiar și între întreprinderile aceleiași ramuri. Cauzele care explică aceste diferențieri sînt determinate de : caracteristicile produselor fabricate, tehnologia de fabricație folosită, tipul de producție și felul organizării producției, durata diferitelor operații și posibilitățile de îmbunătățire a lor în timp, etc.

Dintre elementele amintite o mare influență e exercită asupra scurtării duratei ciclului forma de organizare a producției. Astfel , prin organizarea producției în flux este posibilă aplicarea celei mai avantajoase forme de imbinare a operațiilor tehnologice, iar din punct de vedere al reducerii ciclului de fabricație cele mai mari avantaje le oferă transmiterea în paralel a obiectelor muncii.



Faptă de îmbinarea succesivă sau îmbinarea paralel-succesivă (mixtă) îmbinarea paralelă este forma de organizare a circulației pieselor în care fiecare piesă sau grup de piese din lot trece la operația următoare fără o perioadă de așteptare - toate operațiile executându-se paralel.

O precizare importantă se referă la modul cum se ia în calcul la determinarea duratei ciclului timpului de fabricație. În literatura de specialitate metodele de calcul se aplică de obicei asupra unei piese sau unui produs, asupra căruia se efectuează un anumit număr de operații. În cazul unor produse complexe formate dintr-un număr mai mare de piese sau subansamble, în condițiile organizării unei fabricații de serie și în flux, este necesar a se ține seama că multe dintre aceste repere sau subansamble se execută simultan. În acest caz se ia în considerare ciclul de fabricație pentru reperul sau subansamblul cu durata cea mai mare, durata ciclurilor pentru celelalte repere sau subansamble încadrându-se ca timp în cel mai lung.

În general, ciclul de fabricație se compune din: timpul de lucru și timpul întreruperilor, iar fiecare dintre acestea are mai multe componente.

Cele două componente ale duratei ciclului de fabricație se subîmpart, la rândul lor, în: timpul de lucru ( $T_e$ ), care trebuie să aibă ponderea cea mai mare în durata totală a ciclului, și care cuprinde: durata timpilor operativi ( $T_o$ ), timpul proceselor naturale ( $T_{pn}$ ) și timpilor operațiilor auxiliare ( $T_a$ ). Timpii operativi cuprind atât timpul de efectuare a operațiilor tehnologice ( $T_{tehn}$ ), cât și timpii de pregătire - încheiere ( $T_{pi}$ ), iar timpii auxiliari ( $T_a$ ) cuprind timpul de transport ( $T_{tr}$ ) și de control ( $T_c$ ) al obiectelor muncii în drumul lor în diversele operații și faze de prelucrare. Durata proceselor naturale ( $T_{pn}$ ) prezintă importanță numai în anumite ramuri ale economiei, unde sînt procese tehnologice naturale ( fermentare, uscarea lemnului etc.).

Cea de a doua parte a ciclului de fabricație cuprinde timpii întreruperilor ( $T_{in}$ ), care se prevăd și se planifică în procesul de producție, în raport cu timpul calendaristic:

- întreruperi din cauza regimului de lucru (lucru într-un

schimb sau două), zile nelucrătoare, pauze pentru mese);

- întreruperi cauzate de așteptarea eliberării locului de muncă ocupat de alte lucrări;

- întreruperi pentru așteptarea la montaj a pieselor sau subansamblelor respective.

Formula de stabilire a duratei ciclului operațiilor tehnologice în cazul transmiterii în paralel a obiectelor muncii cu luarea în considerare a tuturor elementelor structurii ciclului este :

$$T_{cp} = \frac{G}{60 \cdot K_g \cdot h} \left[ \sum_{i=1}^K \left( \frac{t_{pi_1}}{M_1 \cdot K_{n_1}} m_i + \frac{t_{u_i}}{m_i \cdot K_{n_1}} + t_{c_1} + t_{t_1} \right) + (n-1) \left( \frac{t_{u_1}}{M_1 \cdot K_{n_1}} \right)_{\max} \right] + \frac{T_n}{24}$$

$G = 1,19$

$K_g$  - număr de schimburi lucrătoare pe zi;

$h$  - număr de ore lucrătoare pe schimb;

$t_{pi_1}$  - timpul pentru pregătire-încheiere

$m_i$  - număr de locuri de muncă;

$M_1$  - numărul de muncitori care participă simultan la lucrările de pregătire-încheiere;

$K_{n_1}$  - coeficientul mediu de îndeplinire a normelor;

$t_{u_i}$  - timpul unitar pentru fiecare operație;

$t_{c_1}$  - timpul de control ;

$t_{t_1}$  - timpul de transport al pieselor;

$T_n$  - durata proceselor naturale.

Avînd în vedere posibilitățile de executare în paralel a diverselor piese, lansarea în fabricație a produsului începe cu subansamblele care necesită consumul cel mai mare de muncă.

În anexa 18 se prezintă modul de execuție în timp a operațiilor tehnologice aferente fabricației de mașini electrice. Din analiza graficului se observă că operațiile din coloanele D, E, F, G nu se suprapun. În coloana C operațiile sau subansam-

blele se execută în paralel și obligatoriu trebuie să se finalizeze odată cu începerea operației de montaj general (D VIII). Aceste operații sînt: CI, II, III, IV, V, VI, VIII, XII. În coloanele A și B se evidențiază suprapunerea operațiilor aferente executării subansamblelor de la C VIII și C XII.

Operațiile procesului de montaj general nu se execută simultan, cu toate acestea este necesar ca reperete și subansamblele necesare montajului să fie asigurate la începutul activității, pentru a se evita dereglările ce se pot produce din lipsa acestora.

In vederea determinării mărimii duratei ciclului rezultă:

a) Pentru operațiile tehnologice din coloanele D, E, F, G se calculează separat durata ciclului de fabricație și se însumează.

b) Se calculează ciclul de fabricație pentru operațiile din coloanele: C I; C II; C III; C IV; C V; C VI; B VII - C VIII; B VIII - C VIII; A IX - B IX - C VIII; A X - B IX - C VIII B XI - C XII; B XII - C XII; B XIII - C XII.

Din însumarea variantei cu ciclul maxim, determinat prin calcul din coloanele menționate anterior, cu ciclul operațiilor din coloanele D, E, F, G se obține ciclul total de fabricație al lotului de meșteare electrică.

De precizat că sistemul predominant de producție fiind cel de serie mare, acesta determină implicit și alegerea relației de calcul pentru durata ciclului de fabricație  $T_p$  a unui lot de piese, în cazul de față corespunzător organizării în paralel. Față de loturile optime rezultate din ciclul pentru fiecare subasembla s-a adoptat un singur lot pe gabarit, cel corespunzător lotului pentru carcasă, lot care înglobează cele mai mari valori materiale, respectiv cei mai ridicai timpî de prelucrare mecanică, presare, ștanțare etc. În acest mod se evidențiază și perioada cîntă cînd lotul lansat în fabricație își încheie ciclul de producție - fiind disponibil pentru livrare.

Calculul ciclului de fabricație s-a efectuat pe baza schemei generale privind stabilirea duratei ciclului de producție - figura 12 - și a schemei logice a programului pentru ciclul de fabricație - figura 13. Elementele care concură la determi-

Schema generală pentru  $i$  de calcul a duratei ciclului de fabricație

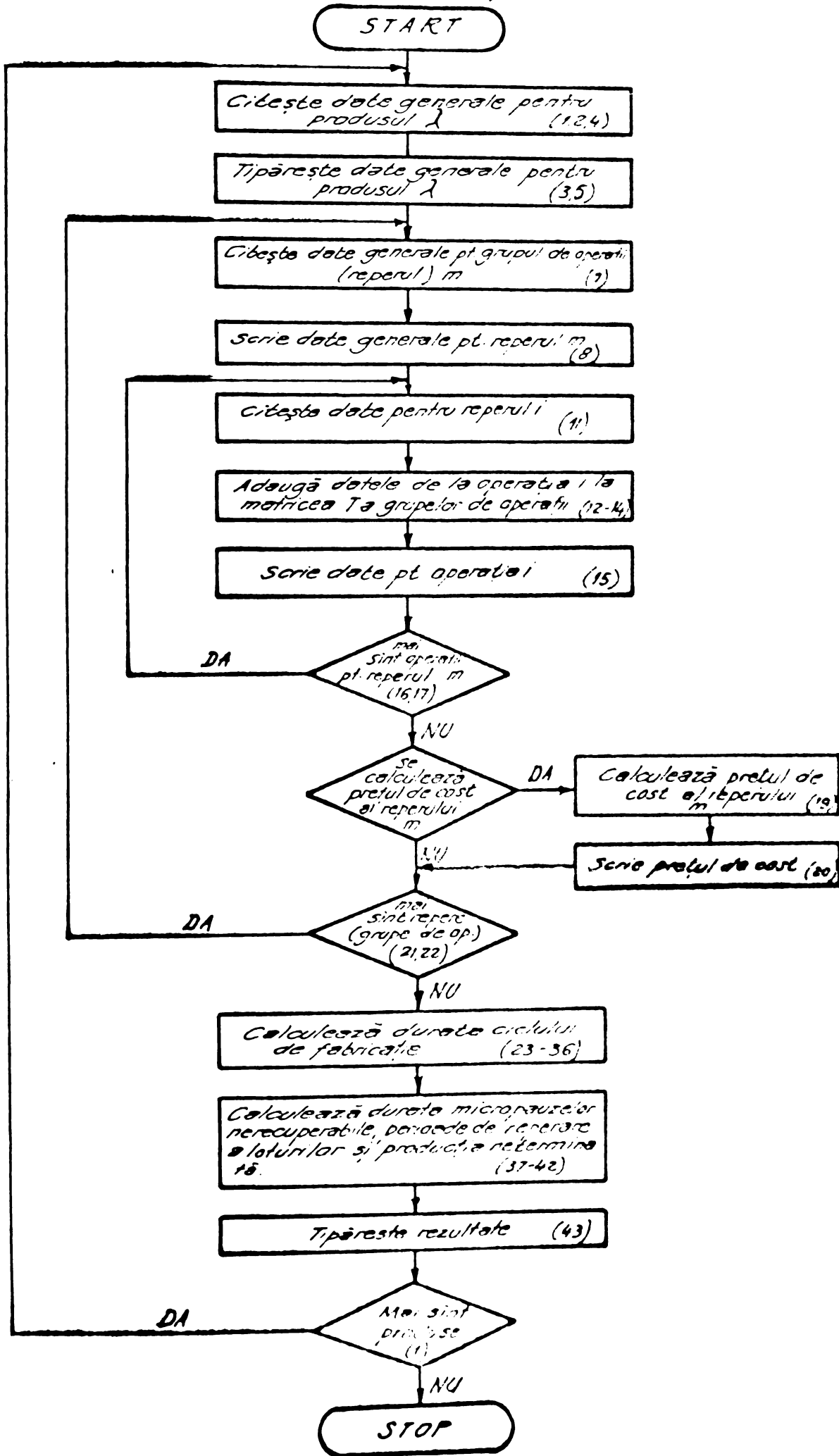
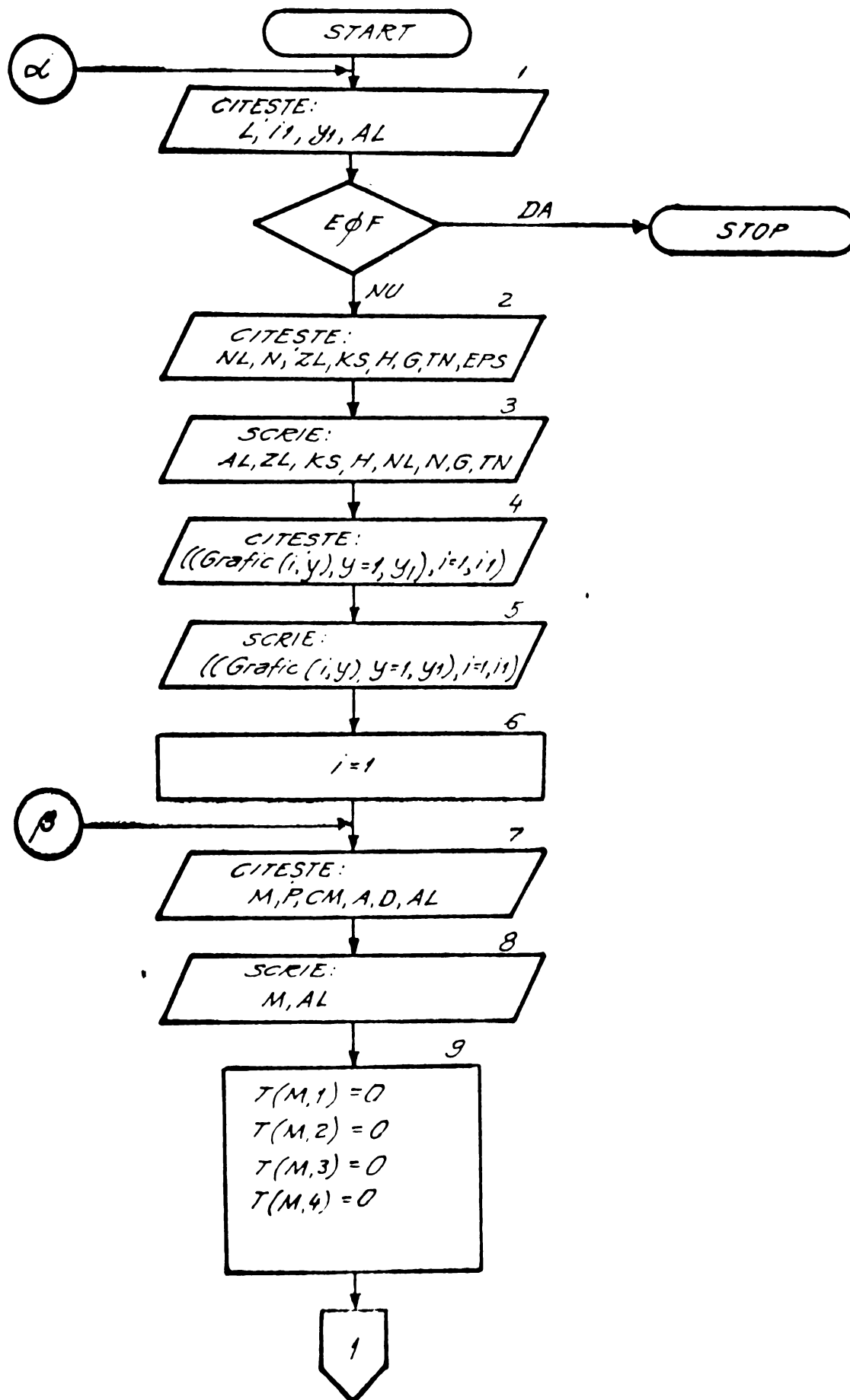
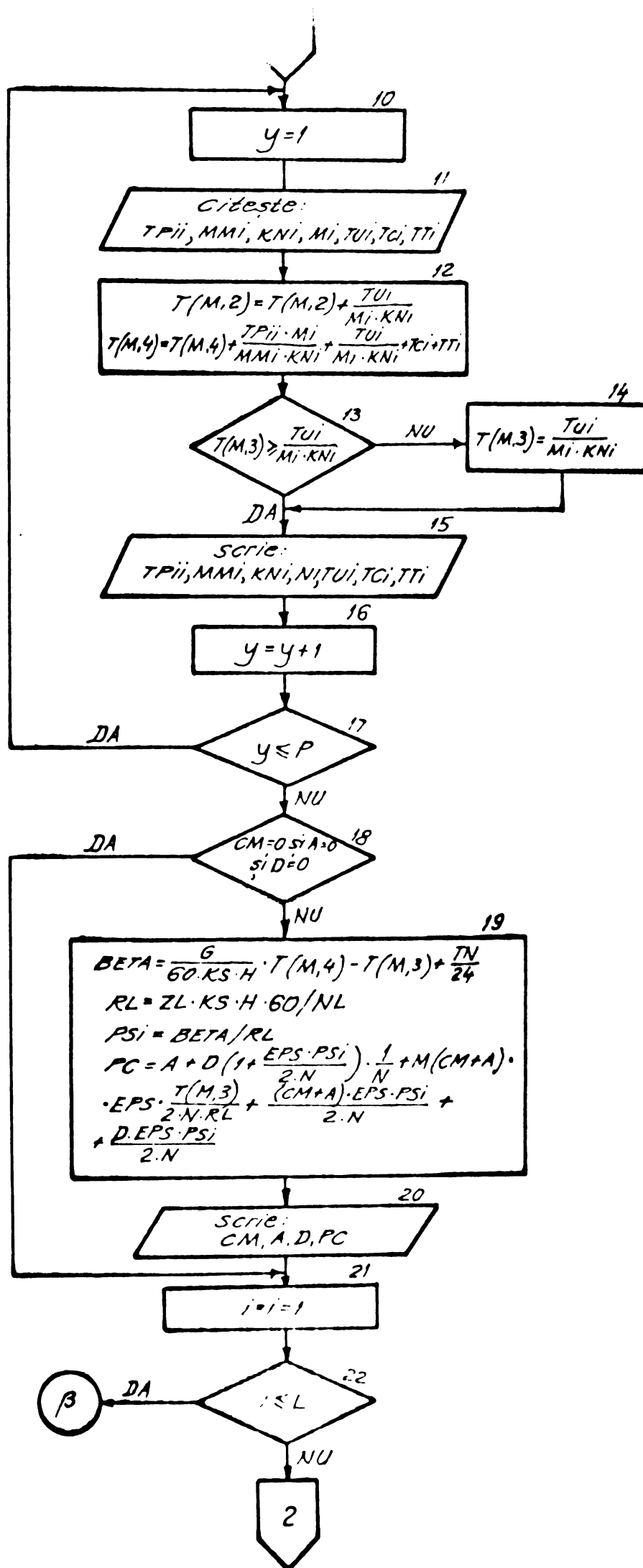
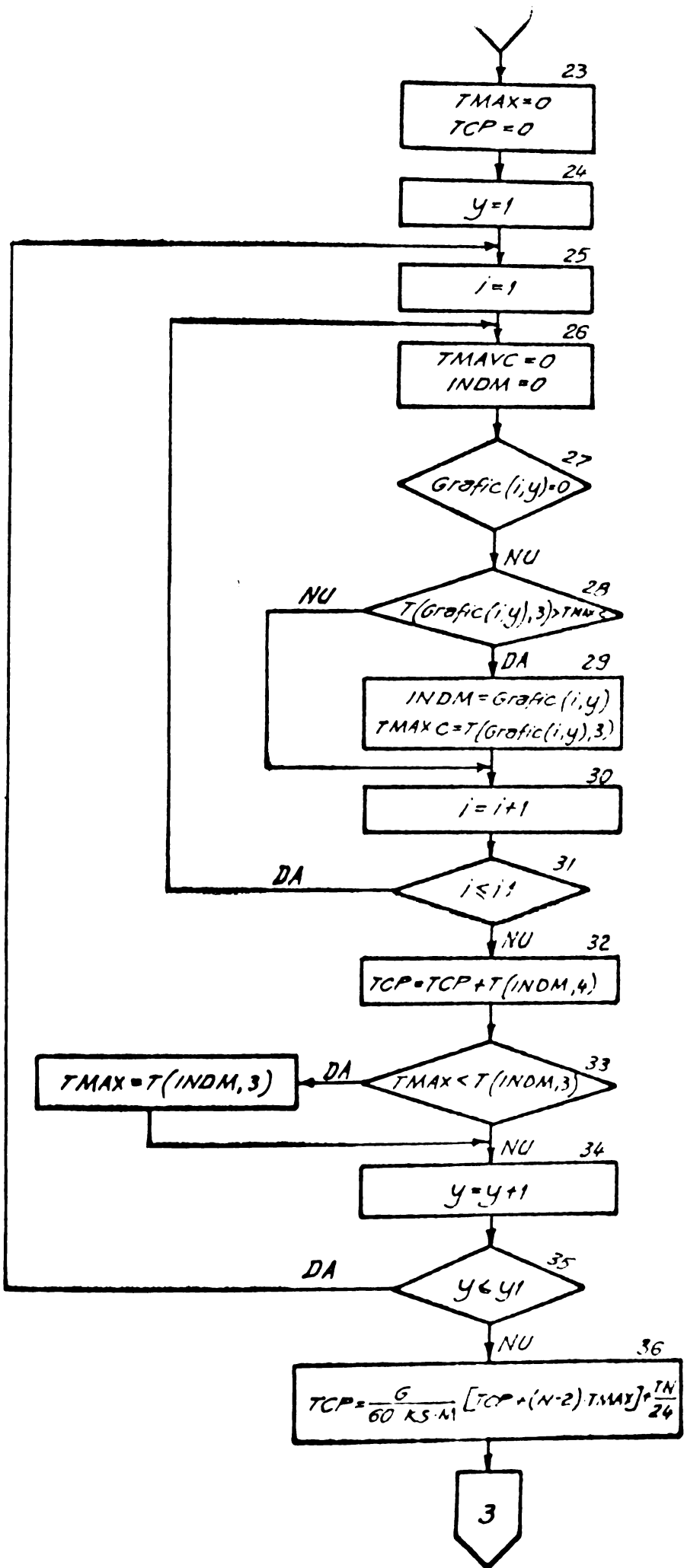


fig 12

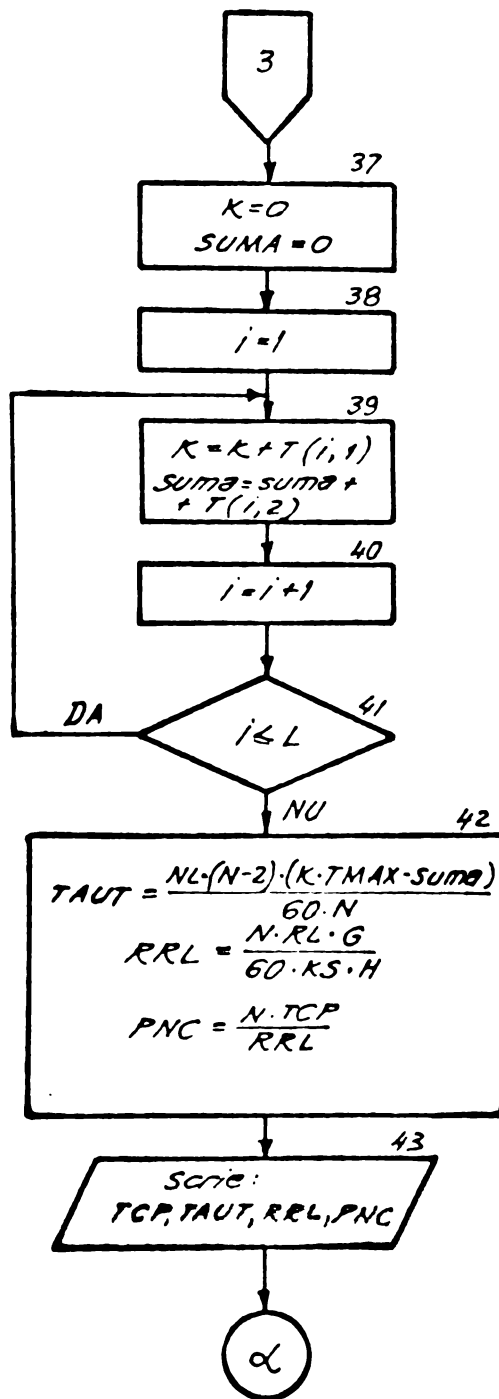
Schema logică pentru programul de calcul a duratei  
ciclului de fabricație.











narea acestei mărimi ca timp de prelucrare mecanică sau de execuție a operațiilor de ștanțare tole, realizarea miezului static, bobinaj etc., sînt cuprinse în anexele 19, 20, 21, 22 și pentru fiecare tip de motor din gabaritele 160-200.

Durata totală a ciclului de fabricație pentru motoarele din gabaritul ASI 160 pentru lotul de 257 motoare rezultă de 3,52 zile 4 zile, respectiv de 3,46 zile 4 zile la cele din gabaritul ASI 180 și 5 zile pentru gabaritul ASI 200, calculat la un lot de 177 motoare electrice.

De remarcat că, în aceste condiții producția neterminată medie ciclică oscilează între 473 bucăți în cazul primului gabarit și de 262 bucăți la gabaritul ASI 200.

Obținerea de valori diferite față de cele adoptate de întreprinderea "Electromotor" este cauzată de modul deosebit de abordare a problemei vizînd determinarea ciclului de fabricație. Astfel, în vederea asigurării cu un volum cît mai mare de mijloace circulante pentru producția curentă și producția neterminată în condițiile unei aprovizionări defectuoase, întreprinderea a stabilit, de exemplu, o durată a ciclului de fabricație de 42 de zile pentru motoarele din grupa ASI 160, durată menționată în "Nomenclatorul de produse editat în 1974.

De precizat că, mărimea lotului admis de întreprindere s-a calculat pentru o durată a ciclului de fabricație determinat cu relație corespunzînd metodei mixte de transmitere a reperelor și subansamblelor de la o operație la alta.

Studiul privind calculul lotului optim și-a propus nu numai evidențierea avantajelor folosind lansarea în fabricație a unor loturi optime față de actualul sistem, eficiența economică a acestei metode, ci și diminuarea volumului de mijloace circulante datorită scurtării duratei ciclului de fabricație și menținerea unei producții neterminate mici. În aceste condiții mărimile lotului optim și a duratei ciclului de producție nu sînt comparabile.

## 7.2. STUDIU COMPARATIV ÎNTELE METODELE DE CALCUL APLICATE PRIVIND LOTUL ȘI CICLUL DE FABRICAȚIE ȘI CELE PROPUSE

Calculul mărimii optime a lotului de fabricație nu poate

fi îngrijit în limitele unei formule general valabile, dar strădanțiile depuse pentru soluționarea problemelor complexe sînt de natură să satisfacă, deoarece pe baza unui lot optim se vor obține produse la un preț de cost minim. Într-o producție de serie ca la Elektromotor, cînd complexitatea proceselor tehnologice ridică multe probleme de organizare, se impune ca realizarea și lansarea în producție să se facă pe loturi, urmărindu-se folosirea cu eficiență ridicată a potențialului uman și tehnic de care dispune uzina.

Pornind de la planul valoric și fizic primit din partea forului tutelar, prin care se stabilește cantitatea de produse și sortimente care se va realiza în perioada respectivă, întreprinderea și-a stabilit "loturi" de fabricație, loturi lansate concomitent în fabricație și care implică o pregătire prealabilă a mașinilor, a materiei prime etc.

Relația de calcul folosită de întreprindere este evident o relație care nu ține seama de toți factorii care influențează mărimea lotului de fabricație. Astfel, lotul optim s-a stabilit avînd drept criteriu încadrarea în ciclul de producție

$$n_0 = \frac{T_0 - n \cdot t_1}{\frac{t_n}{s \cdot h}}$$

$T_0$  - durata ciclului de producție;

$t_1$  - durata normală a întreprinderilor între două operații;

$n$  - numărul de operații tehnologice care formează procesul de producție;

$t_n$  - timpul normat pe produs - pentru toate operațiile tehnologice;

$s$  - numărul schimburilor;

$h$  - numărul mașinilor la care au loc concomitent operații tehnologice.

Anterior acestei relații s-a încercat determinarea lotului optim ținînd seama de cheltuieli pe unitatea de produs, debînda calculată asupra fondului imobilizat în stocuri, cheltuieli de pregătire-încheiere. Fără a se întocmi studii bazate pe o colaborare activă între tehnologii și economiștii întreprinderii, s-au apreciat aceste cheltuieli empiric, rîndă detexuinarea exactă

. / .

a cheltuielilor legate de pregătirea documentației de execuție, calculul manoperei, reglarea mașinilor etc. De altfel tocmai datorită faptului că de aceste elemente nu s-a ținut seama și în special de reglarea mașinilor semiautomate, agregate specializate, unde timpul de pregătire reglare este mai îndelungat, aproximațiile au fost făcute în limite foarte largi, reflectate în mărimi ale lotului necorespunzătoare, motiv pentru care relația de calcul a fost abandonată.

Stabilirea mărimii lotului, plecând de la durata ciclului de fabricație, a avut drept criteriu modalitatea de a se asigura atribuirea de mijloace circulante pentru producția curentă cât și celei aferente producției neterminate, mijloace bănești menite să asigure desfășurarea unei producții ritmice în condițiile unei aprovizionări dificile.

Evidenț, oricare din relații ar fi fost folosită nici una nu putea concentra influența unui mare număr de factori ai procesului de producție, nu putea atribui lotului de fabricație caracterul de parametru sintetic. Aceste considerente permit a se face observația că lucrul pe bază de loturi, în producția de serie, reprezintă o necesitate obiectivă determinată de respectarea cerințelor principiului paralelismului și a eficienței economice, nu își găsește încă aplicarea la întreprinderea "Electromotor". Există desigur și condiții obiective, complexitatea calculului este deosebită în cazul în care există un număr mare de repere, deoarece pentru fiecare lotul trebuie să se calculeze separat. Aceasta impune folosirea mașinilor electronice pentru calculul lotului optim. De asemenea, lipsa în cadrul întreprinderii a unor fișiere permanente actualizate pentru produse, subansamble, repere, operații, norme de consum (timp și materiale), care să asigure informațiile necesare (calitativ și cantitativ) constituie un alt impediment în optimizarea programării operative, respectiv calculul lotului optim.

Determinarea ciclului de producție s-a efectuat folosind relația de calcul:

$$T_{cm} = \frac{\beta}{s \cdot h} \left[ n \sum_1^k \frac{t_i}{m_i} + k t_{im} - (n-1) \sum_1^{k-1} \frac{t_s}{m_s} \right] + \frac{T_n}{24}$$

- coeficient rezultat din raportul zile totale/zile lucrătoare;
- $s$  - numărul de schimburi;
- $h$  - numărul de ore pe schimb;
- $t_1$  - durata operațiilor tehnologice;
- $m_1$  - folosirea mai multor locuri de muncă la aceleași operații;
- $t_{1m}$  - durata medie a timpului de așteptări între operațiile tehnologice;
- $t_s$  - timpii pentru operațiile mai scurte;
- $m_s$  - folosirea mai multor locuri la operațiile scurte;
- $T_2$  - durata proceselor naturale în ore,

relație corespunzând metodei mixte de transmitere a reperelor și subansamblilor de la o operație la alta. Prin stabilirea elementelor din structura relației, calcularea ciclului de producție în cazul motoarelor electrice din grupa ASI 160-180-200 a condus la un interval de 42-48 de zile.

Desigur, observațiile care se pot face în comparație cu situația actuală vizează deopotrivă atât relația, legată direct de metode de transmitere a reperelor - care în prezent s-a schimbat, cât și valoarea termenilor de care s-a ținut seama la stabilirea ciclului de producție.

Observațiile pot fi sintetizate astfel:

- Lotul de producție care influențează direct asupra duratei ciclului de producție nu corespunde actualelor cerințe.

- Timpii tehnologici utilizați pentru calculul respectiv s-au modificat ca urmare a introducerii de noi scule, dispozitive.

- Operațiile tehnologice s-au schimbat ca urmare a achiziționării de noi utilaje cu productivitate ridicată, comparativ cu cele existente la data calculului (1974), sau construirea prin aututilare a unor utilaje specializate. Pentru exemplificare; la ASI 160 strunjirea umărului, timpul tehnologic inițial a fost de 11 minute, actualmente 5,8 minute sau, pentru finisare umăr 11,4 minute față de 4,26 minute. Situație similară și pentru celelalte gabarite.

- Ca și în majoritatea întreprinderilor, consumul de timp între operații nu se normalizează. În literatura de specialitate la calculul duratei normale a ciclului de producție se recomandă

stabilirea mărimii globale a timpului între operații. O verificare a timpului  $t_{jm}$  inclus în calcul a evidențiat o diferență sensibilă pentru durata imobilizării pieselor între operațiile tehnologice, fie pe linia de carcase, fie pe cea de rotoare.

Durata ciclului de producție determinat cu relația menționată se cere schimbată și datorită modului de organizare și de amplasare a utilajelor, care diferă esențial de vechea situație. Schimbările privind elementele de calcul, utilajele, a metodei de transmitere a reperelor converg spre concluzia că actualul ciclu de producție nu este în concordanță cu realitatea.

## C A P I T O L U L 8

### C O N C L U Z I I

Lucrarea elaborată constituie o analiză a condițiilor de aplicare practică a programării matematice, a îmbunătățirii tehnologiei actuale și optimizarea principalilor parametri ai programării operative în vederea obținerii unei eficiențe economice sporite în fabricația de mașini electrice.

La elaborarea lucrării s-a încercat a se ține seama de cerințele impuse folosirii raționale a zestre tehnice din dotarea întreprinderii, creșterea gradului de utilizare a metalului și solicitarea unui minim de mijloace circulante destinate producției.

În cadrul studiului au fost abordate principalele aspecte legate de îndeplinirea sarcinilor fizice stabilite prin plan, sarcini care au constituit condiții restrictive față de posibilitățile teoretice a capacităților de producție și evaluarea unui volum suplimentar de producție determinat cu ajutorul programului " Opaline " din biblioteca calculatorului FELIX - 256.

Studiul privind aplicarea programării liniare s-a considerat ca necesar ținând seama de faptul că în general literatura de specialitate se referă la aplicații pentru un



singur reper și nu pentru un produs reprezentativ. De asemenea, optimizarea principalilor parametri ai programării operative premiază a unei conduceri optime și organizării superioare a producției, precum și cunoașterea condițiilor concrete menite să asigure o eficiență economică sporită, constituie alte aspecte abordate în cadrul acestui studiu.

Pe baza studiilor efectuate s-a reținut o serie de concluzii privind avantajele aplicării programării liniare, îmbunătățirea tehnologiei și optimizarea parametrilor programării operative.

În primul rând studiul scoate în evidență faptul că pentru reușita aplicațiilor propuse se impune asigurarea unor condiții specifice legate de îmbunătățirea tehnologiei, existența unei baze de date actualizate pentru a putea fi utilizate ori de câte ori sarcinile de producție se modifică. În ceea ce privește îmbunătățirea tehnologiei actuale, studiile propuse demonstrează eficiența acestora și vizează:

- realizarea arborelui prin forjare de precizie, care asigură o importantă economie de metal în funcție de forma geometrică a arborelui, precum și îmbunătățirea coeficientului de utilizare a metalului, de la 0,527 la 0,855 pentru arborele mașinii electrice din grupa A31 180, respectiv reducerea timpului de prelucrare. În nivelul anului 1979 economia de metal pentru cele 3 tipuri reprezentative însumează circa 500 tone metal, respectiv o valoare de aproximativ 5.000.000 lei;

- livrarea de către furnizorii de tablă silicioasă (Combinatul siderurgic Galați și Tîrgoviște) a dimensiunilor de benzi care să permită decuparea directă a tezelor la presele cu avans automat. Se asigură o economie de circa 1.750 tone metal (19.000.000 lei), valoare estimată față de combinațiile de creire ce se practică în prezent și care conduc în cazul optim la o pierdere de 7 la sută, plan de creire care în condițiile concrete ale sarcinilor lunare nu se poate respecta, pierderile fiind și mai mari, soluție care răspunde imperativului actual de economisire a metalului;

- trecerea de la prelucrarea clasică a scuturilor pe



strunguri paralele, la prelucrarea acestora pe strunguri specializate cu program asigură o creștere a productivității muncii cu circa 30 la sută.

Realizarea sarcinilor de plan în condiții restrictive și o încărcare medie a utilajelor de cel puțin 85 la sută, la o însestrare tehnică dată, obligă la stabilirea unei soluții optime care nu poate fi determinată decât cu ajutorul programării liniare. Calculul efectuat cu ajutorul unui algoritm de calcul și al calculatorului electronic a demonstrat în condiții concrete existente în întreprindere a următoarelor avantaje:

- posibilitatea realizării unui volum suplimentar de producție de circa 57.000.000 lei, spor de producție rezultat din capacitatea reală a liniei de carcase de 32.193 bucăți, față de 25.000 bucăți planificate;

- elaborarea unui algoritm de calcul ce asigură aplicarea programării liniare ori de câte ori se modifică sarcinile de plan precum și calculul de fundamentare a încărcării utilajelor din dotare. Față de algoritmele care permit aplicarea programării liniare în cazul unor repere, cel elaborat se referă la un produs reprezentativ, permițând o apreciere globală asupra încărcării raționale a mașinilor de prelucrare, localizarea strângulărilor și obținerea unor producții suplimentare fără fonduri de investiții;

- elaborarea unui model matematic, aplicație a programării liniare, cu caracter de nouitate, ce asigură realizarea unui program de producție pentru reperele importante ce intră în structura unui motor electric, model care ține seama de planul de producție, s. ocul de repere actualizat cu realizările zilei precedente, de priorități date prin plan și priorități pe fluxul tehnologic.

O premisă de bază a optimizării programării o constituie existența în cadrul întreprinderii a unor fișiere permanente actualizate pentru repere, subansamble, mașini unelte, norme de consum (timp și materiale), care să asigure informațiile primare pentru calcul. Calitatea acestor informații determină în mare măsură precizia și operativitatea efectuării

calculelor. Din acest punct de vedere informațiile care au stat la baza calculelor din acest studiu au fost extrase din evidența primară a secției de producție, la nivelul anului 1979. Pe baza algoritmilor elaborate s-a întocmit schema generală și schema logică de calcul a principalilor parametri ai programării operative, iar programul elaborat asigurând calculul lotului optim, și pentru fiecare subansamblu, determinarea coeficienților specifici pe baza cărora s-a stabilit sistemul de producție. Față de aplicarea unor programe asemănătoare, cele propuse se referă la determinarea unui lot optim, durata ciclului de fabricație, etc. pentru un produs finit și nu pentru un reper, demonstrând avantajele lansării în fabricație a producției pe loturi optime și nu pe comenzi lunare.

Optimizarea parametrilor principali ai programării operative a stabilit modul și condițiile de aplicare practică a teoriilor elaborate evidențiindu-se avantaje concrete:

- asigurarea unei eficiențe economice de circa 1.200.000 lei prin trecerea de la loturi stabilite empiric la organizarea producției pe bază de loturi optime, ca urmare a micșorării cheltuielilor de producție pe bucată, față de varianta aplicată la întreprinderea "Electromotor";

- stabilirea corectă a duratei ciclului de fabricație în condițiile tehnice existente pentru lotul optim calculat și care este inferioară celei calculate de întreprindere, ceea ce asigură și reducerea normativelor atribuite pentru realizarea producției;

- stabilirea unor măsuri ce se impun a fi luate pentru respectarea principiului proporționalității, inclusiv determinarea numărului de mașini determinat pe baza schemei generale și a schemei logice pentru calculul mașinilor;

- reconstituirea tehnologiei de fabricație, completarea documentației tehnologice și în special fundamentarea tehnică a normelor de timp ( timp unitar, timpul de pregătire-încheiere), înzestrarea cu echipament tehnologic, amplasarea rațională a utilajului, stabilirea unui circuit a documentelor primare legate de optimizarea parametrilor principali ai pro-

gramării producției, care să asigure în final stabilirea relativă a condițiilor de producție în perioada de plan;

- necesitatea unei bănci de date cuprinzând informațiile ce concurează la optimizarea parametrilor principali ai programării operative și actualizarea acestora în funcție de modificările ce survin.

Deoarece fiecare din programele elaborate comportă existența unui volum considerabil de date, se impune ca în vederea asigurării unei precizii ridicate și operativității în timp real, folosirea unor calculatoare care să dețină performanțe corespunzătoare gradului de complexitate a problemelor ce se cer rezolvate.

Studiul efectuat a urmărit evidențierea unor aspecte importante privind optimizarea tehnologiilor folosite în construcția de mașini corelate cu o dotare tehnică corespunzătoare. În vederea rezolvării în condiții optime a problemelor și condițiilor complexe pe care le prezintă procesul de producție pentru aplicarea justă a teoriilor și relațiilor analitice, se impune o analiză și pregătire specifică a proceselor tehnologice considerate. Studiul elaborat a necesitat o multitudine de informații, de date concrete în scopul obținerii unor soluții realiste; autorul își aduce pe această cale mulțumirile sale conducerii și cadrelor tehnice de la întreprinderea "Electromotor" pentru sollicitudinea, sprijinul și interesul manifestat privind această temă. De asemenea, mulțumiri sînt adresate și conducerii și specialiștilor de la Centrul Teritorial de Calcul, pentru strădaniile depuse în aplicarea modelului matematic elaborat pentru realizarea programului de producție, pentru reperele importante ce intră în structura unui motor electric.

Consideră că prin modul de abordare și tratare a tematicii propuse, studiul își aduce o modestă contribuție teoretică dar mai ales aplicativă la posibilitățile de extindere a programării liniare, a optimizării parametrilor programării operative, și reducerea consumului de metal, probleme ce concurează la ridicarea eficienței economice, ce constituie de altfel prioritate în întreprinderile constructoare de mașini.

## B I B L I O G R A F I E

1. Ceaușescu N. Raport la cel de al XII-lea Congres al Partidului Comunist Român. Ed. Politică 1979.
2. x x x x Directivile Congresului al XI-lea al Partidului Comunist Român cu privire la planul cincinal 1976 - 1980 și liniile directoare ale dezvoltării economico- sociale a României pentru perioada 1980 - 1990. Congresul al XI-lea al Partidului Comunist Român, București. Ed. Politică 1975.
3. Ceaușescu N. Convîntarea la Plenara comună a Comitetului Central al Partidului Comunist Român și Consiliului Suprem al Dezvoltării Economice și Sociale a României, noiembrie 1973. România pe drumul construirii societății socialiste multilaterale dezvoltate, vol.9 București, Ed. Politică - 1973.
4. x x x x mutații contemporane în știință și tehnică și implicațiile lor, București. Ed. Politică 1975.
5. Ceaușescu N. Convîntarea la Plenara Comitetului Central al Partidului Comunist Român, noiembrie 1976. România pe drumul construirii societății socialiste multilaterale dezvoltate, vol.13 București. Ed. Politică 1977.
6. Ceaușescu N. Convîntarea la Censfătura de lucru de la Comitetul Central al Partidului Comunist Român, septembrie 1977, București. Ed. Politică 1977.
7. Ackoff, R.S; Sasieni M. Bazele cercetării operaționale, București .Ed. Tehnică 1975.
8. Andrei P. Optimizarea structurii producției în întreprinderile industriale. București I.C.D.T. 1972.
9. x x x x Aplicații ale metodelor matematice în activitatea întreprinderilor , vol.I București, I.C.D.T. 1971.

10. x x x x      Aspecte ale activității de planificare în întreprinderi. Culegere de traduceri. București I.N.I.D. 1975.
11. x x x x      Automatica, management, calculatoare. Ed. Tehnică, 1976 vol. 21.
12. Bellman, R.E; Dreyfusst. Programarea dinamică aplicată. Ed. Tehnică 1967.
13. Birlea St ; Homos T ; Costeiu St; Considerațiuni asupra modelării cibernetice a proceselor de producție în construcția de mașini. Bul.Inst.Pol.București, nr. 3/1969.
14. Birlea St; Homos T; Margărit G, Unele aspecte ale folosirii calculului capacității de producție în organizarea și planificarea producției întreprinderilor constructoare de mașini. Metalurgia și construcția de mașini nr. 5/1961.
15. Birlea St; Dumitru V; Homos T. Aplicații ale programării matematice la determinarea capacităților tehnice și de regim a secțiilor de producție. Studii și cercetări de calcul economic și cibernetică economică Nr.3/1966.
16. Birlea St. Inițiere în cibernetica sistemelor industriale. Ed. Tehnică București, 1975.
17. Braukamp K. Preluarea integrată a datelor, un instrument al conducerii științifice a producției. REFA-Nachrichten . RFG 25 nr. 3/1972.
18. Belduz Gh. Asupra problemelor complexe de programare operațională a producției. Studii și cercetări de calcul economic și cibernetică economică Nr. 4/1973.
19. Buffa E. Conducerea modernă a producției. Vol. I. Ed. Tehnică, 1975.
20. Călinescu V. Metode de determinare a maximii optime a lotului și seriei de producție. București ICDT 1968.
21. x x x x      Concepții noi și practica organizării întreprinderilor. Culegere de traduceri, București I.N.I.D. 1975.
22. x x x x      Determinarea lotului optim de producție și a maximii seriilor. I.D.T. 1962.

23. x x x x      Determinarea capacităților de producție a lotului optim. București I.C.D.T. 1969.
24. Debrean C.      Aplicații ale programării liniare la întreprinderile Electrometec. Simpozionul de organizare științifică a producției. I.P. Traian Vuia, 1979.
25. Elmaghraby S.E.      Proiectarea sistemelor de producție, București, Ed.Politică 1968.
26. Hones T.      Considerații privind determinarea lotului optim în construcția de mașini, Construcția de mașini nr. 3/1970.
27. Hones T, și colectiv.      Optimizarea principalilor parametri necesari în cadrul unui sistem integrat de programare operativă a producției de serie. Construcția de mașini nr. 11 /1971.
28. Hones T.      Contribuții privind calculul duratei ciclului de fabricație în construcția de mașini. Revista Metalurgica și construcția de mașini nr.127/1963.
29. Hones T; Olobanu Gh.      Determinarea mărimii optime a lotului de fabricație în construcția de mașini. Studii și cercetări de calcul economic și cibernetică economică nr. 1/1970.
30. Haiduc I.      Economia, organizarea și planificarea întreprinderilor constructoare de mașini. Vol. F Timișoara, 1968.
31. Hones T.      Capacitatea de producție în construcția de mașini, Ed.Tehnică, București 1972.
32. Iliescu I.      Capacitățile de producție și căile utilizării lor eficiente, București, Ed.Politică, 1973.
33. Ilie R ; Hones A;      Utilizarea calculatoarelor electronice în conducere. București I.N.I.D. 1979.
34. Kaufman A;      Metode și medele ale cercetării operaționale vol.I, București, Ed. științifică , 1967.
35. Lahman A.      Planificarea operativă. Planificarea și controlul producției. Principii și metode: Direction et Gestion nr. 3/1970.
36. Lange O.      Introducere în cibernetica economică. Editura științifică, București 1967.



37. x x x x Manual de inginerie industrială. Vol. I. Ed. Tehnică, 1975.
38. Maynard H.B. Conducerea activității economice. București Ed. Tehnică, 1971, vol. 2.
39. Maynard H.B. Conducerea activității economice. București Ed. Tehnică 1972. vol.3 .
40. x x x x Metode de planificare a activității întreprinderilor. București, I.N.I.D . 1973.
41. Miheș Gh; Hădejde I.-Programarea matematică. București, Ed. științifică, 1970.
42. Mihăiescu I; Dobrea G; Programarea producției de motoare electrice la electromotor. Simpozionul de organizare științifică a producției. I.P. Traian Vuia , 1979.
43. Hădejde I; s.a.-Probleme de cercetare operațională. Programarea matematică, București, Ed. Academiei 1971.
44. Olenki I. Probleme de optimizare a planului de producție pe baza mai multor criterii. Ekonomika i Organizatsiya pracy Nr.3/1967.
45. x x x x Optimizarea mărimii seriei și a lotului de producție. București, I.C.D.I. 1970.
46. Popescu I. Așcența economică a sistemelor de producție. Ed. tehnică 1979.
47. Popovici G; Savii Gh ; Killman V. -Tehnologia construcțiilor de mașini, București, Ed. Didactică și Pedagogică , 1967.
48. Pestelnic T. Matematici speciale aplicate în economie, programe matematice și grafuri, București Ed. Didactică și Pedagogică, 1977.
49. Rakovski M.E.-Problemele ridicării randamentului producției și folosirea calculatoarelor electronice : Vestnik masinstroenia .URSS Nr.3/1971.
50. Richter A. Un sistem unitar de clasificare a construcțiilor de mașini : Der Maschinbau, ED: Nr.1/1971.
51. Rettner J. Le service operationnel de production de la SACM à Mulhouse, Automatisme IX, nr.10/1964.



52. Rotaru P. Introducerea tehnicii moderne în construcția de mașini, București. Ed. Academiei 1973.
53. Savii Gh. și colectiv; - Considerații asupra organizării științifice a procesului de producție și construcției de mașini prin grafice și nemegrame. Universitatea Timișoara, 1970.
54. Savii Gh; și colectiv - Principii de organizare a întreprinderilor. Structura și relațiile în cadrul unei forme organizatorice; Probleme ale organizării științifice a producției și a muncii. Timișoara 1968.
55. Savii Gh; Cojocaru O; - Flexibilitatea în fabricația de mașini. Timișoara, Ed. Facla, 1977.
56. Schattler T. Metode economice moderne. Editura științifică, București, 1971.
57. Stăncel I. Programarea operativă a producției de mașini. București, Ed. științifică, 1965.
58. Starr M.K. Conducerea producției. Sisteme și sinteze. București, Ed. Tehnică
59. Stănescu V. Metoda de determinare a mărinii optime a lotului și seriei de producție. București, I.D.T. 1968.
60. Videckis H, și Cresp M. - Aportul informației în utilizarea conducerii producției la o întreprindere mare de prelucrare mecanică. Entreprises Rhône - Alpes, Franța, 1971.
61. Vondracek P. Analiza sistemelor informaționale din întreprinderi. Buletin de informare pentru cadrele de conducere ( I.N.I.D) nr. 2/1974.
62. Vaur M.P. Systèmes d'information et de décision pour le management : Management France, Franța nr. 6/1973.
63. Vagu P. Conducerea, organizarea și planificarea unităților industriale. Editura didactică și pedagogică, București, 1975.

## C U P R I N S

	<b>pag.</b>
<b>INTRODUCERE</b>	
<b>cap.1</b>	<b>FOLOSIREA METODELOR MATEMATICE IN ECONOMIE</b>
<b>1.1</b>	<b>CONSIDERATIUNI GENERALE</b> <span style="float: right;"><b>1</b></span>
<b>1.2</b>	<b>CRITERII PENTRU ELABORAREA PROGRAMULUI DE PRODUCTIE</b> <span style="float: right;"><b>4</b></span>
<b>1.3</b>	<b>CALCULUL INCARCARI CAPACITATILOR DE PRODUCTIE CARE CONCURA LA REALIZAREA MASINILOR ELECTRICE DIN GAMARITUL 160- 200</b> <span style="float: right;"><b>12</b></span>
<b>Cap.2</b>	<b>UNELE CONSIDERENTE ASUPRA TEHNOLOGIEI DE PRELUCRARE PRIN ASCHIERE LA PRINCIPALELE REPERE DIN FABRICATIJA MOLOARELOR ELECTRICE TRIFAZATE CU PUTERI INTRE 4- 55 kw.</b> <span style="float: right;"><b>17</b></span>
<b>Cap.3</b>	
<b>3.1</b>	<b>FOLOSIREA MODELELOR MATEMATICE SI A CALCULATORILOR ELECTRONICE PENTRU CALCULUL SI ANALIZA INCARCARI UTILAJELOR</b> <span style="float: right;"><b>42</b></span>
<b>3.2</b>	<b>APLICAREA PROGRAMARII LINIARE IN FOLOSIREA OPTIMA A CAPACITATILOR DE PRODUCTIE</b> <span style="float: right;"><b>59</b></span>
<b>Cap.4</b>	<b>PROGRAMAREA OPERATIVA</b>
<b>4.1.</b>	<b>CALCULUL LOTULUI OPTIM. CONSIDERATIUNI GENERALE ASUPRA MARIMII LOTULUI</b> <span style="float: right;"><b>74</b></span>
<b>4.2</b>	<b>MODELE MATEMATICE SI DETERMINAREA MARIMII LOTURILOR OPTIME</b> <span style="float: right;"><b>75</b></span>
<b>4.3.</b>	<b>DIENSIUNILE LOTULUI, RELATIILE DE CALCUL ADOPTATE DE INTREPRINDEREA "ELECTROMOTOR"</b> <span style="float: right;"><b>77</b></span>

	<b>PAG.</b>	
4.4	CALCULUL LOTULUI OPTIM,RELATIILE DE CALCUL PROPUSE.	78
<b>Cap.5</b>		
5.1	ORGANIZAREA PRODUCTIEI,SISTEMUL DE PRODUCTIE	89
5.2	CERINTE IN STABILIREA VOLUMULUI DE PRODUCTIE PRINCIPIUL PROPORTIONALITATII.	92
<b>Cap.6</b>		
6.1	DETERMINAREA LOTULUI OPTIM.	98
6.2	VERIFICAREA PRINCIPIULUI PROPORTIONALITATII	108
<b>Cap.7</b>		
7.1.	STABILIREA CICLULUI DE PRODUCTIE LA MOTOARELE ELECTRICE DIN GABARITELE A.S.I. 160 - 180 - 200	117
7.2	STUDIU COMPARATIV INTRE METODELE DE CALCUL APPLICATE PRIVIND LOTUL SI CICLUL DE FABRICATIE SI CELE PROPUSE.	126
<b>Cap.8</b>	<b>C O N C L U Z I I .</b>	<b>130</b>

**FISE DE INCARCARE**  
**ATELIERUL : STANTARE - IMPACHETARE**  
**OPERATIILE :** - Stantare tola stator + rotor  
 - Impachetare miez magnetic stator

Produs reprezentativ	Cantitati plan (buc.)	Reperul	buc. / prod.	UTILAJUL						Obs.
				Preso avans out.		Inst. impachetare		t <sub>tot.</sub> (min)	Obs.	
				t <sub>min. / reper</sub>	t <sub>tot.</sub> (min.)	t <sub>min. / reper</sub>	t <sub>min. / reper</sub>			
1 ASI - B3 160 M/4	26.400	Tola rotor + stator	380	4,08	107.712	17	448.800			
2 ASI - B3 180 M/4	13.800	Tola rotor + stator	370	4,15	57.270	19,4	267.720			
3 ASI - B3 200 M/4	45.200	Tola rotor + stator	475	4,45	201.140	22,4	1.012.480			
4 Total minute					366.122		1.729.000			
5 Total ore					6.102		28.816			
6 Fond timp anual, masina/ore					5.500		6.000			
7 Nr. utilizaje					2		2			
8 Total fond timp anual (ore)					11.000		12.000			
9 Lipsa (-) surplus (+) ore masina					+ 4898		- 16.816			
10 Lipsa (-) surplus (+) masini					+ 0,89		- 2,8			
11 Capacitatea de prod in Nr produse reprezentative (buc.)					159.036		36.000			

**FIȘE DE ÎNCĂRCARE**  
**ATELIERUL: TURNARE SUB PRESIUNE**  
**OPERATIÎ :** -Turnare sub presiune colivie rotor + ventilator ext. + c.B.

Nr. crt.	Produs reprezentativ	Cantitate plan (buc.)	Reperul	buc. / prod.	Mas. turnare sub pres.		UTILAJUL		Obs.
					t <sub>u,prod.</sub>	t <sub>tot.</sub> (min.)			
1	ASI - B3 160 M/4	26.400	Colivie rotor	1	7,5	198.000			
2	ASI - B3 180 M/4	13.800	Colivie rotor	1	7,5	103.500			
3	ASI - B3 200 M/4	45.200	Colivie rotor	1	7,5	339.000			
4	ASI - B3 160 M/4	26.400	Vent. ext.	1	3,25	85.800			
5	ASI - B3 180 M/4	13.800	Vent. ext.	1	3,25	44.850			
6	ASI - B3 200 M/4	45.200	Vent. ext.	1	3,25	146.900			
7	ASI - B3 160 M/4	26.400	Corp + capoc c.B.	1+1	5,5	145.200			
8	ASI - B3 180 M/4	13.800	Corp + capoc c.B.	1+1	5,5	75.900			
9	ASI - B3 200 M/4	45.200	Corp + capoc c.B.	1+1	5,5	248.600			
10	Total (min)					1.388.350			
11	Total (ore)					23.139			
12	Fond timp anual / masina (ore)					5.500			
13	Nr utilizaje					5			
14	Total fond timp anual (ore)					27.500			
15	Lipsa (-) surplus (+) ore masina					+ 4.361			
16	Lipsa (-) surplus (+) masini					+ 9.79			
17	Capacitatea de prod in Nr de produse reprezentative (buc.)					101.851			

**FISE DE INCARCARE**  
**ATELIERUL: PREGĂTIRE BOBINE**  
**OPERAȚIA: - Confectionare bobine**

Anexo 3

Nr. ord.	Produs reprezentativ	Cantitate plan (buc)	Reperul	buc. prod.	Mds. confectionare bobine		UTILAJUL	
					t. min. / h. post.	t. tot (min.)		
1	AS1 - B3 160 M/4	26.400	Bobine	1 SET motor	17,35	458.040		
2	AS1 - B3 180 M/4	13.800	Bobine	1 SET motor	30,58	422.004		
3	AS1 - B3 200 M/4	45.200	Bobine	1 SET motor	31,80	1.437.360		
4	Total (min)						2317.404	
5	Total (ore)						38.623	
6	Fond timp anual/masina (ore)						6.500	
7	Nr. utilaje						6	
8	Fond timp anual (ore)						39.000	
9	Lipsa (-) surplus (+) ore masina						+ 377	
10	Lipsa (-) surplus (+) masini						+ 0,05	
11	Capacitatea de prod. in nr. de produse reprezentative (buc)						88.069	

# FIȘE DE INCĂRCARE

Anexo 4

## ATELIERUL: BOBINAJ

Produs reprezentativ	Cantități plan (buc.)	Reperul	buc. prod.	Banda bobinaj		UTILAJUL		Obs.
				t. ore t. prod.	t. tot (ore)			
ASI - B3 160 M/4	26.400	Sbs. stator bobinat	1	2,40	63.360			
ASI - B3 180 M/4	13.800	Sbs. stator bobinat	1	4,18	57.684			
ASI - B3 200 M/4	45.200	Sbs. stator bobinat	1	4,69	211.988			
4	Total (min.)				19.981.920			
5	Total (ore)				333.032			
6	Fond timp anual / banda (ore) 15x2250 x3				101.250			
7	Nr. utilaje (benzi)				4			
8	Fond timp anual (ore)				405.000			
9	Lipsă(-) surplus (+) ore mașină				+ 71.968			
10	Lipsă(-) surplus (+) mașini (benzi)				+ 9,71			
11	Capacitatea de prod. in nr. de produse reprezentative (buc.)				108.000			



**FISE DE INCĂRCARE**  
**ATELIERUL: IMPREGHARE (INST. DE IMPREGHARE SUB VID)**

ANEXO 5

**1. Caracteristici tehnice**

- Tactul de lucru al instalației ----- 7,5 min.
- Capacitatea de încărcare a dispozitivelor (U 27292) ----- gab. 5 - 5 buc.  
gab. 6 - 5 buc.  
gab. 7 - 4 buc.

**2. Fond de timp anual** ----- 6.500 ore

**3. Incărcarea instalației**

- pentru motoare gab. 5 (160) -----  $\frac{26.400}{5} \times 7,5 \times \frac{1}{60} = 660$
- pentru motoare gab. 6 (180) -----  $\frac{13.800}{5} \times 7,5 \times \frac{1}{60} = 345$
- pentru motoare gab. 7 (200) -----  $\frac{45.200}{4} \times 7,5 \times \frac{1}{60} = 1412$

Total 2417 ore

- 4. Lipsă (-) surplus (+) ore mașină ----- + 4083
- 5. Lipsă (-) surplus (+) mașini ----- + 0,63
- 6. Capacitatea de producție în nr. de produse reprezentative (buc.) ----- 240.000

# FIȘE DE INCĂRCARE ATELIERUL: MONTAJ

Anexa 6

## 1. Caracteristici tehnice

- Nr. posturi de lucru ----- 8
- Transportor cu role acționate liber
- Repartizarea operațiilor și volumul de manoperă pe posturi de lucru:

	$t_4$
- op. I-a Montare C.B	4,00
- op. II-a Montare rotor + capac rulm. interior	4,00
- op. III-a Montare scut + rulment	9,05
- op. IV-a Montare capac rulm. exterior	4,00
- op. V-a Montare ventilator exterior	2,30
- op. VI-a Montare capac vent. exterior	2,00
- op. VII-a Montare pană saibă	1,60
- op. VIII-a Control exterior	

Total manoperă montaj general 26,95

2. Factul de lucru al benzii se poate considera la nivelul timpilor majorității operațiilor ----- 4'
3. Fondul de timp anual (se lucrează în 3 schimburi) ----- 6500 ore
4. Încărcarea instalației -----  $\frac{85.400 \times 4'}{60} = 5693$  ore
5. Lipsă (-) surplus (+) ore masină ("bandă") ----- + 807 ore
6. Lipsă (-) surplus (+) masini ("bandă") ----- + 0,12 benzii
7. Capacitatea de producție în nr. de produse reprezentative (buc) -- 97.500

### Observații

- Prin redistribuirea operațiilor, modernizarea echipamentului tehnologic și alte măsuri tehnico organizatorice este posibilă creșterea capacității de montaj a benzilor cu încă 25-30% față de capacitatea actuală

# FISE DE INCĂRCARE

## ATELIER : STAND PROBE FINAL

Anexo 7

### 1. Caracteristici tehnice

- Nr. posturi de încercare ..... 20
- Transportor cu tact ..... tactul:  $1,35 \div 2'$

2. Fond de timp anual ..... 6.500 ore (în 3 schimburi)

### 3. Încărcarea instalației

- Se va lua acoperitor tactul de 2' pentru toate tipodimensiunile de motoare.

$$\frac{85.400 \times 2'}{60} = 2846 \text{ ore}$$

4. Lipsă (-) surplus (+) ore mașina ..... + 3654 ore

5. Lipsă (-) surplus (+) mașini ..... + 0,56

6. Capacitatea de producție în nr. de produse prezentative (buc.) ..... 132.000 buc.

### Observații

- Calculul s-a făcut numai pentru aripa de bandă aflată în funcțiune. Cea de a doua aripă destinată încercării motoarelor electrice din gab. 1-4 are de asemenea o rezervă de capacitate, putând fi utilizată și pentru motoare electrice gab. 5-7.

## FIȘE DE ÎNCĂRCARE ATELIER: VOPSITORIE

Anexa 8

### 1. Caracteristici tehnice

- Nr. de cirlige ale transportorului cu lanț	176
- Nr. de freceri prin tunei a fiecărei cirliğ pentru finalizarea unei piese	3
- Viteza transportorului	0,42 m/min.
- Pasul transportorului (între cirlige)	1000 mm
- Tactul instalației	$\frac{1.000}{0,42} = 2,4 \text{ min.}$

2. Fond de timp anual ----- 6.500 ore

### 3. Încărcarea instalației

- Număr de piese acoperite (vopsite)	85.400 buc. motorare
	85.400 buc. capace ventilator
<b>Total</b>	<b>170.800</b>

- Încărcarea instalației (în ore) -----  $\frac{170.800 \times 2,4}{60} = 6832 \text{ ore}$

4. Lipsă (-) surplus (+) ore mașină ----- 332

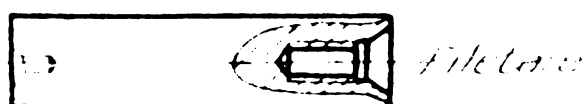
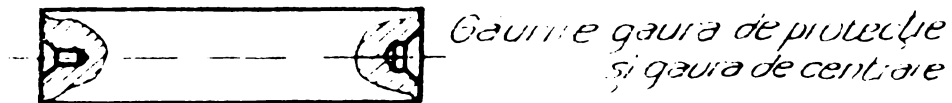
5. Lipsă (-) surplus (+) mașini ----- 0,05 mașini

6. Capacitatea de producție în nr. de produse reprezentative (buc) ----- 81.000

## PRELUCRAREA ARBORILOR PE AGREGAT LINIAR CU TRANSFER

Folosirea procedurii tehnologice de prelucrare a arborilor pe agregat liniar cu transfer asigură creșterea productivității muncii cu 20% paralel cu îmbunătățirea calității.

### SUCESIUNEA FAZELOR

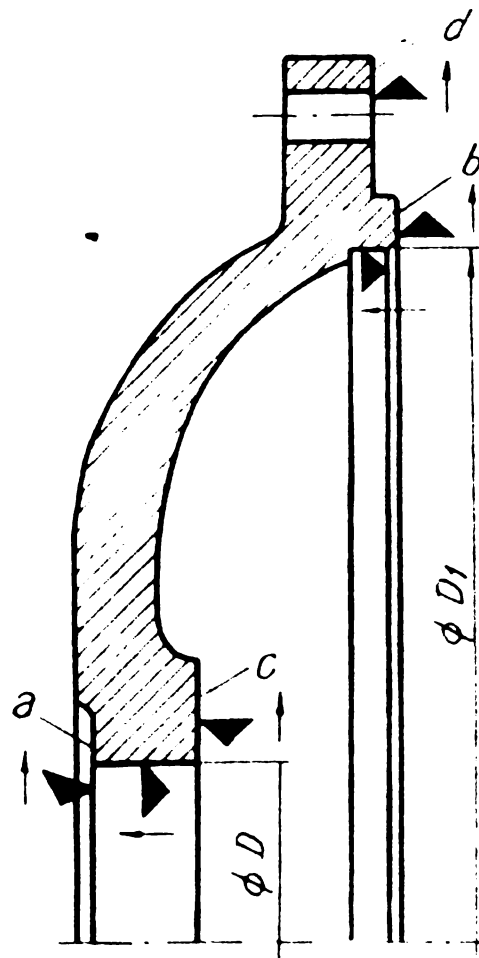


## PRELUCRAREA SCUTURILOR

*Trecerea de la prelucrarea clasică a scuturilor pe strunguri paralele la prelucrarea acestora pe strunguri specializate cu program permite creșterea productivității muncii cu 30%.*

*Procedeul tehnologic implică execuția următoarelor operații:*

1. Strunjire față plană „c”
2. Strunjire față plană „b”
3. Strunjire față plană „d”
4. Strunjire  $\phi$  „D”
5. Strunjire  $\phi$  „D<sub>1</sub>”
6. Strunjire față plană „a”



Nu- mărul ope- rației	Denumirea operației	Tipul motorului					
		ASi 63-160 M/4		ASi 83-160 M/4		ASi 83-200 M/4	
		t tehn	m <sub>i</sub>	t tehn	m <sub>i</sub>	t tehn	m <sub>i</sub>
0	1	2	3	4	5	6	7
1	Strunjire umăr I	5,80	1	6,00	1	6,20	1
2	Frezare int. + umăr II	9,78	2	10,12	2	11,7	2
3	Frezare int. finisare	9,78	2	10,12	2	11,7	2
4	Frezare tălpi	4,85	2	5,00	2	5,88	2
5	Găurire tălpi						
6	Găuri fix scut + CB	2,10	1	2,25	1	2,25	1
7	Filet găuri fix scut + CB	2,10	1	2,25	1	2,25	1
8	Gaură inel + împămînt.	2,10	1	2,25	1	2,25	1
9	Filetare gaură inel + împămîntare	2,10	1	2,25	1	2,25	1
10	Presare pachet în carcasă	4,00	1	4,00	1	4,00	1
11	Finisare umeri	4,26	1	4,26	1	4,26	1
12	Finisare tălpi	4,26	1	4,26	1	4,26	1
13	Frezare, centruire arbore	3,00	1	3,20	1	3,67	1
14	Strunjire copiere I	8,60	2	10,76	2	11,40	2
15	Strunjire copiere II						
16	Strunjire degajări	4,21	1	4,21	1	4,21	1
17	Frezare canal șaibă	3,52	1	3,36	1	3,92	1
18	Frezare lăcaș fix pachet	2,50	1	2,34	1	3,14	1
19	Asamblare arbore + pachet	3,00	1	4,25	1	4,50	1
20	Strunjire pachet	5,00	2	4,46	2	6,42	2
21	Rectificare fus I	4,15	2	4,70	2	4,80	2
22	Rectificare fus II						
23	Rectificare capăt ax	2,85	1	3,20	1	3,50	1
24	Echilibrare	4,30	1	5,50	1	7,00	1
25	Strunjire eboșare	24,56	4	24,58	4	26,54	4
26	Strunjire finisare						
27	Găurire	4,50	2	4,68	2	4,68	2
28	Filetare						
29	Strunjire	5,72	2	6,07	2	7,23	2
30	Găuri	1,72	2	1,72	2	1,72	2

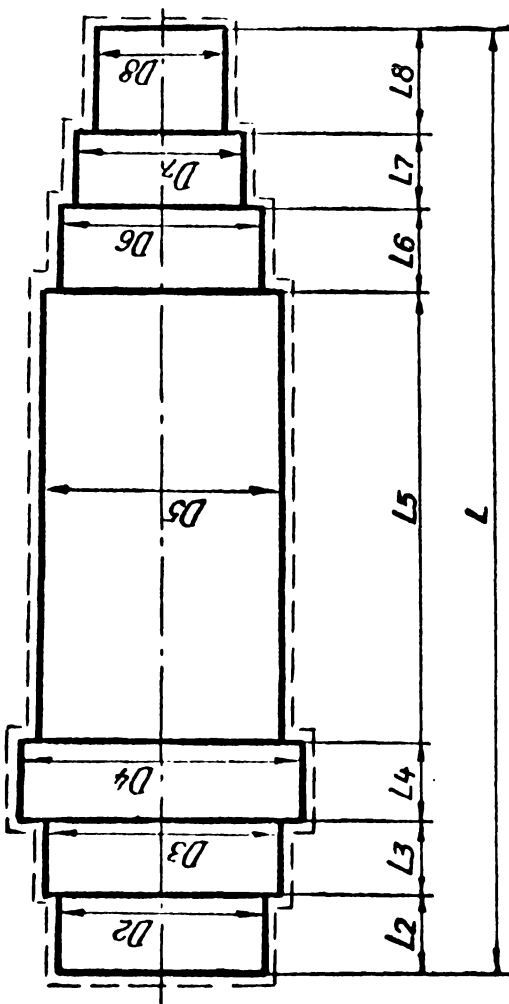
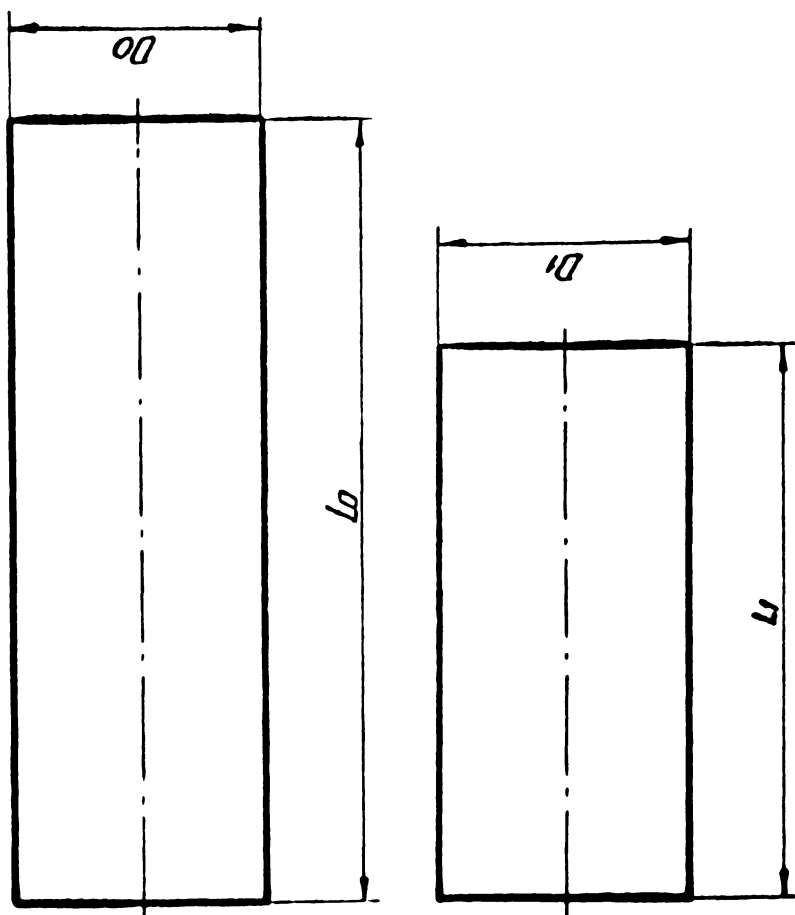


0	1	2	3	4	5	6	7
31	Filetare	1,13	2	1,14	2	1,14	2
32	Debitare	0,84	1	0,65	1	0,70	1
33	Rabotare	2,35	1	3,25	1	3,75	1
34	Debitare	0,60	1	0,65	1	0,70	1
35	Rabotare	2,35	1	3,25	1	3,75	1
36	Rectificare	1,20	1	1,25	1	1,25	1
37	Ajustare	1,00	1	1,20	1	1,50	1
38	Debitare	0,08	1	0,08	1	0,08	1
39	Strunjire filetare	3,60	1	3,60	1	3,71	1
40	Conf. bobine + izolatii	17,35	6	30,58	6	31,80	6
41	Turnare sub presiune corp + capac	5,5	1	5,5	1	5,5	1
42	Ajustare	4,5	2	4,5	2	4,5	2
43	Gaurire filetare	6,38	3	6,38	3	6,38	3
44	Stantare găuri vent.	0,80	1	0,85	1	0,90	1
45	Stantare găuri fixare	0,40	1	0,40	1	0,40	1
46	Ambutisare	0,45	1	0,50	1	0,55	1
47	Stantare tolă rotor	4,08	9	4,15	9	4,45	9
48	Turnare sub presiune	7,50	1	7,50	1	7,50	1
49	Ajustare	5	2	5	2	5	2
50	Turnare sub presiune	3,25	1	3,25	1	3,25	1
51	Ajustare	2,5	2	3,5	2	4,5	2
52	Echilibrare	1,5	2	1,5	2	1,5	2
53	Stantare tolă stator	4,08	9	4,15	9	4,45	9
54	Împachetare	17	2	19,4	2	22,4	2
55	Bobinare	144,5	78	251	78	281,45	78
56	Legături	25,2	19	35,7	19	49,7	19
57	Împregnare	1,4	1	1,4	1	1,75	1
58	Curățire stator	4	1	5	1	6	1
59	Montare CB	4,0	3	4,0	3	4,0	3
60	Montare rotor + capac rulment interior	4,0	3	4,0	3	4,0	3
61	Montare scut + rulment	8,05	2	9,05	2	11,05	2
62	Montare capac rulment exterior	4,00	3	4,00	3	4,00	3
63	Montare ventilator ext.	2,30	3	2,30	3	2,30	3
64	Montare capac vent.	2,00	3	2,00	3	2,00	3
65	Montare pană șaibă	1,40	3	1,60	3	1,80	3
66	Probe stand	10,50	4	11,50	4	12,50	4
67	Vopsire	20,4	3	20,4	3	20,4	3
68	Antibaterii	18	3	18	3	18	3

## Coeficientul de încărcare in %

	A			
	L	I	N	I
	CARCASE	ROTOARE	SCUTURI	CAPACE
Încercarea calculată față de:				
- fondul tehnic - timp fără condiții restricitive de plan	$\frac{5.186.031}{7.897.344} \cdot 100 = 65,6$	$\frac{5.491.101}{7.463.060} \cdot 100 = 73,5$	$\frac{2.614.687}{3.294.720} \cdot 100 = 79,4$	$\frac{1.690.315}{3.384.576} \cdot 100 = 49,9$
- fondul tehnic, cu condiții restrictive de plan	$\frac{4.257.701}{7.897.344} \cdot 100 = 53,9$	$\frac{4.180.517}{7.463.060} \cdot 100 = 56,0$	$\frac{2.184.360}{3.294.720} \cdot 100 = 66,3$	$\frac{1.401.609}{3.384.576} \cdot 100 = 41,4$
- fondul de regim de lucru cu condiții res- trictive de plan	$\frac{4.257.701}{6.644.400} \cdot 100 = 64,1$	$\frac{4.180.517}{6.279.000} \cdot 100 = 66,6$	$\frac{2.184.360}{2.772.000} \cdot 100 = 78,8$	$\frac{1.401.609}{2.847.600} \cdot 100 = 49,2$
- fondul tehnic de timp sarcină de producție	$\frac{3.847.670}{7.897.344} \cdot 100 = 48,7$	$\frac{3.305.310}{7.463.060} \cdot 100 = 44,3$	$\frac{2.148.720}{3.294.720} \cdot 100 = 65,2$	$\frac{659.360}{3.384.576} \cdot 100 = 19,5$
- fondul de regim de lucru, sarcina de producție	$\frac{3.847.670}{6.644.400} \cdot 100 = 57,9$	$\frac{3.305.310}{6.279.000} \cdot 100 = 52,6$	$\frac{2.148.720}{2.772.000} \cdot 100 = 77,5$	$\frac{659.360}{2.847.600} \cdot 100 = 23,1$

# SITUAȚIA COMPARATIVĂ A ARBORILOR EXECUTAȚI PRIN AȘCHIERE ȘI FORJARE



Tip	$D_0 \times L_0$	$D_1 \times L_1$	$D_2 \times L_2$	$D_3 \times L_3$	$D_4 \times L_4$	$D_5 \times L_5$	$D_6 \times L_6$	$D_7 \times L_7$	$D_8 \times L_8$
B3 160	$\phi 58 \times 589$	$\phi 57 \times 405$	$\phi 43.5 \times 115$	$\phi 51.5 \times 48$	$\phi 54 \times 45$	$\phi 54.5 \times 277$	$\phi 48.5 \times 25$	$\phi 41.5 \times 41$	$\phi 36.5 \times 36$
B3 180	$\phi 66 \times 626$	$\phi 66 \times 302$	$\pm 43.5 \times 115$	$\phi 53.5 \times 50$	$\phi 66 \times 22$	$\phi 52.5 \times 315$	$\phi 48.5 \times 25$	$\phi 41.5 \times 40$	$\phi 36.5 \times 36$
B3 200	$\phi 78 \times 709$	$\phi 78 \times 300$	$\phi 56.5 \times 115$	$\phi 53.5 \times 50$	$\phi 78 \times 80$	$\phi 71.5 \times 292$	$\phi 53.5 \times 44$	$\phi 51.5 \times 22$	$\phi 41.5 \times 45$

ASI B3 160/M-4

$Rf = 118\%$

$Rg = 7\%$

$E = 0,48$

CARCASA

$N_A = 48.000 \text{ buc. anual}$

$C_m = 267,25 \text{ lei}$

k	$t_{ui}$	$S_{mi}$	$t_{pi}$	$m_i$	$S_{ri}$	$K_i$
1	6,50	9,75	10	1	9,75	1,15
2	7,20	9,75	20	2	10,75	
3	9,30	9,75	20	2	10,75	
4	5,30	9,00	15	2	9,75	
5	2,00	9,00	20	1	9,55	
6	2,00	9,00	20	1	9,55	
7	2,25	9,00	10	1	9,00	
8	1,00	9,00	10	1	9,00	
9	2,00	9,00	10	1	9,00	
10	6,25	8,55	15	1	8,55	
11	7,00	9,75	20	1	9,75	

ROTOR

$N_A = 48.000 \text{ buc. anual}$

$C_m = 76,17 \text{ lei}$

1	2,50	8,55	40	1	8,55	1,15
2	9,00	9,75	30	2	9,75	
3	4,00	9,00	10	1	9,00	
4	4,50	9,00	16	1	9,00	
5	4,00	8,55	5	1	8,55	
6	7,40	9,75	10	2	9,75	
7	4,25	10,75	18	2	10,75	
8	4,25	10,75	18	2	10,75	
9	4,25	10,75	18	1	10,75	
10	4,25	10,75	18	1	10,75	

SCUTURI

$N_A = 48.000 \text{ buc. anual}$

$C_m = 40 \text{ lei}$

1	11,00	9,75	10	4	9,75	1,10
2	14,00	9,75	10	4	9,75	
3	5,60	9,75	10	1	9,75	
4	3,62	9,00	20	2	9,00	
5	5,00	8,55	15	1	8,55	

CAPAC RULM.

$N_A = 48.000 \text{ buc. anual}$

$C_m = 13,67 \text{ lei}$

1	9,40	9,00	10	3	9,00	1,03
2	0,82	8,55	10	1	8,55	

$$R_f = 11,8\%$$

$$R_g = 7\%$$

$$E = 0,48\%$$

## ASI B3 180/M-4

### CARCASA

$$N_\lambda = 26.000 \text{ buc. anual}$$

$$C_m = 330 \text{ lei}$$

K	$t_{0i}$	$S_{mi}$	$t_{pi}$	$m_i$	$S_{ri}$	$K_i$
1	8,00	9,75	10	1	9,75	1,15
2	8,00	9,75	20	2	10,75	
3	10,30	9,75	20	2	10,75	
4	5,80	9,00	15	2	9,75	
5	2,13	9,00	20	1	9,55	
6	2,13	9,00	20	1	9,55	
7	2,38	9,00	10	1	9,00	
8	1,00	9,00	10	1	9,00	
9	2,12	9,00	10	1	9,00	
10	6,25	8,55	15	1	8,55	
11	7,00	9,75	20	1	9,75	

### ROTOR

$$N_\lambda = 26.000 \text{ buc. anual}$$

$$C_m = 143,15 \text{ lei}$$

1	2,70	8,55	40	1	8,55	1,15
2	10,50	9,75	30	2	9,75	
3	4,20	9,00	10	1	9,00	
4	5,25	9,00	16	1	9,00	
5	5,00	8,55	5	1	8,55	
6	8,40	9,75	10	2	9,75	
7	4,75	10,75	18	2	10,75	
8	4,75	10,75	18	2	10,75	
9	4,75	10,75	18	1	10,75	
10	4,75	10,75	18	1	10,75	

### SCUTURI

$$N_\lambda = 26.000 \text{ buc. anual}$$

$$C_m = 66,92 \text{ lei}$$

1	13,00	9,75	10	4	9,75	1,10
2	14,00	9,75	10	4	9,75	
3	5,60	9,75	10	1	9,75	
4	3,50	9,00	20	2	9,00	
5	6,00	8,55	15	1	8,55	

### CAPAC RULM

$$N_\lambda = 26.000 \text{ buc. anual}$$

$$C_m = 9,65 \text{ lei}$$

1	9,40	9,00	10	2	9,00	1,03
2	0,82	8,55	10	2	8,55	

AV B3 200/M4

$R_f = 118\%$

$R_g = 7\%$

$E = 0,48$

CARCASA

$N_A = 30.000 \text{ buc. anual}$

$C_m = 480 \text{ lei}$

K	$t_{ui}$	$S_{mi}$	$tp_{ii}$	$m_i$	$S_{r_i}$	$K_i$
1	8,60	9,75	10	1	9,75	1,15
2	8,00	9,75	20	2	10,75	
3	10,30	9,75	20	2	10,75	
4	6,00	9,00	15	2	9,75	
5	2,25	9,00	20	1	9,55	
6	2,25	9,00	20	1	9,55	
7	2,50	9,00	10	1	9,00	
8	1,00	9,00	10	1	9,00	
9	2,25	9,00	10	1	9,00	
10	6,25	8,55	15	1	8,55	
11	7,00	9,75	20	1	9,75	

ROTOR

$N_A = 30.000 \text{ buc. anual}$

$C_m = 220,78 \text{ lei}$

1	3,25	8,55	40	1	8,55	1,15
2	12,00	9,75	30	2	9,75	
3	4,40	9,00	10	1	9,00	
4	5,75	9,00	16	1	9,00	
5	6,00	8,55	5	1	8,55	
6	9,00	9,75	10	2	9,75	
7	4,75	10,75	18	2	10,75	
8	4,75	10,75	18	2	10,75	
9	4,75	10,75	18	1	10,75	
10	5,00	10,75	18	1	10,75	

SCUTURI

$N_A = 30.000 \text{ buc.}$

$C_m = 133,20 \text{ lei}$

1	13,00	9,75	10	4	9,75	1,10
2	16,00	9,75	10	1	9,75	
3	7,00	9,75	10	1	9,75	
4	3,50	9,00	20	2	9,00	
5	7,00	8,55	15	1	8,55	

CAPAC RULM.

$N_A = 30.000 \text{ buc. anual}$

$C_m = 13,67 \text{ lei}$

1	9,40	9,00	10	2	9,00	1,03
2	0,82	8,55	10	2	8,55	

**LOTUL OPTIM ȘI COEFICIENTUL SISTEMULUI,  
DETERMINAT PE BAZA SCHEMEI LOGICE.**

Ansamblu sau reper	Motor ASI B3 160/M-4		Motor ASI B3 180/M-4		Motor ASI B3 200/M-4	
	Lot optim	$K_{ij}$	Lot optim	$K_{ij}$	Lot optim	$K_{ij}$
Carcasa	257	$1,25 \leq K_{ij} \leq 9$	217	$1,61 \leq K_{ij} \leq 7,84$	177	$1,40 \leq K_{ij} \leq 6,40$
Rotor	588	$1,22 \leq K_{ij} \leq 3,60$	416	$1,58 \leq K_{ij} \leq 6,15$	321	$1,20 \leq K_{ij} \leq 4,43$
Scuturi	455	$0,64 \leq K_{ij} \leq 2,49$	370	$1,16 \leq K_{ij} \leq 4,75$	263	$0,90 \leq K_{ij} \leq 4,11$
Capac rulment	562	$0,96 \leq K_{ij} \leq 10,9$	534	$1,77 \leq K_{ij} \leq 20,2$	475	$1,53 \leq K_{ij} \leq 17,5$



# GRAFIC

ANEXA 18

privind modul de imbinare paralelă în timp a operațiilor tehnologice pe repere și subsansamble pentru motoarele electrice din gabaritele 160-180-200.

Tabara Seri	A	B	C	D	E	F	G
I			37-38- 39-40 Pana saiba				
II			47-48- 49 Copac ventilator				
III			33-34 Copac rulment				
IV			44-45- 46 Sbs. cutie borne				
V			27-28- 29-30- 31-32 Scuturi				
VI			53-54 55 Vent. ext.				
VII		41-42 Inel ridicare					
VIII		1-2-3-4 5-6-7-8 9-10 Carcasa	11-12 Sbs. stator	62-63-4- 55-56-57- -68 Montaj general	69 Prabe la stand	70 Vopsitoare	71 Ambalare
IX	43 Bobine t. izolatiei	58-59 60-61 Miez mag- netic stator					
X	56-57 Pachet stator						
XI		50-51 52 Calive rotor					
XII		43-44-45 46-47-48 -49 Arbore	40-41-42 43-44-45 46-47-48 49 S.S. rotor				
XIII		35-36 Pano fix DACNET					

## ASI B3-160/M-4

	K	tpi	Mi	Kni	mi	tui	$\frac{t_{ui}}{mi} \cdot \frac{pi \cdot dx}{pi \cdot K \cdot t}$
CARCASA	1	10	1	1,15	1	6,50	
	2	20	2		2	7,20	
	3	20	2		2	9,30	
	4-5	15	2		2	5,30	
	6	20	2		1	2,00	
	7	20	2		1	2,00	
	8	10	2		1	2,25	
	9	10	1		1	1,00	
	10	10	1		1	2,00	
SUBANSAMBLU STATOR	11	15	1	1,15	1	6,25	
	12	20	1		1	7,00	
ROTOR	14	40	1	1,15	1	2,50	
	15-16	30	1		2	9,00	
	17	10	1		1	4,00	
	18-19	16	1		1	4,50	
SUBANSAMBLU ROTOR	20	5	1	1,15	1	4,00	
	21	10	1		1	7,40	
	22	18	1		2	4,25	
	23	18	1		2	4,25	
	24	18	1		1	4,25	
	25	18	1		1	4,25	
SCUTURI	27	10	1	1,10	4	11,00	
	28	10	1		4	14,00	
	29	10	1		1	5,60	
	30-31	20	2		2	3,62	
	32		1		1	5,00	
CAPAC RULMENT							

# ASI B3 - 160/M-4

	<i>K</i>	<i>t<sub>pi</sub></i>	<i>M<sub>i</sub></i>	<i>K<sub>ni</sub></i>	<i>m<sub>i</sub></i>	<i>t<sub>ui</sub></i>	$\frac{t_{ui} \cdot m_{ex}}{m_i \cdot K_{ni}}$
<i>COLIVIE ROTOR</i>	50	40	2	1,026	9	4,08	7,39
	51	25	2		1	7,50	
	52	5	1		2	5	
<i>VENTILATOR EXTERIOR</i>	53	25	2	1,015	1	3,25	3,18
	54	0	0		2	2,5	
	55	15	1		2	1,5	
<i>PACHET STATOR</i>	56	40	2	1,028	9	4,08	8,26
	57	10	1		2	17,0	
<i>MIEZ MAGNETIC</i>	58	7	1	1,01	78	144,5	3,98
	59	5	1		19	25,2	
	60	25	1		1	1,4	
	61	15	1		1	4,0	
<i>MONTAJ GENERAL</i>	62	3	1	1,024	3	4,0	3,90
	63	5	1		3	4,0	
	64	10	1		2	8,05	
	65	8	1		3	4,0	
	66	5	1		3	2,30	
	67	5	1		3	2,0	
	68	3	1		3	1,40	
<i>PROBE STAND</i>	69	45	2	1,00	4	10,50	2,54
<i>VOPSITORIE</i>	70	15	1	0,954	3	20,4	7,15
<i>AMBALARE</i>	71	0	0	0,974	3	18	6,18

# ASI B3-180/M-4

ANEXA 20

	K	$\zeta_{pi}$	$M_i$	$K_{ni}$	$m_i$	$t_{ui}$	$\frac{t_{ui} \cdot m_i}{m_i \cdot K_{ni}}$
GARCASA	1	10	1	1,15	1	8,00	
	2	20	2		2	8,00	
	3	20	2		2	10,30	
	4-5	15	2		2	5,80	
	6	20	2		1	2,13	
	7	20	2		1	2,13	
	8	10	2		1	2,38	
	9	10	1		1	1,00	
	10	10	1		1	2,12	
	SUBANSAMBLUL STATOR	11	15		1	1,15	1
12		20	1	1	7,00		
ROTOR	14	40	1	1,15	1	2,70	
	15-16	30	1		2	10,50	
	17	10	1		1	4,20	
	18-19	16	1		1	5,25	
SUBANSAMBLUL ROTOR	20	5	1	1,15	1	5,00	
	21	10	1		1	8,40	
	22	18	1		2	4,75	
	23	18	1		2	4,75	
	24	18	1		1	4,75	
	25	18	1		1	4,75	
SCUTURI	27	10	1	1,10	4	13,00	
	28	10	1		4	14,00	
	29	10	1		1	5,60	
	30-31	20	2		2	3,50	
	32	15	1		1	6,00	

1 PAC RULMENT

# ASI B3-180/M-4

	K	t <sub>pi</sub>	M <sub>i</sub>	K <sub>ni</sub>	m <sub>i</sub>	t <sub>ui</sub>	$\frac{t_{ui} \cdot m_{ax}}{m_i \cdot K_{ni}}$
<i>COLIVIE ROTOR</i>	50	40	2	1,026	9	4,15	7,39
	51	25	2		1	7,50	
	52	5	1		2	5	
<i>VENTILATOR EXTERIOR</i>	53	25	2	1,015	1	3,25	3,18
	54	0	0		2	3,5	
	55	15	1		2	1,5	
<i>PACHET STATOR</i>	56	40	2	1,028	9	4,15	9,4
	57	10	1		2	19,4	
<i>MIEZ MAGNETIC</i>	58	7	1	1,01	78	251	4,94
	59	5	1		19	357	
	60	25	1		1	1,4	
	61	15	1		1	5	
<i>MONTAJ GENERAL</i>	62	3	1	1,024	3	4,0	4,4
	63	5	1		3	4,0	
	64	10	1		2	9,05	
	65	8	1		3	4,0	
	66	5	1		3	2,30	
	67	5	1		3	2,0	
	68	3	1		3	1,60	
<i>PRUBE STAND</i>	69	45	2	1,00	4	11,50	2,87
<i>VOPSITORIE</i>	70	15	1	0,954	3	20,4	7,15
<i>AMBALARE</i>	71	0	0	0,974	3	18	6,18

# ASI B3-200/M-4

ANEXA: 21

	K	tpi	Mi	Knl	mi	tui	$\frac{t_{ui} \cdot m_{ap}}{m_i \cdot k_{ai}}$
<i>CARCASA</i>	1	10	1	1,15	1	8,50	
	2	20	2		2	8,00	
	3	20	2		2	10,30	
	4-5	15	2		2	6,00	
	6	20	2		1	2,25	
	7	20	2		1	2,25	
	8	10	2		1	2,50	
	9	10	1		1	1,00	
	10	10	1		1	2,25	
	<i>SUBANSAMBLU STATOR</i>	11	15		1	1,15	1
12		20	1	1	7,00		
<i>ROTOR</i>	14	40	1	1,15	1	3,25	
	15-16	30	1		2	12,00	
	17	10	1		1	4,40	
	18-19	16	1		1	5,75	
<i>SUBANSAMBLU ROTOR</i>	20	5	1	1,15	1	6,00	
	21	10	1		1	9,00	
	22	18	1		2	4,75	
	23	18	1		2	4,75	
	24	18	1		1	4,75	
	25	18	1		1	5,00	
<i>SCUTURI</i>	27	10	1	1,10	4	13,00	
	28	10	1		4	16,00	
	29	10	1		1	7,00	
	30-31	20	2		2	3,50	
	32	15	1		1	7,00	
<i>CAPAC RULMENT</i>	33		1			9,40	

# ASI B3-200/M-4

	K	t <sub>pi</sub>	M <sub>i</sub>	K <sub>ni</sub>	m <sub>i</sub>	t <sub>ui</sub>	$\frac{t_{ui} \max}{m_i K_{ni}}$
<i>COLIVIE ROTOR</i>	50	40	2	1,026	9	4,45	7,34
	51	25	2		1	7,50	
	52	5	1		2	5	
<i>VENTILATOR EXTERIOR</i>	53	25	2	1,015	1	3,25	3,18
	54	0	0		2	4,5	
	55	15	1		2	1,5	
<i>PACHET STATOR</i>	56	40	2	1,028	9	4,45	10,9
	57	10	1		2	22,4	
<i>MIEZ MAGNETIC</i>	58	7	1	1,01	78	281,45	5,95
	59	5	1		19	49,7	
	60	25	1		1	1,75	
	61	15	1			6	
<i>MONTAJ GENERAL</i>	62	3	1	1,024	3	4,0	5,6
	63	5	1		60	4,0	
	64	10	1		2	11,50	
	65	8	1		3	4,0	
	66	5	1		3	2,30	
	67	5	1		3	2,0	
	68	3	1		3	1,80	
<i>PROBE STAND</i>	69	45	2	1,00	4	12,50	3,1
<i>VOPSITORIE</i>	70	15	1	0,954	3	20,4	7,15
<i>AMBALARE</i>	71	0	0	0,974	3	18	6,18



Nu- mă- rul ope- ra- ției	Denumirea operației	Tipul motorului ANEXA 2.2					
		AS163-160 M <sup>1/4</sup>		AS183-160 M <sup>1/4</sup>		AS183-200 M <sup>1/4</sup>	
		t <sub>tehn</sub>	m <sub>i</sub>	t <sub>tehn</sub>	m <sub>i</sub>	t <sub>tehn</sub>	m <sub>i</sub>
1	Strunjire umăr I	6,50	1	8,00	1	8,50	1
2	Frezare int.+umăr II	7,20	2	8,00	2	8,00	2
3	Frezare int. finisare	9,30	2	10,30	2	10,30	2
4	Frezare tălpi	5,30	2	5,80	2	6,00	2
5	Găurire tălpi						
6	Găuri fix. scut + CB	2,00	1	2,13	1	2,25	1
7	Filet, găuri fix. scut + CB	2,00	1	2,13	1	2,25	1
8	Gaură inel + împământ	2,25	1	2,38	1	2,50	1
9	Zenzure gaură inel rid.	1,00	1	1,00	1	1,00	1
10	Filetare gaură inel + împământare	2,00	1	2,12	1	2,25	1
11	Presare pachet in carcasa	6,25	1	6,25	1	6,25	1
12	Finisare umeri	7,00	1	7,00	1	7,00	1
13	Debitare	2,20	1	2,70	1	3,30	1
14	Frezare, centruire arbore	2,50	1	2,70	1	3,25	1
15	Strunjire copiere I	9,00	2	10,50	2	12,00	2
16	Strunjire copiere II						
17	Strunjire degajări	4,00	1	4,20	1	4,40	1
18	Frezare canal șaibă	4,50	1	5,25	1	5,75	1
19	Frezare lăcăș fix. pachet						
20	Asamblare arbore + pachet	4,00	1	5,00	1	6,00	1
21	Strunjire pachet	7,40	2	8,40	2	9,00	2
22	Rectificare fus I	4,25	2	4,75	2	4,75	2
23	Rectificare fus II	4,25	2	4,75	2	4,75	2
24	Rectificare capăt ax	4,25	1	4,75	1	4,75	1
25	Rectificare pachet	4,25	1	4,75	1	5,00	1
26	Echilibrare	4,50	1	5,50	1	7,00	1
27	Strunjire eboșare	11,00	4	13,00	4	13,00	4
28	Strunjire finisare	14,00	4	14,00	4	16,00	4
29	Strunjire spate	5,60	1	5,60	1	7,00	1
30	Găurire	3,62	2	3,50	2	3,50	2
31	Filetare						
32	Honeuire	5,00	1	6,00	1	7,00	1

33	Strunjire	9,40	2	9,40	2	9,40	2
34	Filetare	0,82	2	0,82	2	0,82	2
35	Debitare	0,45	1	0,50	1	0,55	1
36	Rabotare	1,20	1	2,75	1	3,00	1
37	Debitare	0,45	1	0,50	1	0,55	1
38	Rabotare	2,00	1	2,75	1	3,00	1
39	Rectificare	1,00	1	1,30	1	1,50	1
40	Ajustare	0,70	1	0,80	1	1,00	1
41	Debitare	0,08	1	0,08	1	0,08	1
42	Strunjire filetare	3,60	1	3,60	1	3,71	1
43	Conf. bobine + izolații	17,35	6	30,58	6	31,80	6
44	Turnare sub presiune corp + capac CB	5,5	1	5,5	1	5,5	1
45	Ajustare	4,5	2	4,5	2	4,5	2
46	Găurire, filetare	6,38	3	6,38	3	6,38	3
47	Ștanțare găuri vent.	0,80	1	0,85	1	0,90	1
48	Ștanțare găuri fixare	0,40	1	0,40	1	0,40	1
49	Ambutisare	0,45	1	0,50	1	0,55	1
50	Ștanțare tolă rotor	4,08	9	4,15	9	4,45	9
51	Turnare sub presiune	7,50	1	7,50	1	7,50	1
52	Ajustare	5	2	5	2	5	2
53	Turnare sub presiune	3,25	1	3,25	1	3,25	1
54	Ajustare	2,5	2	3,5	2	4,5	
55	Echilibrare	1,5	2	1,5	2	1,5	2
56	Ștanțare tolă stator	4,08	9	4,15	9	4,45	9
57	Impachetare	17	2	19,4	2	22,4	2
58	Bobinare	144,5	78	251	78	281,45	78
59	Legături	25,2	19	35,7	19	49,7	19
60	Impregnare	1,4	1	1,4	1	1,75	1
61	Curățire stator	4	1	5	1	6	1
62	Montare CB	4,0	3	4,0	3	4,0	3
63	Montare rotor + capac rulment interior	4,0	3	4,0	3	4,0	3
64	Montare scut + rulment	8,05	2	9,05	2	11,05	2
65	Montare capac rulment exterior	4,00	3	4,00	3	4,00	3
66	Montare ventilator ext.	2,30	3	2,30	3	2,30	3
67	Montare capac vent.	2,00	3	2,00	3	2,00	3
68	Montare pană șaibă	1,40	3	1,60	3	1,80	3
69	Probe stand	10,50	4	11,50	4	12,50	4
70	Vopsire	20,4	3	20,4	3	20,4	3