

MINISTERUL EDUCATIEI SI INVATAMINTULUI
Institutul politehnic "Traian Vuia" Timișoara

Ing.FRANCISC IOANOVICI jr.

CONTRIBUTII LA STUDIUL SI APLICAREA
TEHNOLOGIILOR FLEXIBILE

TEZA DE DOCTORAT

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

CONDUCATOR STIINTIFIC :
Prof.em.dr.ing.GHEORGHE SAVII

Timișoara
- 1988 -

V 536686
Du 124 a

C U P R I N S

	<u>Pag.</u>
1. STADIUL ACTUAL PE PLAN MONDIAL SI TENDINTELE PRINCIPALE ALE IMPLEMENTARII TEHNOLOGIEI FLEXIBILE	1
1.1. Situația actuală pe plan mondial privind rentabilitatea implementării sistemelor flexibile de fabricație	1
1.2. Privire de ansamblu asupra sistemelor cercetate	2
1.3. Analiza comparativă a sistemelor flexibile de fabricație (SFF) implementate	5
1.3.1. Analiza sarcinii de producție sub aspectul configurației și geometriei pieselor uzinate...	5
1.3.2. Producția anuală a sistemelor analizate	7
1.3.3. Aspecte legate de noi concepții privind dotarea tehnică a sistemelor flexibile de fabricație	8
1.3.4. Sisteme de transfer flexibile	10
1.3.5. Concluzii generale.	
2. PREMISE TEORETICE ALE STUDIULUI FLEXIBILITĂȚII FABRICAȚIEI	15
2.1. Abordarea sistemică a producției industriale	15
2.1.1. Producția industrială și sistemul de fabricație	15
2.1.2. Sistemul de fabricație	18
2.2. Particularități informaționale specifice fabricației flexibile	21
2.2.1. Aspecte privind clasificarea și codificarea elementelor sistemului industrial în vederea studiului flexibilității fabricației	21
2.2.2. Aspecte privind analiza sarcinii de producție	24
2.2.2.1. Particularități și cerințe ale analizei sarcinii de producție	24
2.2.2.2. Etapele analizei sarcinii de producție	27
2.3. Unele considerații sintetice asupra noțiunilor de bază atașate studiului flexibilității fabricației	30
2.3.1. Aptitudinea de flexibilitate	30
2.3.2. Condițiile flexibilității sistemelor de fabricație automatizate.....	31

2.3.3. Aspecte cu privire la estimarea (cuantificarea) nivelului flexibilității sistemelor de fabricație	35
2.3.4. Principii de bază pentru realizarea flexibilității (premise teoretice)	38
3. ASPECTE ANALITICE ALE STUDIULUI SI IMPLEMENTARII TEHNOLOGIILOR FLEXIBILE	41
3.1. Modelarea matematică a proceselor de producție - necesitate obiectivă a introducerii progresului tehnic	41
3.1.1. Metoda simulării : obiective, etape principale	42
3.1.2. Simularea în cazul sistemelor de producție	42
3.1.3. Sisteme de producție flexibile și optimale	43
3.1.4. Dinamica sistemelor flexibile, sisteme în dezvoltare	48
3.2. Modelarea sistemelor de producție prin metoda "analizei valorii utile"	50
3.2.1. Principiile metodei de analiză a valorii utile	50
3.2.2. Metode de evaluare a utilității (pertinenței)	51
3.2.3. Indicele sintetic de "valoare utilă", criteriu de bază în compararea și ordonarea (ierarhizarea) variantelor tehnologice	53
3.2.4. Criterii de evaluare pentru sisteme de fabricație	55
3.2.5. Cuantificarea și scalarea criteriilor-obiectiv ..	55
3.3. Modele economice	59
3.3.1. Corelația diversificare-economicitate	59
3.3.2. Model bazat pe studiul efectelor economice rezultate în cazul implementării tehnologiei flexibile	59
3.3.3. Model bazat pe analiza fluxurilor de producție	61
3.3.4. Metoda "pragului de rentabilitate"	65
4. PENTRU EVIDENȚIEREA AVANTAJELOR APLICĂRII SISTEMELOR FLEXIBILE ÎN ACEST CAPITOL SE PREZINTĂ EXEMPLE DE PRELUCRARE A UNOR FAMILII DE PIESE DE ACELĂȘI TIP	69
4.1. Sistem flexibil de fabricație destinat prelucrării mecanice a carcaselor pentru diferențiale auto (Burkhardt u. Weber- R.F.G.)	69

4.2. Sistem flexibil de fabricație destinat prelucrării mecanice a unei familii de piese de tipul flanșelor și discurilor plane (EMAG- Maschinenfabrik GmbH- RFG)...	72
4.3. Linie automată flexibilă de asamblat și finisat ro- tori pentru motoare electrice (EMAG-RFG)	75
4.4. Sistem flexibil de fabricație destinat prelucrării mecanice a carcaselor pentru autovehicule rutiere (Cross Manufacturing Systems - SUA)	79
4.5. Linie automată flexibilă de finisat cămăși cilindru pentru autoturismele DACIA (ICSIT Titan-București).....	79
4.6. Celule, posturi și utilaje tehnologice cu flexibili- tate mărită	81
5. STUDIUL SI ANALIZA UNEI SARCINI DE PRODUCTIE DIN CADRUL I.A.E.M. TIMISOARA	95
5.1. Obiectul analizei	95
5.2. Scopul analizei	95
5.3. Etapele și principalele constatări în cadrul anali- zei	96
5.4. Concluzii reieșite, direcții de raționalizare	97
6. STUDIUL, CERCETAREA SI PROIECTAREA PROCESULUI TEHNOLOGIC DE PRELUCRARE A SASIURILOR PENTRU APARATE ELECTRICE DE MA- SURAT	103
6.1. Unități de lucru tipizate existente	103
6.2. Studiul, cercetarea și proiectarea unor unități de lucru antrenate cu arbori flexibili	109
6.2.1. Proiectarea unității de găurire-filetare	109
6.2.2. Proiectarea modulului de antrenare cu 3-6 prize de putere pentru agregate cu arbori flexibili	112
6.2.3. Mașină agregat de găurire cu structură fle- xibilă	113
6.3. Studiul, cercetarea și proiectarea unui sistem logis- tic flexibil destinat deservirii automatizate a pos- turilor de lucru	116
6.4. Studiul, cercetarea și proiectarea unor variante tehnologice flexibile modernizate pentru sarcina de producție a IAE - Timișoara	117
6.5. Algoritm, ordinogramă și program în limbajul BASIC pentru proiectarea tehnologică asistată de calcula- tor a procesului tehnologic de găurire pe mașini	

agregat cu structură flexibilă	118
7. ANALIZA COMPARATIVA A VARIANTELOR TEHNOLOGICE	
STUDIATE	119
7.1. Prezentarea generală a metodei de analiză	119
7.2. Criterii (atribute) cardinale de evaluare a va- riantelor tehnologice flexibile	119
7.3. Stabilirea coeficienților de importanță	126
7.4. Algoritm, ordinogramă și program de calcul în limbaj BASIC pentru selectarea variantei tehno- logice optime	129
8. CONCLUZII FINALE. CONTRIBUTII ORIGINALE	133
BIBLIOGRAFIE	137

A N E X E

I N T R O D U C E R E

Potrivit prevederilor Programului de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și introducere a progresului tehnic pe perioada 1986-1990, activitatea de cercetare va trebui să asigure creșterea substanțială a nivelului tehnic și calitativ al produselor, promovarea unor tehnologii noi cu consumuri materiale și energetice reduse. Totodată se va trece la ridicarea permanentă a nivelului tehnic și calitativ al producției, creșterea în continuare a ponderii produselor cu performanțe de vîrf precum și la o creștere substanțială a productivității muncii pe baza promovării progresului tehnic.

Principala cale pe care progresul tehnic contribuie la creșterea productivității muncii cu peste 60 % [38] în cincinalul 1986-1990, o constituie modernizarea prin mecanizare și automatizare a proceselor de producție.

Cu toată dezvoltarea producției de serie mare și masă, ca urmare a specializării unităților de producție și a tipizării componentelor fabricate, producția de unicate, serie mică și mijlocie constituie în prezent 60-80 % din volumul producției industriale a țărilor avansate din punct de vedere economic, volum ce reprezintă valoric 10-20 % din produsul național brut.

Specificul producției de unicate, serie mică și mijlocie influențează considerabil costurile pe unitate de produs comparativ cu producerea aceluiași reper în regim de producție de masă, respectiv într-un raport de cca. 30 : 1 [38]. O serie de analize și studii efectuate în mai multe țări ale lumii au demonstrat că o mare parte din timpul de fabricație a produselor se pierde cu operații auxiliare. Astfel, producția de serie mică, timpul de bază al fabricației ocupă doar 6 % din timpul de fabricație, la producția de serie mijlocie 8 %, iar la producția de serie mare 25 % [38]. Restul timpului se consumă cu transportul, depozitarea, manipularea pieselor și sculelor, reglarea mașinilor și alte operații auxiliare.

Inercarea de ameliorare a situației menționate, în condițiile unei continue diversificări a producției, a condus la apariția și dezvoltarea tehnologiilor respectiv a sistemelor flexibile de fabricație.

Prin introducerea fabricației flexibile în cadrul sistemelor flexibile de fabricație se așteaptă obținerea unor importante efec-

te economice cum sînt [38] :

- creșterea productivității muncii de 1,5 - 3 ori, ca urmare a reducerii numărului de muncitori direct productivi ;
- scurtarea timpului de fabricație cu 30-40 % ca urmare a modernizării și optimizării tehnologiilor de prelucrare și a suprapunerii timpilor de pregătire cu cei de bază ;
- creșterea randamentului utilajelor ca urmare a automatizării conducerii procesului de fabricație ;
- micșorarea cu cca.30 % a suprafețelor necesare amplasării utilajelor ;
- reducerea puterii instalate și a consumului energetic cu cca. 30-50 % ;
- creșterea gradului de valorificare a tonei de metal, prin încorporarea în sisteme flexibile, de 2-5 ori etc.

Tema prezentei teze de doctorat a rezultat ca urmare a cerințelor formulate mai sus și, prin conținutul ei, propune aducerea unor contribuții la studiul și aplicarea tehnologiilor moderne, flexibile în industria constructoare de mașini și aparate din țara noastră.

Obiectivul fundamental al unei cercetări pozitive este ca, prin contribuții teoretice și aplicative, să constituie microelemente ale progresului științei și tehnicii, care să se integreze în impetuoasa dezvoltare a cunoașterii contemporane.

Pentru atingerea acestui obiectiv, cu posibilitățile modeste ale unui individ, a fost abordat un domeniu relativ restrîns în raport cu dimensiunile cunoașterii și anume tehnologia prelucrării mecanice a reperelor de tip gasiu pentru aparate electrice de măsurat.

Dacă pentru compunerea și construirea mașinilor unelte de mare productivitate - mașini și linii de transfer - literatura de specialitate furnizează suficiente date concrete, pentru proiectarea tehnologiei de prelucrare numeroase aspecte sînt rezolvate parțial permițînd specialiștilor în domeniu să introducă erori subiective.

Definitivarea ansamblului de obiective de atins, precum și a sacrificiului la care trebuie consimțit pentru realizarea lui, este determinată de decizii care, în contextul exploziei informaționale, prezente, presupune din ce în ce mai pregnant înlocuirea binomului "experiență-intuiție" cu "informație-raționament". [2].

Preluînd critic recomandările bibliografiei de specialitate, pornind de la particular la general, s-a urmărit conceperea unor modele matematice care să permită selectarea unei variante tehnologice optime dintr-o mulțime finită de posibilități existente.

Pentru a răspunde unor cerințe formulate de industrie, autorul și-a propus ca cercetările să se refere la prelucrarea gasiurilor de

aparate fabricate la Intreprinderea de Aparate Electrice de Măsurat AEM Timișoara.

Obiectul studiilor și cercetărilor întreprinse în lucrare constituie o continuare a unor preocupări ale autorului încă din perioada studiilor universitare, când, cu ocazia proiectului de diplomă, a soluționat o problemă de tehnologie și echipament pentru unul din șasiurile întreprinderii sus-menționate. Problematika a fost apoi continuată în cadrul stagiaturii la Intreprinderea "Electrotimiș" din Timișoara, unde autorul a fost direct implicat în conceperea, proiectarea, execuția și urmărirea comportării în exploatare a diferitelor agregate și linii automate pentru industria electrotehnică. Experiența de proiectare constructivă și tehnologică acumulată în această perioadă a permis abordarea pe un plan superior, în cadrul doctoratului, a problemei prelucrării mecanice a reperelor de tip șasiu.

Colaborarea cu I.A.E.M. Timișoara a decurs în baza unui contract de cercetare științifică cu Institutul politehnic "Traian Vuia" din Timișoara privind studiul posibilităților de modernizare a tehnologiei actuale prin implementarea tehnologiilor flexibile, lucrare la care autorul și-a adus contribuția în calitate de responsabil de temă.

Pentru tot sprijinul acordat prin posibilitățile de documentare facilitate, prin materialele și documentațiile puse la dispoziție, pentru observațiile și sugestiile făcute cu diferite prilejuri, autorul aduce pe această cale mulțumirile sale conducerii tehnice și administrative a Intreprinderii de Aparate Electrice de Măsurat Timișoara precum și colaboratorilor acestora. Totodată autorul aduce mulțumiri colectivelor de foști studenți, astăzi ingineri, care, în cadrul activității de cercetare-proiectare, au adus importante contribuții. Acestea, sintetizate în lucrări științifice studentești conduse de autor, au fost comunicate beneficiarului cu ocazia sesiunilor de comunicări științifice uzinale organizate anual de către Intreprinderea de Aparate Electrice de Măsurat din Timișoara. Concomitent, elementele de noutate ale cercetării și proiectării au fost înregistrate și caracterizate apoi ca inovații, de către Ministerul Educației și Învățământului, denumirile concrete ale acestora fiind redată în bibliografia tezei de doctorat aferente.

În sfârșit, dar nu în ultimul rând, autorul își exprimă și pe această cale sentimentele de aleasă stimă și considerație, aducând

vii mulțumiri conducătorului științific, Prof. emerit dr. ing.
Gheorghe Savii, pentru îndrumarea permanentă, competență și spri-
jinul acordat pe tot parcursul realizării lucrării de doctorat.

Capitolul 1

STADIUL ACTUAL PE PLAN MONDIAL SI TENDINTELE PRINCIPALE ALE IMPLEMENTARII TEHNOLOGIEI FLEXIBILE

1.1. Situația actuală pe plan mondial privind ren- tabilitatea implementării sistemelor flexibi- le de fabricație.

Tehnologia modernă poate fi concepută numai sistemic și într-o variantă flexibilă. Conceptul de tehnologie-sistem depășește cadrul unui anumit procedeu tehnologic : majoritatea sistemelor sînt pluriprocesuale. În organizarea tehnologică flexibilă devine preponderantă "specializarea-produs" față de "specializarea-proces" a fabricilor convenționale, ceea ce cumulează și promovează în cadrul aceleiași linii operații diferite ca : prelucrări mecanice, asamblare, tratamente termice, control tehnic etc.

Situația actuală din întreprinderile industriale cere - în afară de o calitate ridicată a produselor - un tot mai ridicat număr de variante diversificate. Producția preliminară de serie mare care presupune o perioadă de timp îndelungată de stocaj a produselor pînă în momentul desfacerii lor a devenit din ce în ce mai puțin economică. Soluțiile care admit producția automatizată de serie mică și mijlocie au devenit din ce în ce mai importante. Cerințe esențiale cum ar fi : timpul redus de uzinare, ciclul de producție optimizat și controlat, informația actualizată (servicii de informare), adaptarea mai simplă și mai rapidă la orice schimbare în situația pieții precum și rotirea mai rapidă a fondurilor favorizează sistemul de producție flexibilă în comparație cu alte sisteme de uzinare.

Se constată foarte frecvent, la sisteme realizate [23], caracterul contradictoriu al cerinței de productivitate crescută paralel cu creșterea flexibilității. Soluționarea problemei trebuie, în toate cazurile, să se bazeze pe principiul de rentabilitate [58] : "Atît de productiv cît este posibil - atît de flexibil cît este necesar". În contextul diversificării tot mai accentuate a pieții și deci a produselor se pare că cerința de flexibilitate se lărgesc tot mai mult.

Practica a demonstrat [66] că un sistem de fabricație trebuie astfel conceput încît să funcționeze optimal din punct de vedere

al productivității 7 pînă la 10 ani. Acest aspect trebuie avut în vedere la planificarea gradului de flexibilitate și de automatizare pentru a nu periclita recuperarea investiției.

Principalele aspecte care trebuie luate în considerare cînd se pune problema flexibilității unui sistem de fabricație ar fi :

- menținerea flexibilității după eliminarea unor mașini datorită uzurilor fizice și/sau morale ;
- flexibilitatea în cazul modificării sarcinii de producție ;
- flexibilitatea în cazul asimilării de produse noi, momentan încă necunoscute.

O posibilitate rezultată din practică [66] în sensul celor menționate anterior ar fi mărirea flexibilității prin standardizarea parcului de mașini [58]. Astfel, s-ar putea îmbunătăți gradul de substituție al dotărilor tehnologice. Din cercetarea unor sisteme flexibile realizate a rezultat că rezolvările concrete sînt caracterizate de specificități particulare fiecărui sistem în parte.

În analiza care urmează se încearcă o sistematizare a sistemelor existente și oficializate pînă la ora actuală. Aspectele statistice permit tragerea unor concluzii utile pentru viitoare implementări.

1.2. Privire de ansamblu asupra sistemelor cercetate

Primele SFF au fost date în exploatare în jurul anului 1967, în Marea Britanie și S.U.A. În anii următori s-au dezvoltat și construit alte sisteme în RFG, RDG, URSS, SUA și Japonia. În RFG s-a introdus pentru prima oară SFF la începutul anilor 1970 dar, datorită cheltuielilor foarte ridicate aferente, dezvoltarea a fost lentă. Astfel, în anul 1981 erau doar 12 SFF în RFG, 30 în Japonia și 20 în SUA.

Cercetarea a 69 SFF pe plan mondial permite tragerea, la această oră, a unor concluzii de natură statistică [66]. În primă instanță SFF cercetate au fost grupate geografic și după natura pieselor uzinate în cadrul lor, conform tabelului. După cum rezultă, majoritatea sistemelor au fost realizate pentru piese prismatice (87 %) în timp ce pentru piese de revoluție numai 13 %. Totodată se poate observa că în SUA nu s-a realizat nici un SFF pentru piese de revoluție iar în Japonia doar 2 din 21. După cum se observă și din fig. 1.1, majoritatea SFF au fost instalate după anul 1975. Totodată se poate constata avîntul puternic pe care l-au luat sistemele flexibile de fabricație în Japonia unde la ora actuală există 40 % din totalul SFF instalate în lume.

Tabelul 1

Tara	S. F. F.		
	Piese pris- matice	Piese de revoluție	Total
R. F. G.	10	2	12
rest Europa	17	5	22
S. U. A.	14	-	14
Japonia	19	2	21
Total	60	9	69

Analizînd în continuare situația domeniului în care s-au in-

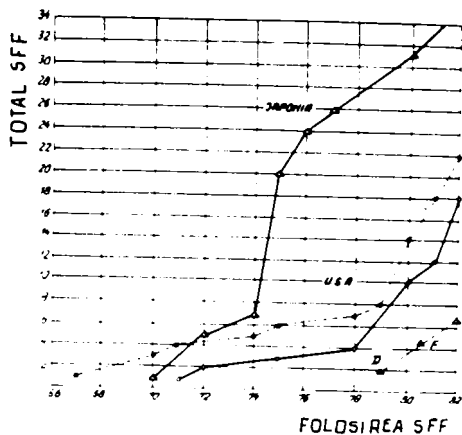


Fig.1.1

stalat aceste sisteme, se constată unele aspecte conform tabelului 2. Astfel, pe baza unor prospecte ale principalelor firme producătoare precum și pe baza unor articole din literatura de specialitate rezultă că, în special în Japonia, dar și în unele state est europene, implementările s-au făcut în domeniul industriei constructoare de mașini-unelte. Concomitent, se constată că în Europa și SUA mai există încă rețineri serioase privind

aplicarea în acest domeniu. Centrul de greutate al domeniului de aplicare în toate statele occidentale îl constituie industria constructoare de autovehicule de toate tipurile (56 % din sisteme). În RFG se constată totodată implementări și în domeniul industriei aeronautice. Conceptul CIAM (Computerised Integrated Automatised Manufacturing) își găsește o aderență deosebită pe plan mondial.

Tabelul 2

Domenii de aplicare	Natura piesei			Nr. total al SFF	
	Prism.	Rev.	Combinat	Buc.	%
1	2	3	4	5	6
<u>R. F. G.</u>					
Industria constr.de maşini unelte (MU).	2	-	-	2	13
Autovehicule	3	2	-	5	33
Aeronautică	4	-	-	4	27
Alte domenii	3	1	-	4	27
<u>EUROPA</u> fără R.F.G.					
Industria constructoare de maşini unelte.	-	1	-	1	8
Motoare	3	-	-	3	23
Maşini de construcţii	6	-	-	6	46
Autovehicule	2	-	-	2	13
Alte domenii	1	-	-	1	8
Statele est europene					
Industria constr.de MU	6	5	-	11	79
Maşini pentru construcţii	-	1	-	1	7
Fără indic.domeniului	1	1	-	2	14
S. U. A.					
Industria constr.de MU	1	-	-	1	6
Motoare	3	-	-	3	17
Maşini ptr.construcţii	1	-	-	1	6
Maşini agricole	6	-	-	6	33
Autovehicule	4	-	-	4	22
Aeronautică	2	-	-	2	11
Alte domenii	1	-	-	1	6
Japonia					
Industria constr.de MU	7	-	1	8	28
Motoare	6	1	-	7	24
Maşini de construcţii	-	1	-	1	3
Maşini agricole	2	-	-	2	7
Autovehicule	1	-	1	2	7
Alte domenii	7	1	-	8	28
Fără indic.domeniului	1	-	-	1	3

Tabelul 2 (continuare)

1	2	3	4	5	6
<u>TOTAL PLAN MONDIAL</u>					
Industria constr.de MU	16	6	1	23	25,84
Motoare	12	1	-	13	14,61
Maşini ptr.construcţii	7	2	-	9	10,11
Maşini agricole	8	-	-	8	8,99
Autovehicule	10	2	1	13	14,61
Aeronautică	6	-	-	6	6,74
Alte domenii	12	2	-	14	15,73
Fără indic.domeniului	2	1	-	3	3,37

1.3. Analiza comparativă a sistemelor flexibile de fabricaţie (SFF) implementate [66].

1.3.1. Analiza sarcinii de producţie sub aspectul naturii (configuraţiei) şi geometriei pieselor uzinate.

Un indiciu important asupra flexibilităţii unui SFF îl constituie numărul total de piese (repere) distincte care se pot uzina în sistemul respectiv. După cum se poate observa în fig.1.2, situaţia statistică a repartiţiei SFF funcţie de numărul pieselor uzinate înregistrează un maxim în domeniul 101-200. Totodată se poate observa că diversitatea pieselor este foarte mare în RFG. Admiţând pentru reprezentările grafice făcute următoarea situaţie statistică (figura 1.2) :

- a). RFG - 8 sisteme 100% ;
- b). rest ţări europene - 11 sisteme 100 % ;
- c). SUA - 12 sisteme 100 % ;
- d). JAPONIA - 16 sisteme 100 % ;
- e). sisteme pentru piese prismatice - 47 sisteme 100 % ;
- f). sisteme pentru piese de revoluţie - 6 sisteme 100 % ;
- g). situaţia globală - 53 sisteme 100 %.

Se remarcă faptul că, în timp ce în RFG s-au făcut implementări de SFF cu un grad înalt de flexibilitate (nr. mare de piese distincte), în celelalte state europene, respectiv în SUA, sistemele aplicate sînt de flexibilitate mai restrînsă. Procedînd apoi la coroborarea numărului de piese uzinate în sisteme cu configuraţia 1

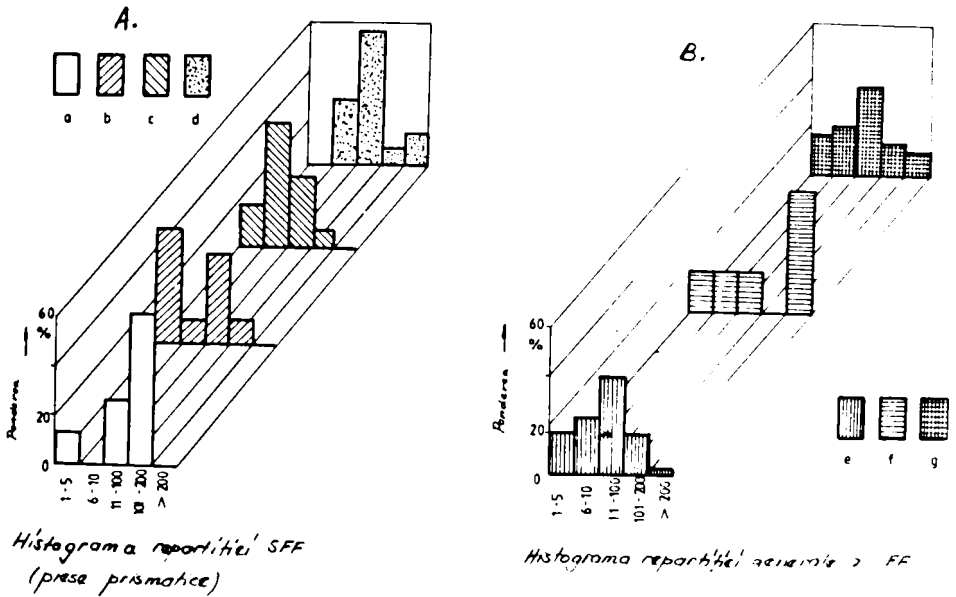


Fig.1.2

lor rezultă histogramele din fig.2 B. Se poate observa că în RFG predomină sistemele cu piese prismatice și flexibilitate ridicată. În consecință, nivelul de flexibilitate al sistemelor RFG apreciat prin numărul de tipuri distincte de piese este mai ridicat decât media nivelelor celorlalte state analizate. Se apreciază că datorită acestui nivel mai ridicat, rentabilitatea multor sisteme aplicate în RFG este încă discutabilă.

Conform datelor reieșite din literatura de specialitate în legătură cu dimensiunile maxime ale reperelor uzinate în SFF se poate obține o distribuție statistică de forma celei din fig.1.3 A și B. În această reprezentare s-au obținut date de la numai 24 sisteme care uzinează piese prismatice (fig.1.3 A) și numai 8 sisteme pentru piese de revoluție (fig.1.3 B). Din analiza histogramelor respective se pot trage următoarele concluzii parțiale :

- dimensiunile maxime ale muchiilor unor piese prismatice uzinate în SFF ating și valoarea de 3000 mm ;
- aproximativ două treimi din numărul SFF cercetate, uzinează reperi prismatice având dimensiunea maximală cuprinsă în intervalul 250 - 1000 mm ;
- sistemele concepute pentru piese de revoluție devin majori-

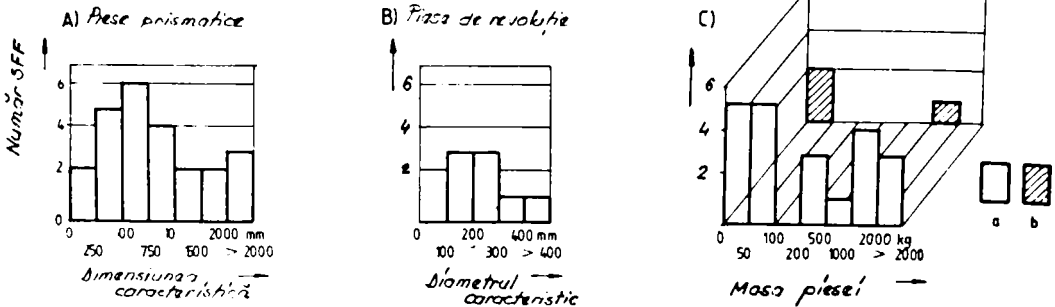


Fig.1.3

tare în domeniul 100 - 300 mm pentru diametrul piesei.

În ceea ce privește masa pieselor uzinate în SFF (fig.1.3 C) se regăsesc concluziile privind dimensiunea la piesele prismatice. Majoritatea sistemelor uzinează piese de dimensiuni și greutate mijlocii către mari (până la 2000 kg).

1.3.2. Producția anuală a sistemelor analizate

După cum rezultă din datele furnizate de unele firme [66] producția anuală a unor sisteme pentru piese de revoluție se cifrează la valori cuprinse între 100.000 și 350.000 buc./an. Într-un caz [67] ajunge chiar la un milion. La piese prismatice, unde dimensiunile și timpii de uzinare sînt mai mari, producțiile au valori cuprinse între 5.000 și 50.000 buc./an.

Analizînd situația în Statele Unite, se poate constata o tendință evidentă către creșterea producțiilor anuale în detrimentul numărului distinct de piese uzinate care este considerabil mai mic [66]. Explicația ar consta în faptul că în SUA a fost dezvoltată producția de serie mare și masă pe linii de transfer. Aceste linii, treptat se înlocuiesc cu sisteme flexibile de fabricație.

În țările est și vest europene precum și în Japonia, producțiile anuale se situează toate sub 25.000 buc./an, în schimb flexibilitățile sînt mai ridicate. Flexibilitatea în general mai ridicată a sistemelor europene rezidă în faptul că, la baza SFF au stat centrele de prelucrare. În SUA dezvoltarea SFF a apărut pe baza liniilor de transfer rigide existente la ora respectivă și transformate în SFF.

1.3.3. Aspecte legate de noi concepții privind dotarea tehnică a SFF.

Analizînd statistic situația dotărilor tehnice ale SFF, se poate constata că numărul mediu de mașini unelte și/sau utilaje tehnologice componente ale unui SFF este de opt pînă la 9 (fig.1.4).

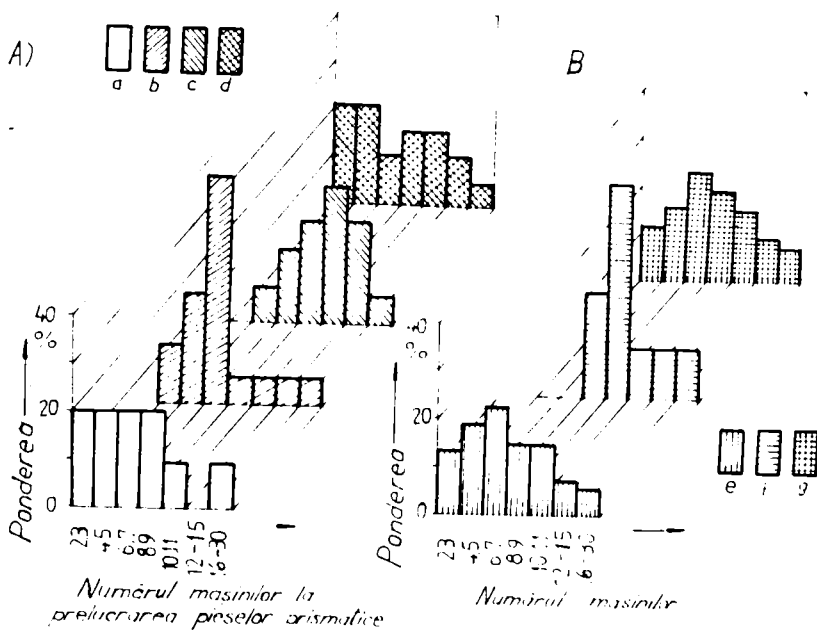


Fig.1.4

Semnificația notațiilor utilizate în histogramele din fig.1.4 este următoarea :

A). număr de mașini-unelte utilizat în SFF pentru uzinarea pieselor prismatice ;

B). Numărul total de mașini-unelte utilizate în SFF ;

- a - RFG (10 sisteme 100 %, media 8,2 mașini) ;
- b - restul Europei (17 sisteme 100 %, media 7,1 mașini);
- c - SUA (14 sisteme 100 %, media 9,9 mașini) ;
- d - Japonia (19 sisteme 100 %, media 7,8 mașini) ;
- e - sisteme pentru piese prismatice (60 sisteme 100 %, media 8,2 mașini) ;
- f - sisteme pentru piese de revoluție (9 sisteme 100 %, media 10 mașini) ;
- g - număr total al SFF (69 sisteme 100 %, media 3,42 mașini).

Se observă concomitent că numărul mașinilor care compun SFF în cazul pieselor de revoluție este mai mare, acest aspect decurgând din specificitățile tehnologice ale uzinării acestui tip de repere.

Analizând situația numărului de mașini instalate se constată unele diferențe zonale. Astfel în majoritatea țărilor europene industrializate apare un număr de 6-7 mașini. În RFG apar sisteme cu 2-9 mașini iar în SUA există sisteme cu 10-12 mașini instalate.

Concluzii interesante pot fi desprinse și făcând o analiză a SFF instalate din punctul de vedere al operațiilor tehnologice. S-a reprezentat în histogramele din fig.1.5, repartizarea numărului de mașini pe tipuri de operații, tipuri de piese uzinate respectiv pe țări (zonal) și în final, global. Semnificațiile notațiilor utilizate în fig.1.5 sînt următoarele :

- a). Operații tehnologice utilizate în SFF pentru piese prismatice ;
- B). Operații tehnologice în cadrul SFF (per global) ;
 - a.- RFG (9 sisteme 100 %) ;
 - b.- restul țărilor europene (17 sisteme 100 %) ;
 - c.- SUA (14 sisteme 100 %) ;
 - d.- Japonia (18 sisteme 100 %) ;
 - e.- sisteme pentru piese prismatice (58 sisteme 100 %) ;
 - f.- sisteme pentru piese de revoluție (9 sisteme 100 %).

Se poate constata că la prelucrarea flexibilă a pieselor prismatice predomină net operațiile de găurire-alezare-frezare pe centre de prelucrare. În cazul pieselor de revoluție centrul de greutate cade pe operația de strunjire, celelalte operații fiind foarte puțin reprezentate.

În 13 cazuri din cele 69 cercetate se menționează [66] utilizarea unor capete multiax de alezat amovibile cu schimbare automată (Mehr-Spindel-Bohrkopfwechsler). Folosirea acestora cîștigă din ce în ce mai mult teren pe arena SFF. Primul sistem astfel echipat s-a realizat în anii 1960, următorul către începutul anilor 1970, apoi încă 6 sisteme către anii 1980, iar la ora actuală se citează existența a peste 12 astfel de sisteme. Pentru sistemele instalate în SUA există informații [107] privind echipări similare în toate cazurile.

În 24 de cazuri se menționează existența în sisteme a instalațiilor de control automat. În 14 din acestea există mașini speciale pentru control tehnic înlănțuite în fluxul semifabricatelor prin sistem. În celelalte, controlul se face prin dispozitive specializa-

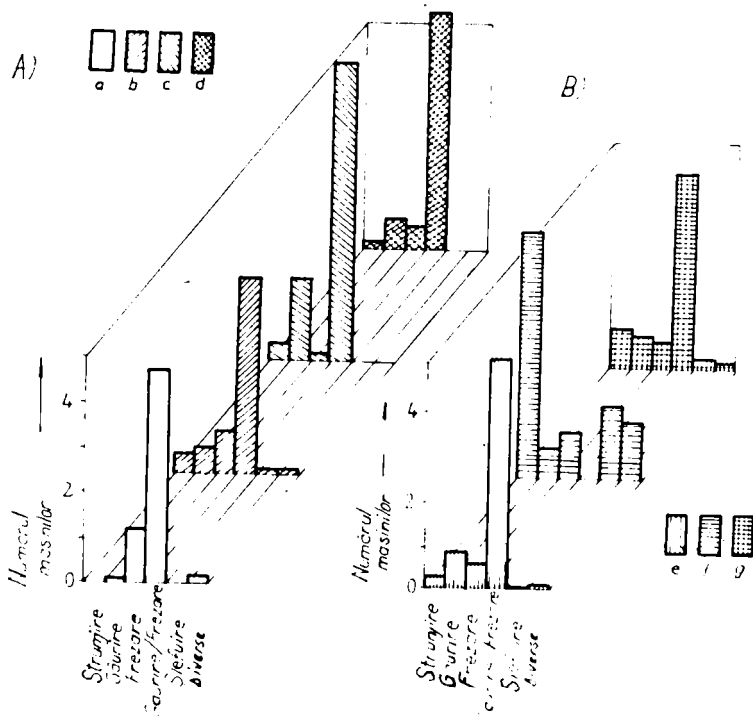


Fig.1.5

te atașate posturilor de lucru. Acestea constau de obicei din pinole speciale pentru control cu senzori, amplasate în locașurile magaziiilor de scule. Astfel ele intră în fluxul tehnologic al centrului de prelucrare în mod automat. Despre instalații (posturi) specializate numai pentru control se vorbește abia după anul 1979. Începând cu acest an se și constată o creștere sensibilă a calității producției în cadrul SFF.

1.3.4. Sisteme de transfer flexibile

Deși fabricația flexibilă în cadrul SFF se caracterizează prin utilizarea tehnologiilor de vârf în toate domeniile, sistemele de transfer au rămas convenționale. Analiza comparativă a principalelor tipuri de sisteme de transfer aplicate în SFF poate fi realizată dacă se urmărește fig. 1.6. Semnificația notațiilor utilizate în cadrul figurii este următoarea :

- a). căi cu role ;
- b). cărucioare transportoare pe șine ;
- c). cărucioare cu comandă inductivă ;
- d). dispozitive de transfer automat ;

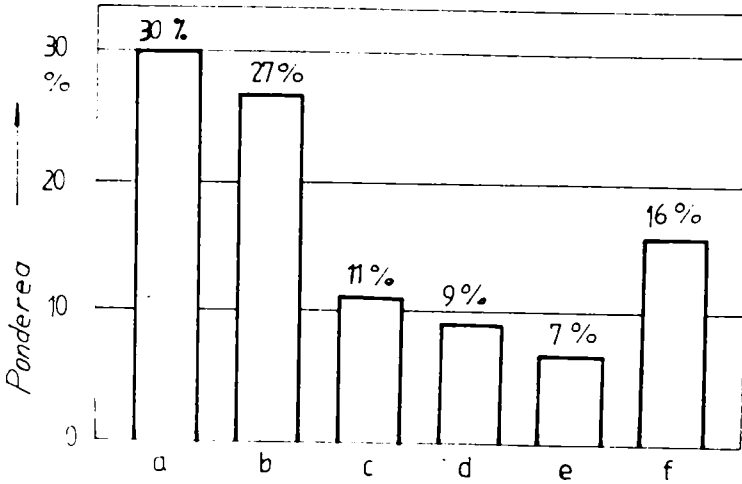


Fig.1.6

- e). sisteme de transfer cu lanțuri subterane ;
- f). sisteme diverse.

După cum se observă, cea o treime din sisteme se bazează pe principiul clasic al căilor cu role. O altă treime, abordează sistemele de transfer pe șine în special, în cazul uzinării reperelor grele, cu timpi de prelucrare ridicați și frecvență corespunzător mai mică a manipulărilor. Abia după 1979 [23] au început să apară primele sisteme de transfer inductive în Japonia. La ora actuală însă, ponderea acestora nu depășește 11%. Instalații de tip magazie automată deservită de dispozitive de transfer s-au dezvoltat în special în țările socialiste europene și ponderea lor nu depășește 10%. Sistemele subterane s-au aplicat numai în SUA și au ponderea cea mai scăzută 7%. În afară de sistemele menționate, se mai citează utilizarea de conveioare suspendate, macarale, vehicule cu susținere pneumatică etc.

În ceea ce privește problema stocării (înmagazinării) semifabricatelor și a reperelor finite (prelucrate în SFF) se menționează că în 37% din cazuri se desfășoară descentralizat față de mașini. În 27% din numărul sistemelor s-au realizat magazine (depozite) centrale. O combinație a celor două procedee menționate s-a realizat în 27% din cazuri și pentru 11% nu există informații concludente.

În tabelul 3 se prezintă o sistematizare a caracteristicilor principalelor sisteme de transfer cu indicații asupra gradului de adecvare respectiv [66].

Tabelul 3

<u>Legendă :</u> ++ foarte favorabil + favorabil mediu - puțin favorabil -- nefavorabil	Căi cu role	Cărucioare pe șine	Cărucioare cu comandă inductivă	Magazii automatizate tip "Regale"	Sisteme cu lanțuri subterane	Conveioare electrice suspendate	Macarale, poduri ru- lante.
Corelarea frecvenței transportului cu nece- sitățile impuse.	-	+	++	+		++	-
Capacitate de transfer	++	-	+	-	++	+	-
Posibilitatea de monta- re ulterioară la fața locului.	-	+	++	+	--		
Posibilități de dezvolt- tare.		+	++	+	-		+
Posibilitatea de a modi- fica ulterior traseele.		-	++	-	--	+	-
Cheltuieli de asamblare (înlănțuire).		--	++	--	+	--	+
Cheltuieli cu investi- țiile.	--		+		-	++	++
Disponibilitatea		--	++	--	-	+	--
Circulație liberă (ne- constrânsă) în spațiul de lucru.	--	--	++	--	+	++	++
Posibilități de stocare (depozitare) în cadrul sistemului.	++	--	-	++	+		
Cerințe de suprafață utilă de hală.	--	-		-		++	++

1.3.5. Concluzii generale

In urma analizei situației de pe plan mondial se desprinde o concluzie certă, fără echivoc, privind perspectivele de viitor ale SFF. Noi sisteme vor fi concepute și realizate numai dacă se va putea face dovada rentabilității economice a acestora. In acest sens, în RFG mai există încă unele rezerve. In Japonia, în schimb, se menționează [67] că referitor la producția de roboți industriali, sistemele flexibile instalate ar fi evident rentabile. Astfel, după cum se-

clară Fujitsu Fanuc [99], producător competitiv al roboților industriali, o investiție de cca 80 milioane DM în SFF s-a amortizat într-un an de zile. De asemenea unii producători din SUA [99] menționează aspecte similare privind rentabilitatea instalațiilor realizate.

Problema rentabilității a constituit în multe cazuri motiv de renunțare încă din etapa planificării unui SFF în RFG [66]. După cum rezultă din [66], proporția între cazurile declarate favorabile din punctul de vedere al rentabilității investiției și numărul total al cazurilor este de 5 din 9. Se apreciază că ieșirea din impas o va constitui utilizarea pe scară din ce în ce mai largă a dotărilor tehnice existente cu eventuale modificări în sensul flexibilizării tehnologice.

Cercetările privind prognoza tehnologiilor de producție, indică accelerarea tendințelor de a se realiza automatizarea mașinilor unelte și a celorlalte echipamente din uzine, astfel încât sistemele fizice să se integreze sub raportul posibilităților de control automat.

Pentru industrii dezvoltate următoarele etape sînt considerate drept semnificative :

- utilizarea pe scară largă a sistemelor de comandă pentru automatizarea și optimizarea completă a tuturor operațiilor necesare pentru prelucrarea unei piese date (1980) ;
- automatizarea completă și optimizarea unor instalații de producție formate din linii și conduse de sisteme de calcul ierarhizate (1985) ;
- dezvoltarea sistemelor flexibile de fabricație cu o automatizare complexă a operațiilor de manipulare, precum și integrarea în sistemul flexibil de fabricație a unui număr mare de operații. În astfel de sisteme, se estimează că vor fi cuprinse peste 50 % din mașinile-unelte ce se vor produce (1990).

Premisa esențială a implementării unei tehnologii flexibile o constituie analiza unei sarcini de fabricație. Aceasta, în marea majoritate a cazurilor, a fost orientată după criterii de asemănare tehnologică (tratate de autor în cap.2.2.2 al tezei). Concluziile desprinse însă din studiul mai multor sisteme realizate și implementate se referă la structurarea a două categorii distincte de piese [38], [61], [71].

Prima categorie cuprinde acele piese cu asemănare mare care, deși prezintă anumite variații dimensionale, se păstrează în astfel

de raporturi încât există o conservare a formelor. Aceste piese sînt considerate drept familie "înschisă" de piese caracterizată prin aceleași tipuri de operații de prelucrare. Cea de-a doua grupă cuprinde piesele de forme și dimensiuni diferite, dar care necesită operații comune de prelucrare și toleranțe similare. Aceste piese constituie familia "deschisă" de piese. S-a constatat că ambele familii necesită o anumită "flexibilitate" a instalațiilor de producție [71].

Pentru prelucrarea pieselor din familia "înschisă" s-au realizat soluții constînd din dezvoltarea flexibilității mașinilor-unelte și legarea acestora cu linii de transfer cu structură rigidă. S-au obținut astfel linii care pot prelucra economic 2-3 tipuri de piese asemănătoare în serii mici de 30-300 piese.

În ceea ce privește piesele din familia "deschisă" sînt necesare sisteme de fabricație cu flexibilitate globală mărită, ceea ce revine la a dezvolta flexibil sistemele de transfer, respectiv fluxul materialelor care circulă pe linie. Aceste sisteme prelucrează simultan un număr mare de piese diferite (3-35). Flexibilitatea lor se manifestă prin faptul că sistemul va putea prelucra loturi de piese diferite cu timpi de staționare pentru trecerea de la o piesă la alta foarte mici sau nuli.

Capitolul 2

PREMISE TEORETICE ALE STUDIULUI FLEXIBILITĂȚII FABRICĂȚII

2.1. Abordarea sistemică a producției industriale

2.1.1. Producția industrială și sistemul de fabricație

Satisfacerea comenzii sociale în vederea asigurării unui standard de viață în creștere, implică, printre altele, dezvoltarea cantitativă și calitativă a producției industriale. Dacă noțiunea de "cantitativ" are o semnificație clară, certă, univocă, problema dezvoltării "calitative" necesită precizări suplimentare. Acestea pot decurge logic numai în cazul abordării sistemice a "fenomenului" producției industriale.

Dezvoltarea calitativă va trebui să corespundă cerințelor obiective de diversificare a comenzii sociale și să respecte cerințele fundamentale ale economiei producției, legitatea economisirii timpului și cea a utilizării eficiente a resurselor consumate. Totodată, dezvoltarea calitativă a producției prezintă componente referitoare la structura internă a sistemelor de producție: structurile trebuie să devină mai adaptabile la cerința de schimbare și, în același timp, să permită o integrare calitativ superioară a factorului uman în procesul producției industriale [12], [14], [16].

Pentru o comandă socială definită, un anumit sistem rezolvitor va prezenta un anumit "grad de satisfacere" a comenzii date; chiar dacă pentru o perioadă de timp aceasta ar fi suficient, acțiunea permanentă din interiorul sistemului a legității economiei de resurse și influența din mediul exterior a disponibilității resurselor impun sistemului rezolvitor o cerință constantă de adaptare și schimbare structural-funcțională. Se manifestă astfel necesitatea unei permanente înnoiri a strategiilor de adaptare, cu efecte asupra propriei structuri și a modalităților de utilizare a acesteia.

Dacă în mod particular, prin sistem rezolvitor vom înțelege sistemul industrial, acesta va avea o componență eterogenă. El va conține atât elemente naturale, artificiale-fizice, precum și componente abstracte - cunoștințe, metode, reguli [12]. Dintre componentele naturale omul este cea mai caracteristică, în timp ce dintre cele artificiale, mijloacele de producție și o parte din obiectele muncii sînt sau pot fi artificiale, în sensul că ele nu se găsesc ca atare în natură [11], [12], [83], [8].

Producția industrială de bunuri necesită aplicarea organizată a unui număr mare de procedee de transformare asupra unor resurse,

astfel încît valoarea de întrebuințare a acestor resurse să crească sistematic pînă la obținerea produsului cu valoarea sa de întrebuințare [12].

Pentru un anumit tip de produse vor fi necesare anumite procedee și modalități specifice de înlănțuire ale acestora. Problema realizării unei anumite cantități de produse revine la a realiza organizarea structurală a unor lanțuri similare de transformări. La nivelul mijloacelor de aplicare a procedeelelor tehnologice, repetabilitatea în timp a operațiilor joacă rol hotărîtor privind conceptul de alcătuire a acestora. În timp ce procedeele sînt relativ stabile și legate, pe de o parte de natura produsului, iar pe de alta de nivelul de etapă a dezvoltării științei, mijloacele tehnice de aplicare a procedeelelor vor depinde de procedeu, dar și de caracterul de serie al producției și, într-o oarecare măsură, de alți factori de natură socio-organizatorică [12], [15].

Compunerea sistemelor industriale din subsisteme parțiale capabile să îndeplinească funcțiuni specifice și accesul succesiv (secvențial) al obiectelor muncii la sistemele parțiale indică existența unei configurații spațiale în care va trebui coordonată circulația obiectelor muncii astfel încît să aibă loc succesiunea de operații prevăzută. Cum mijloacele de producție și obiectele muncii nu reprezintă decît condiții (premise) potențiale producției, corelarea acestora în spațiu și timp și în raport cu obiectivele sistemului general industrial necesită activități specializate de conducere și organizare. Acestea sînt în esență următoarele: planificarea sistemului, controlul desfășurării producției, sesizarea și interpretarea abaterilor și reglarea sistemului prin operațiuni de reprogramare [12], [83].

Prezintă interes conceptul de alocare [12] ca și premisă a aplicării unei tehnologii flexibile. Alocarea este o funcție a conducerii și un moment al deciziei. Un prim aspect al alocării se referă la alocarea sarcinilor (misiunilor) în cadrul sistemului. Această secvență presupune a cunoaște pe de o parte structura și cerințele de transformare pornind de la produs, iar pe de alta, capabilitatea sistemelor parțiale disponibile. Alocarea va fi o problemă de compatibilizare (adecvare) maximală. După alocarea misiunilor se poate trece la alocarea resurselor, plecîndu-se de la structura produsului, natura procedeelelor și a modului de organizare a producției.

În concluzie, se poate defini sistemul industrial ca fiind un sistem eterogen, realizabil, capabil de îndeplinirea unei relații de cauzalitate între intrări și iesiri, variabilele de ieșire fiind bunu-

rile sau serviciile [12] .

Abordarea sistemică-integratoare a unei întreprinderi industriale va permite punerea în evidență a principalelor componente ale structurii și în special a relațiilor dintre acestea și performanțele parțiale și globale ale sistemului. O astfel de abordare va înlesni accelerarea introducerii automatizării, inclusiv a conceptului de automatizare flexibilă [12], [14], [11] .

Conceptualizarea diferitelor modele pentru exprimarea sistemului industrial va trebui să pornească de la definirea și analiza fenomenului de producție [12], de la punerea în evidență a componentelor și relațiilor care pot fi considerate ca invariante și definitorii pentru acest fenomen. Relația dintre modelele sistemului industrial și fenomenul de producție va consta în aceea că structura sistemului va trebui să satisfacă cerințele fenomenului de producție. O dată aceste cerințe satisfăcute, structura sistemului va deveni sediul de manifestare a fenomenului de producție, funcționarea sistemului exprimând tocmai procesul de producție [12], [63] .

După cum rezultă din literatura enciclopedică [16], prin termenul de "producție" se înțelege "procesul creării bunurilor materiale" respectiv activitatea socială în care oamenii, cu ajutorul mijloacelor de producție, în cadrul unor forme sociale determinate, exploatează și modifică elemente din natură în vederea satisfacerii necesităților de consum.

Termenul de proces are semnificația de "succesiune a stărilor" prin care trece în desfășurarea sa temporală, transformarea anumitor elemente în cadrul fenomenului de producție, transformarea orientată ca scop și decurgând din aplicarea unor cunoștințe.

În planul organizării industriale și al semnificațiilor conceptelor folosite în tehnică, producția va fi definită ca "totalitatea mijloacelor și măsurilor tehnice și organizatorice aplicate (utilizate) în realizarea de bunuri materiale".

În planul desfășurărilor întinse, în care se definește specificitatea fenomenului de producție, regăsim procesele de transformare orientate asupra materialelor, energiilor și informațiilor și mijloacele de diferite tehnici [16] .

Termenul "tehnică" prezintă înțelesuri multiple : în context, se va defini prin tehnică un ansamblu de mijloace de muncă utilizate în procesul de producție, inclusiv acțiunea acestora asupra obiectului muncii precum și ansamblul de metode, procedee și reguli necesare utilizării mijloacelor și realizării producției [16] .

536.689
124 G

Procesul de producție devine un act al creării valorilor ca urmare a faptului că se desfășoară în conformitate cu legitățile economice. Astfel, procesul va trebui să respecte legitatea eficienței, respectiv să permită obținerea unui rezultat maxim cu minimum de mijloace utilizate. Sub aspect valoric, rezultatul trebuie să fie mai mare decât resursele consumate.

Plecînd de la aceste considerente, o definiție a producției industriale care să constituie o premisă a realizării sistemelor flexibile de producție, poate fi exprimată astfel :

Prin producție industrială se înțelege procesul de obținere a bunurilor cu valoare de întrebuințare ce se realizează cu ajutorul mijloacelor și măsurilor tehnice și organizatorice folosite de om în procesul muncii, proces organizat și controlat (condus) în mod conștient astfel încît să se respecte cerințele legităților economice.

"Producția industrială" reprezintă astfel o sinteză între tehnică și economie, interdependența acestor categorii conducînd la modelarea întreprinderii industriale (sistemului industrial) [12], [16].

Delimitarea conceptului de fabricație și raportarea sa la celelalte categorii și în special la fenomenul de producție, prezintă un interes particular pentru delimitarea interioară a funcțiunilor diferitelor sisteme parțiale și pentru determinarea structurilor acestora.

Fabricația constituie un proces parțial al producției de bunuri, avînd funcțiuni și structură specifice și deosebite de cele ale celorlalte procese parțiale care compun producția de bunuri. Raportul dintre conceptul de producție și cel de fabricație este un raport între întreg și parte de tip sistemic. Astfel producția de bunuri nu poate avea loc fără fabricație iar fabricația nu are sens și nu poate exista în afara producției de bunuri.

Prin fabricație industrială se va înțelege procesul de producție parțial prin care se obțin configurația și proprietățile finale ale obiectului constituind produsul. A fabrica înseamnă a obține un obiect cu o utilizare predeterminată prin caracteristicile de formă, dimensiune, precizie, material, compunere și aspect pornind de la o cantitate de materiale și aplicînd o serie de procedee tehnice.

Un sistem concret de fabricație depinde de următorii parametri: configurația pieselor, geometria erorilor, cantitatea produselor și costul acestora [12].

2.1.2. Sistemul de fabricație

În general, prin "sistem" se înțelege "ansamblul de elemente (mă-

teriale sau ideale) care sînt în interdependență, alcătuiind un întreg organizat" [62] sau "o mulțime de elemente ordonată printr-o mulțime de relații". Aceste relații trebuie să fie de altă natură decît cele de apartenență. Sistemul apare astfel ca un ansamblu cu proprietăți noi ce nu se pot deduce prin simpla însumare a elementelor, ci numai ca efect al "integrării" acestora în sistem.

Din punctul de vedere al teoriei sistemelor prezintă interes următoarele categorii de bază : clasificarea, caracterizarea, comportamentul, funcțiunea și ierarhizarea.

Definirea și delimitarea sistemelor de fabricație prezintă importanță pentru raționamentele necesare automatizării în general și producției de serie în special. Automatizarea producției de serie pune problema integrării funcționale a diferitelor mijloace de producție astfel încît să se obțină sisteme adecvate să realizeze sarcinile variabile specifice producției de serie.

În scopul abordării sistemice, la conceperea și realizarea întreprinderilor industriale urmează a se implementa tehnologii flexibile, se impune delimitarea semnificației termenilor "sistem de producție" și "sistem de fabricație" în contextul dat de sarcinile constructorului de sisteme.

În acest context, prin "sistem de producție" se va înțelege totalitatea elementelor fizice naturale și artificiale precum și a celor abstracte : teorii, metode, reguli, calificări și experiență, astfel organizate încît să rezulte capacitatea de realizare a unor scopuri prestabilite și derivate din obiective economico-sociale [6]. "Întreprinderea industrială" este, alături de alte tipuri de întreprinderi, un caz particular al "sistemului de producție". Esențial este, că, în cadrul unui sistem de producție, prin aplicarea tehnicilor de producție se va realiza combinarea factorilor elementari de producție în produse, rezultînd o valoare mai mare de întrebuintare decît suma valorilor factorilor elementari de producție consumați. Faptul că "sistemul de producție" este orientat spre obiective și că modul său de funcționare îi cere atingerea în timp a scopurilor derivate cu o anumită precizie, indică apartenența acestor sisteme la categoria sistemelor cibernetice cu autoreglare. Aceasta va conduce la anumite forme de organizare structurală care să-i asigure un comportament homeostatic [12].

"Sistemul de fabricație" se constituie ca un sistem parțial sau subsistem al sistemului de producție definit anterior. În timp ce sistemul de producție este cadrul general al tuturor activităților, atît cele funcționale cît și cele direct productive, necesare

realizării produselor, "sistemul de fabricație" va fi definit limitat numai la rezolvarea anumitor tipuri de misiuni (sarcini) din cadrul unui sistem de producție. Dacă din totalul misiunilor (sarcinilor) se vor separa numai sarcinile de fabricație legate de realizarea fizică a pieselor, atunci sistemele cu aceste misiuni formează categoria "sistemelor de fabricație".

"Sarcina de fabricație" constituie o particularizare a sarcinii de producție cu referire la realizarea propriu-zisă a obiectelor fizice. Realizarea (rezolvarea) unei sarcini de fabricație implică realizarea anumitor transformări într-o anumită succesiune și în anumite condiții de eficiență economică. Aceste transformări implică de asemenea existența de mijloace tehnice și umane, un anumit mod de legare spațială a acestora, precum și existența unor metode și procedee având ca scop coordonarea (conducerea) operațiilor elementare (parțiale) astfel încât să se îndeplinească sarcina de fabricație stabilită. Un "sistem de fabricație" va fi reprezentat de totalitatea mijloacelor și a relațiilor existente între aceste mijloace, capabile să rezolve o sarcină sau un domeniu de sarcini de fabricație, realizând o astfel de transformare a fluxurilor de materiale și informații cu ajutorul fluxului de energie încât materialelor să i se imprime anumite informații care îi măresc valoarea

[12].

Privind mijloacele, orice sistem de fabricație va conține mijloacele tehnice și factor uman. În cazul sistemelor automatizate, factorul uman se implică sub forma personalului de întreținere, reglaje, pregătirea programelor, controlul calității etc.

Definind esența "sistemului de fabricație" rezultă că funcția unui astfel de sistem constă în transformarea unui flux de materiale și a unui flux de informații cu ajutorul unui flux de energie în așa fel încât fluxul de informații să fie transferat (imprimat) fluxului de materiale [12]. Principala funcțiune informațională constă în transferul datelor de intrare în forma obiectelor constituind ieșirea; funcțiunile derivate vor fi cele de transformare, separare, combinare și transfer al informațiilor astfel încât să se poată manifesta funcțiunea informațională principală. Sub aspect informațional piesa finită conține o cantitate mai mare de informații decât materialul de intrare.

Problema structurii unui sistem de fabricație se va aborda bazat pe următoarele :

- analiza calitativă și descompunerea funcției generale a sistemului în funcții parțiale ;

- descompunerea în funcții parțiale va ține seama de intrările și ieșirile din sistem, funcțiile parțiale fiind definite în raport cu acțiunea lor asupra fluxurilor din sistem ;

- se va ține seama și de cerințele constructive ale sistemelor care generează restricții în definirea funcțiilor și/sau gruparea lor ;

- se vor defini în final subsisteme care devin purtătorii de funcții și modul de legare a acestora în vederea obținerii funcției generale a sistemului.

Definirea subsistemelor se bazează pe următorul raționament: într-un sistem de fabricație trebuie să existe cel puțin un subsistem în care materia, energia și informația se interconectează direct, rezultând piesa ca material cu informația imprimată ; intrările de energie, material și informație au o structură care nu le permite a fi introduse nemijlocit în subsistemul anterior definit, ele necesitând operațiuni de pregătire și transformare.

Structura minimală a unui sistem de fabricație presupune următoarele tipuri invariante de subsisteme [12] :

- subsistemul de lucru (de prelucrare) ;
- subsistemul de control (al fabricației) ;
- subsistemul de comandă ;
- subsistemul logistic.

2.2. Particularități informaționale specifice fabricației flexibile.

2.2.1. Aspecte privind clasificarea și codificarea elementelor sistemului industrial în vederea studiului flexibilității fabricației.

În fabricația de serie mică și mijlocie, îmbunătățirea tehnologiilor și creșterea performanțelor mașinilor unelte nu pot, singure, conduce la creșterea eficienței funcționării sistemului industrial. Rezervele mari de raționalizare se află în domeniul organizării și al conducerii și au rolul să asigure sincronizarea multitudinii de activități diferite, specifice acestui tip de fabricație.

Creșterea flexibilității fabricației implică combinații noi de informații legate de determinarea și valorificarea informațiilor care să pună în evidență analogiile din structura sarcinii de producție precum și cele din structura capacității de producție.

Gruparea analogică a elementelor permite, astfel, creșterea caracterului de serie și pe baza acestuia, dimensionarea economică a

parcului de mașini și optimizarea exploatarea acestuia printr-o mai bună distribuție a sarcinii de fabricație. Spre deosebire de părerea unor autori, apariția și dezvoltarea clasificării și codificării în construcția de mașini nu sînt strîns legate de apariția conceptului tehnologiei de grup [62].

Se impune, însă, precizarea că în condițiile producției diversificate, clasificarea joacă un rol determinant în introducerea conceptului de fabricație flexibilă, întrucît permite analiza extinsă a sarcinii de producție și determinarea nivelelor de structură cu maximă asemănare și stabilitate.

Astfel una dintre premisele fundamentale ale aplicării în condiții optime a tehnologiilor flexibile este tocmai capacitatea de a face să devină "transparente" spectre largi de piese și activități asemănătoare, ceea ce creează posibilitatea de a trece la normalizarea, standardizarea și organizarea rațională a fabricației.

În acest context, clasificarea trebuie să permită elaborarea unor raționamente fundamentale pentru deciziile de structurare sau exploatare a sistemului industrial în timp ce codificarea trebuie să faciliteze comunicarea propriu-zisă, în sensul că la același conținut de mesaj trebuie să fie cît mai scurtă și suficient de precisă [62].

Alegerea sistemului de clasificare este hotărîtoare pentru aplicarea eficientă a tehnologiei flexibile. Condițiile care se cer unui sistem de clasificare al elementelor de mașini sînt :

- să utilizeze criteriile de clasificare care să țină seama de caracteristicile de bază permanente ale elementelor ;
- utilizarea sistemului să permită definirea univocă a grupelor ;
- să aibă aptitudinea de a putea clasifica noi elemente fără a fi nevoie să-și transforme structura ;
- să fie structurat pe astfel de criterii încît să satisfacă cerințele utilizatorului [62].

În cazul tehnologiei flexibile (de grup), cercetările arată că sistemul de clasificare al pieselor poate fi independent de produs. Ca atare se pot defini criteriile de clasificare :

- destinația (funcțiunea) piesei ;
- forma constructivă a piesei ;
- procedeul de fabricație sau procesul tehnologic de fabricație.

Dezvoltarea unor sisteme de clasificare bazate numai pe cîte unul din aceste criterii nu a permis raționalizări importante întrucît nu a înlesnit comunicația între participanții la proces. În același timp sistemele de clasificare multicriterială conduc la coduri lungi care măresc dificultatea prelucrării.

O analiză după criteriile a sistemelor de clasificare existente a pieselor permite gruparea acestora în [12] :

- sisteme de clasificare pentru descrierea funcțiunii ;
- sisteme de clasificare pentru descrierea formei constructive ;
- sisteme de clasificare pentru descrierea formei principale și suprafețelor secundare - impropriu considerate tehnologice ;
- sisteme de clasificare pentru descrierea funcțiunilor și a unor caracteristici ajutătoare (material, cost etc.);
- sisteme de clasificare pentru descrierea procedurii tehnologice principale ;
- sisteme de clasificare orientate după criteriile speciale.

Din analiza sarcinilor de producție la diferite întreprinderi constructoare de mașini a rezultat că, oricât de mare ar fi diversificarea, un număr mare de piese poate fi clasificat într-un număr restrâns de grupe de elemente cu asemănare mărită, pentru care parametrii de selecție variază în limite mici [62]. Cercetările arată că 45-65 % din totalul reperelor cuprinse în diferite produse din ramura constructoare de mașini au formă simetrică de rotație și că dintr-un număr limitat de grupe definite după criterii ca cel al formei, funcțiunii, procedurii tehnologice de bază, se poate obține un număr foarte mare de produse prin combinațiile ce se obțin în structura lanțurilor cinematice. Aceasta a condus la faptul că sistemele de clasificare utilizate în interiorul întreprinderilor să fie sisteme independente de produs [62].

Unul din cele mai folosite sisteme de clasificare este cel având drept criteriu procedura tehnologică de bază pentru obținerea pieselor. Astfel există sisteme de clasificare pentru turnare, deformare la rece, deformare la cald, sudură, aşchiere. Grupele obținute sînt apoi subdivizate prin criterii suplimentare orientate spre formă, dimensiune, funcțiune fie către elemente caracteristice ale procedurii.

Cercetările arată că, pentru necesitățile aplicării tehnologiei flexibile, sisteme unitare de clasificare a pieselor, bazîndu-se pe descrierea formei, satisfac parțial. Un astfel de sistem extins poate cuprinde pînă la 14 grupe de criterii cu un total de 67 poziții, fără a descrie dispozitivele și felul prelucrărilor, prezentînd, în același timp, serioase dificultăți în introducerea prelucrării automate a datelor.

Pentru producția diversificată este avantajoasă folosirea unor sisteme de numere comutatoare, cu ajutorul cărora să se poată corela un număr de identificare a piesei cu unul sau mai multe sisteme de numere independente între ele în cadrul conceptului "clasificare paralelă fără sistem" [62]. Sistemele de numere independente reprezintă clasificări orientate după criterii în raport cu necesarul de informații a diferiților participanți. După cum rezultă și din fig. 2.1, în timp ce pentru serviciile de concepție, aprovizionare, desfacere se pot alege criteriile de formă și/sau funcțiune, pentru fabricație se pot alege criteriile tehnologice, obținându-se ca același element, caracterizat prin numărul de identificare, să fie descris simultan după necesitățile fiecărui compartiment.

În aceste condiții, sistemul de clasificare orientat către fabricație va dezvolta clasificarea detaliată, de exemplu, după procedeul de așchiere. În acest caz, se formează patru sisteme parțiale independente respectiv pentru procedeul de strunjire, burghiere, frezare, rectificare. Fiecare dintre aceste subsisteme va trebui să permită identificarea subprocedeului, a dispozitivului de prindere a piesei, felul prelucrărilor (interioară, exterioară, specială) precizia și materialul.

În funcție de procedeu se pot introduce și alte caracteristici ca de exemplu : numărul de alezaje, numărul de SDV-uri, numărul de pași ai filetului etc.

Dacă în sistemele de numere paralele se introduc clasificări orientate către organizarea fabricației, atunci se poate pune în evidență complexitatea piesei (numărul de operații), secvența operațiilor (fluxul tehnologic), consumurile de timp, mijloacele de producție și costurile. Cuplarea unui astfel de sistem cu subsistemul tehnologic de clasificare se face printr-un număr comutator care indică secvența operației în fluxul tehnologic.

Aplicarea acestui concept cu privire la utilizarea și alcătuirea codurilor permite o deservire a tuturor participanților, fiecăruia în parte oferindu-i-se un sistem unitar în raport cu necesitățile de identificare a piesei și, particular, în raport cu obiectivele sale și care face posibilă dezvoltarea modulară atât a bazei de date cât și a programelor de aplicații în prelucrarea automată.

2.2.2. Aspecte privind analiza sarcinii de producție.

2.2.2.1. Particularități și cerințe ale analizei sarcinii de producție.

Implementarea fabricației flexibile sau flexibilizarea acesteia,

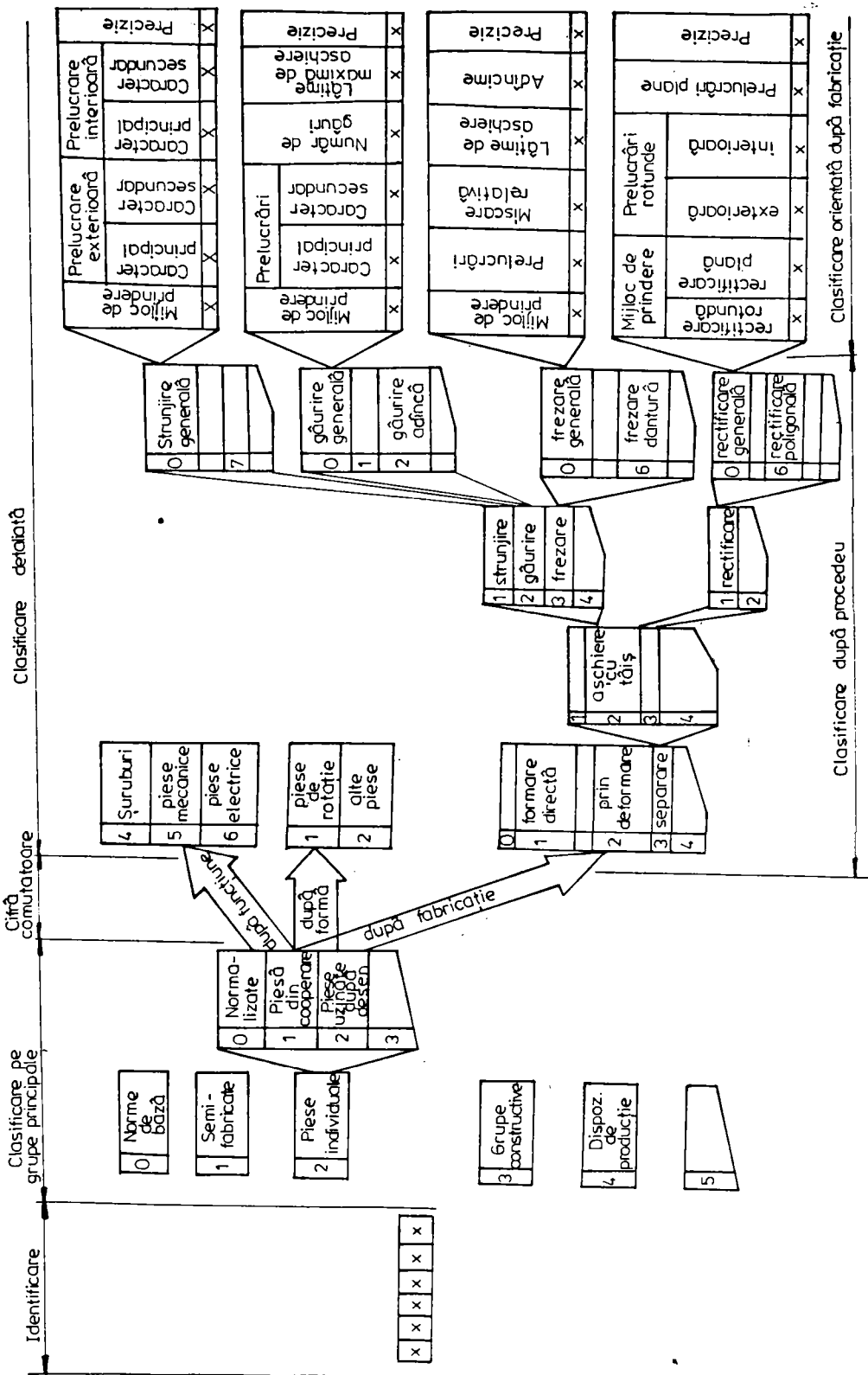


FIG. 2.1

implică realizarea unei analize special orientate a sarcinii de producție [12].

Pentru a deveni un instrument eficace în procesul de proiectare a sistemelor flexibile de fabricație, analiza de producție trebuie să îndeplinească următoarele cerințe principale :

- să permită punerea în evidență a identităților, asemănarilor și analogiilor cuprinse în sarcina de fabricație ;
- să permită definirea tipului de producție căreia îi aparține sarcina de producție dată ;
- să permită punerea în evidență univocă a caracteristicilor sarcinii de producție cu tipurile de organizare structurală a producției ;
- să permită specificarea elementelor și dimensionarea tuturor subsistemelor sistemului de producție ;
- să permită structurarea de ansamblu a sistemului, cu punerea în evidență a extinderii și raportului dintre funcțiunile de structură ale organizației reprezentând sistemul, inclusiv cu metodele și tehnicile de conducere necesare ;
- să asigure posibilitatea evaluării eficienței și a riscului în decizia de realizare a sistemului [12].

Este considerat și demonstrat greșit demersul prin care proiectarea unor sisteme flexibile de fabricație se realizează fără un studiu general al sistemului de producție. Schimbările pe care un sistem flexibil de fabricație le antrenează în funcționarea unui sistem de producție sînt atît de profunde, încît fără luarea lor în considerare încă de la început nu poate fi asigurată implementarea și exploatarea eficientă a unui astfel de sistem.

2.2.2.2. Etapele analizei sarcinii de producție

O primă etapă în cadrul problemelor de analiză o constituie "analiza preliminară". În cadrul acestei etape vor trebui parcurse fazele [12]:

- analiza complexității și stabilității sarcinii de producție;
- analiza pentru determinarea caracterului de serie a producției ;
- analiza pentru determinarea tipului de producție, a formelor de organizare structurală de bază și a nivelului de dezvoltare tehnică și tehnologică ;
- analiza pentru determinarea preliminară a ponderii și extinderii fiecărei funcțiuni de structură.

Cerința fundamentală a analizei sarcinii de producție și anume aceea de a degaja identitățile, asemănările și analogiile cuprinse în sarcina de producție generează faza intitulată : "analiza complexității și stabilității".

Complexitatea sarcinii de producție va trebui definită la nivelul operațional, respectiv la nivelul operațiilor de transformare și cel al operațiilor logistice. Complexitatea poate fi definită prin parametri cum ar fi :

- numărul de niveluri a structurii pieselor ;
- numărul total de elemente (repere) pe fiecare nivel ;
- numărul de elemente unicat ;
- numărul de elemente comune pentru un număr mai mare de produse.

Toți acești parametri trebuie determinați pentru a putea avea o imagine asupra oportunității implementării unei tehnologii flexibile. Metode concrete de determinare se găsesc în literatura de specialitate [62] cum ar fi, de exemplu, metoda "exploziei produselor", figura 2.2.

O altă latură a complexității este cea tehnologică. Aceasta, va trebui definită în planul procedeeleor și al operațiilor tehnologice. În acest scop, componentele sarcinii de producție vor trebui analizate și grupate după numărul de procedee tehnologice folosite pentru obținerea unui tip de produs, numărul de repere-operații necesar pentru executarea unui anumit tip de produs și numărul de procedee și repere-operații care se repetă în fabricația întregului sortiment de produs.

În consecință, complexitatea va fi deci definită prin cele trei componente :

- complexitatea structurală - C_s
- complexitatea în procedee - C_p
- complexitatea în operații - C_o

Metode analitice detaliate pentru calculul acestuia se găsesc în literatura de specialitate și au fost abordate de autor în lucrarea [28].

În ceea ce privește faza de analiză a stabilității, se pleacă de la definiția stabilității în contextul analizei preliminare a sarcinii de producție, ca fiind inversul variației complexității într-o perioadă definită :

$$S \Delta t = \Delta I_c^{-1} \quad (1)$$

de unde :

$$S = \frac{\Delta I_c^{-1}}{\Delta t} \quad (2)$$

În lucrarea [62] se prezintă relație de calcul a indicelui de stabilitate I_{ST} :

$$I_{ST} = \frac{I_{Di+1}}{I_{Di}} 100 \quad (3)$$

în care : I_{Di} și I_{Di+1} reprezintă indicii de diversitate complexitate) a sarcinii în două perioade consecutive de referință i și $i+1$.

Analiza stabilității implică deci determinarea dinamicii complexității pentru o perioadă anterioară precum și proiectarea acestei dinamici pentru o perioadă viitoare. Va fi astfel posibilă punerea în evidență a unor zone în care complexitatea prezintă o maximă stabilitate precum și a unor zone în care complexitatea este mai puțin stabilă sau unor cazuri de complexitate mare, întâmplătoare.

Analiza preliminară de complexitate și stabilitate permite definirea tipurilor predominante de producție care trebuie avute în vedere la organizarea structurală a sistemelor ce urmează a fi realizate.

Analiza detaliată a sarcinii de fabricație sau, analiza gamei de piese va fi astfel condusă încât să pună în evidență informații cantitative și calitative detaliate privind asemănarea și stabilitatea elementelor ce urmează a fi fabricate. Aceste informații trebuie să permită apoi formularea ipotezelor pentru definirea tehnologică și logistică ca suport al operațiilor de producție.

Analiza detaliată de asemănare trebuie orientată astfel, încât piesele să poată fi grupate în vederea creșterii caracterului de serie al operațiilor de transformare. Gruparea pieselor se poate realiza pe criteriile de formă, morfologice și pe criteriile tehnologice. Gruparea tehnologică trebuie exprimată în raport cu parametrii de structurare și planificare ai sistemului tehnologic, respectiv succesiune, reglaje, dispozitive, timpi operativi, precizie, material [12].

Gruparea realizată în urma analizei permite definirea subsistemelor de fabricație și indică gradul necesar de flexibilitate, respectiv de adaptabilitate tehnologică la cerințele spectrului de piese.

Analiza stabilității revine la a determina stabilitatea acestor grupări de piese pe perioade mai lungi, prin cercetarea statistică a istoriei fabricației, pornind de la sarcina de producție dată, iar pentru perioade mai îndepărtate, de la prognoza ciclului de viață a produselor.

Punerea în evidență a stabilității se poate face cu ajutorul "histogramelor de frecvență" [12] a apariției grupelor în sistemul de fabricație. O analiză de tip Pareto [83] va permite clasificarea grupelor într-o ordine bazată pe mărirea stabilității în producție a fiecărei grupe, putînd astfel să ofere informații asupra nivelului necesar de dezvoltare a mecanizării și automatizării mijloacelor de producție.

Toate cercetările ce se efectuează în această etapă, referitor la familii (game) de piese, trebuie să se bazeze pe metode statistice singurele capabile să caracterizeze o mulțime de elemente morfologice și ca distribuție temporală.

În literatura de specialitate se găsesc precizări suplimentare privind conținutul detaliat al fiecărei etape de analiză precum și unele exemplificări concrete [12], [62].

2.3. Unele considerații sintetice asupra noțiunilor de bază atașate studiului flexibilității fabricației.

2.3.1. Aptitudinea de flexibilitate.

Cercetări asupra fabricației de serie mică și mijlocie, arată că extinderea automatizării acestora devine posibilă numai prin dezvoltarea unor noi categorii de mijloace de producție orientate spre satisfacerea cerințelor specifice ale acestui fenomen.

Termenul general prin care se definește totalitatea caracteristicilor noi ale acestor mijloace de producție este cel de "flexibilitate".

Termenul de "flexibilitate" provine din termenul latin "flexibilis" avînd semnificația inițială de "maleabil", "nestabil" și ulterior de "suplu", variabil, "capabil de modificări".

În domeniul problematicii producției industriale, termenul apar relativ recent, în legătură cu automatizarea fabricației [62], ca tră sătură ce definește un "sistem automat de fabricație bazat pe mașini transformabile" atît pentru procesele de prelucrare cît și pentru cele de transport al materialelor.

Ulterior, termenul de flexibilitate este utilizat și cu referință la capacitatea unui sistem de a trece la fabricația produselor de un alt tip, caracteristică definită ca "elasticitate tehnologică".

În ceea ce privește acest ultim termen, cu referință la producție el desemnează caracteristicile unei întreprinderi ca : adaptarea, reorganizarea, modificarea, mobilitatea și comportă două componente :

- elasticitatea structurilor (domeniului) tehnice, sau elasticitatea propriu-zisă ;

- elasticitatea comercială, respectiv față de piață.

În acest context, capătă semnificație și termenii de elasticitate cantitativă și elasticitate calitativă. Primul se referă la cantitatea produselor diferite ce pot fi realizate, celălalt cu privire la spectrul performanțelor realizate.

În raport cu această extindere a termenului de elasticitate, termenul de flexibilitate este folosit pentru a exprima elasticitatea propriu-zisă a structurilor tehnice, respectiv a elasticității tehnice de fabricație, în mod automat.

Totodată, sistemele de fabricație automatizate "flexibile" trebuie definite în comparație cu sistemele automatizate "rigide". În timp ce sistemele rigide sînt de la început concepute pentru realizarea unei singure sarcini de fabricație, sistemele "flexibile" sînt astfel concepute încît să se poată transforma în vederea realizării mai multor sarcini de fabricație.

Concomitent însă, literatura de specialitate [62] admite și un alt conținut, mai larg, pentru termenul de flexibilitate. Astfel, un număr mare de cazuri reale de fabricație pot fi rațional satisfăcute de sisteme cu "flexibilitate structurală tehnică și organizatorică mărită", fără a ajunge la nivelul de autostructurare automată [12]. Acestea se vor baza pe combinații, justificate economic, ale unor dispozitive automatizate cu dispozitive mecanizate și operatori și dispunînd de procedee de reorganizare structurală predefinite și economic realizabile.

În concluzie, conceptul de flexibilitate este utilizat pentru caracterizarea unor soluții tehnice diferite, începînd de la linia de transfer adaptată la cîteva variante ale sarcinii de producție și de la centrul de prelucrare cu comandă numerică și pînă la linia de fabricație cu comandă numerică și sisteme integrate de mașini unelte și instalații logistice comandate de către structuri ierarhizate de dispozitive de prelucrare a datelor. În tabelul 4 se prezintă unele accepțiuni ale conceptului de flexibilitate cu referire la mașinile de lucru. O sistematizare și redefinire a celor mai importante conținuturi ale noțiunii de flexibilitate este redată în tabelul 5.

2.3.2. Condițiile flexibilității sistemelor de fabricație automatizate.

În raport cu cerințele automatizării producției de serie, mijloacele de fabricație vor trebui să îndeplinească o serie de condiții pentru a deveni apte tehnic și economic fabricației flexibi-

Tabelul 4

Accepțiuni ale conceptului de flexibilitate cu referire la mașinile de lucru.

Ipoteza asupra sarcinii de producție	Caracterizarea mașinii de lucru	Accepțiunea conceptului de flexibilitate.
O singură sarcină de producție	Specializată pentru sarcini de producție dată. Structurată modular din raționamente de raționalizare a fabricației mașinii.	Adaptarea la o nouă sarcină specializată după intervenții lungi. Adaptarea se face prin reconstrucția mașinii, care este ușurată de structura modulară a acesteia.
Un număr limitat de sarcini de producție asemănătoare.	Specializată pentru o gamă de operații asemănătoare. Grad crescut de echipare cu dispozitive reglabile.	Adaptare alternativă la diferitele sarcini în general prin reglaje și reechipări.
Sarcini de producție diferite cu alternare frecventă.	Concepută pentru sarcini de producție diferite care prezintă numai o similitudine generală și care se repetă identic sub raport operațional numai parțial. Atenție particulară se acordă sistemului de în-lănțuire și modului de diferențiere și concentrare a operațiilor. Se au în vedere domenii extinse de reglaj.	Adaptare la sarcinile diferite se face relativ frecvent, de obicei de la 2 schimbări/săptămână la 2 schimbări/an. Numărul sarcinilor diferite de fabricație și timpii necesari adaptării mașinii caracterizează flexibilitate. Adaptarea se poate face prin reglaje, reechipări cu dispozitive sau schimbări de subansamble.
Sarcini de producție foarte diferite ce se succed cu frecvență mare.	Concepută astfel ca să se poată adapta rapid și economic unor sarcini diferite de fabricație. Subsistemul de lucru în structuri redundante. Domenii largi de reglaj a parametrilor tehnologici. Posibilitatea de circulație "liberă" a pieselor între posturi. Capacitate de control informațional extins a proceselor parțiale și a funcționării ansamblului.	Adaptarea rapidă prin schimbarea automată a stării sistemului. Realizarea succesivă a unor sarcini diferite de fabricație care se pot repeta aleatoriu. Se îmbină avantajele fabricației automatizate în flux, specifică producției de masă cu specificul fabricației de serie mică și mijlocie. Eficiența sistemului se bazează pe echilibrul dintre costurile crescute de investiție și efectele creșterii capacității de producție ca urmare a reducerii timpilor de staționare pentru adaptare.

Tabelul 5

Sistematizarea diferitelor interpretări
ale conceptului de flexibilitate.

Nr. crt.	Interpretări ale conceptului	Semnificație în termenii structural-funcționali ai sistemului de fabricație
1.	Capacitatea unui sistem de fabricație de a executa sarcini diverse cu cheltuieli mici de reechipare.	Flexibilitate în utilizare.
2.	Proprietatea unui sistem de fabricație de a se adapta la cerințele diferitelor sarcini fără ca elementele funcționale corespunzătoare fiecărei sarcini să fie specializate și să existe ca atare, permanent.	Flexibilitate de adaptare.
3.	Independență la selectarea căilor de prelucrare a diferitelor sarcini de către mai multe stații.	Acces (circulație) liberă a pieselor la stațiile de lucru.
4.	Existența mai multor purtători de funcții decât cei folosiți la un moment dat pentru realizarea sarcinii.	Redundanța de fabricație.
5.	Posibilitate de extindere a unui sistem de fabricație cu privire la capacitatea cantitativă și cea calitativă.	Conceptia dinamică. Structură modulară. Calitatea de integritate.
6.	Posibilitatea egalizării ritmurilor diferite de fabricație a stațiilor.	Capacitatea de înmagazinare.
7.	Proprietatea unui sistem de fabricație de a putea fi programat pentru funcționarea automată în condiții de variație a sarcinilor.	Programabilitate integrabilă.

le. Se consideră ca și principii de bază ale fabricației de serie automatizate următoarele :

- principiul integrabilității ;
- principiul adaptabilității ;
- principiul adecvării ;
- principiul conceperii dinamice (variabile în timp).

In acest context se va înțelege prin FLEXIBILITATE acea proprietate care permite automatizarea fabricației de serie datorită faptului că mijloacele dispun de calitatea de integritate, pose-

dă adaptabilitate față de un domeniu de operații, sînt adecvate tehnic și economic fiecărei operații în parte și sînt construite în baza concepției dinamice.

Calitatea de integrabilitate derivă din faptul că într-un sistem de fabricație automatizat, un număr important de sisteme parțiale cu funcțiuni diferite trebuie integrate fizic (spațial), temporal (secvențial) și funcțional. În general, devine necesară integrarea fizică a subsistemelor de lucru, de transport, manipulare, depozitare, de comandă și control proces, de alimentare și distribuție a unităților, de supraveghere și alarmare, de avarie etc.

Caracteristica de integrabilitate implică o corelare crescută între diferitele sisteme parțiale care trebuie avute în vedere la conceperea lor ca o caracteristică calitativă specifică.

Ordonarea unor parametri comuni de integrabilitate se face plecînd de la caracteristicile domeniului sarcinilor de fabricație ce vor defini cazul dat. Spațiile de lucru ale tuturor sistemelor parțiale de lucru, caracteristicile sistemelor de transport, manipulare, depozitare, vor fi coordonate integrativ, plecîndu-se de la clasele de formă, mărime și greutate a pieselor ce vor fi fabricate. Vor fi integrate pe bază de caracteristici comune, fluxurile de energii și informații, dispozitivele de măsură și control, precum și comportamentul de transmitere a diferitelor semnale.

Totodată, parametrii care generează capacitatea de producție sub aspect cantitativ, constituie și criteriile de integrabilitate a sistemelor parțiale. Sub acest aspect, se impune ca fiecare sistem parțial să răspundă cerinței capacității de producție medie a sistemului integrat pentru toate operațiile necesare realizării unui spectru de piese.

A doua proprietate (principiu) enunțată derivă din caracteristicile specifice ale producției de serie; astfel, prin adaptabilitate se înțelege ideea conform căreia, cu aceleași mijloace de fabricație urmează a fi rezolvate sarcini diferite de fabricație, necesitînd operații diferite.

Gradul de adaptabilitate se va corela proporțional cu gradul de diversificare tehnologică a sarcinilor de fabricație și va fi determinat de volumul modificărilor ce vor trebui realizate asupra mijloacelor de fabricație, precum și de viteza cu care aceste modificări vor trebui să se producă [12].

Sub aspectul capacității calitative, sistemele parțiale trebuie astfel dimensionate încît să poată trece de la o stare la funcționare definită la alta, fără cheltuieli mari.

Principiul adecvării derivă din necesitatea ca mijlocul de fabricație să fie adecvat maximal operației pe care o realizează la un moment dat. Aceasta înseamnă că după ce, pe baza adaptabilității a fost selecționată o posibilitate de lucru pentru o operație dată, mijlocul de fabricație trebuie să fie adecvat maximal tehnic și economic pentru realizarea acestei operații. Adecvarea implică o strânsă coordonare a posibilităților tehnologice cu cerințele prelucrării ; realizarea unui înalt grad de continuitate a procesului, precum și a unui indice de utilizare maximală în timp a mijlocului de fabricație. Rezultă concluzia că, cu cât un mijloc de fabricație va fi mai specializat, cu atât va fi mai bine adecvat [12].

Principiul concepției dinamice se referă la faptul că mijloacele de fabricație vor putea fi utilizate la compunerea sistemelor pentru FSA, dacă la conceperea lor se va ține seamă că vor trebui să se modifice în timp din punctul de vedere al structurii, în raport cu caracteristicile diferite ale sarcinii de producție.

Principiul adaptabilității și cel al adecvării pot conduce la efecte contradictorii asupra concepției mijloacelor de fabricație [12]. Un echilibru optim între universalitate și specializare va putea fi obținut numai luând în considerare o anumită sarcină de producție definită exact și analizată corespunzător, pentru surprinderea asemănării și stabilității în timp a operațiilor. Aceasta înseamnă că mijloacele de fabricație pentru FSA vor putea fi concepute standardizat nu ca mașini speciale sau universale, ci ca mașini având structuri modificabile în timp în vederea adaptării și adecvării optime.

2.3.3. Aspecte cu privire la estimarea (cuantificarea) nivelului flexibilității sistemelor de fabricație.

Problema aprecierii, cuantificării flexibilității este abordabilă în modul cel mai rațional, pe baza teoriei sistemelor [83]. În consecință, admitând că un sistem de fabricație este un sistem prelucrător de informații, se poate considera că pentru realizarea diferitelor sarcini sînt necesare diferite stări ale sistemului.

Practic se impune cuantificarea celor doi parametri de care depinde capacitatea de a realiza stări diferite. Aceștia sînt : numărul de stări pe care le poate lua sistemul și consumul de timp sau alte resurse ocazionate de schimbarea stărilor.

Din acest punct de vedere, flexibilitatea dobîndește două laturi : flexibilitatea în utilizare, ca fiind numărul diferitelor stări de lucru pe care le poate lua un sistem de lucru sau un sub-

sistem al său, respectiv flexibilitatea în adaptare, ca fiind măsura consumului de timp și alte resurse exprimate direct sau sub formă valorică bănească, necesare trecerii sistemului dintr-o stare de lucru definită într-o altă stare de lucru definită.

Estimarea flexibilității revine la a lua în studiu ambele componente (FU, FA) și exprimarea cu ajutorul unei scale valorice (0,1). În ceea ce privește estimarea propriu-zisă, se pot admite o serie de ipoteze.

Flexibilitatea de utilizare se va putea măsura plecându-se de la procesul stocastic ce se obține prin luarea în considerare a sistemului de fabricație și a unui nomenclator de sarcini diferite ce urmează a fi realizate într-o succesiune temporară. Astfel, raportul dintre numărul de evenimente realizabile (sarcini de fabricație) și numărul total al sarcinilor de fabricație dintr-un nomenclator dat reprezintă probabilitatea ca o sarcină oarecare aparținând unui spectru parțial, să poată fi realizată de sistemul respectiv de fabricație. Flexibilitatea de utilizare (FU) va fi deci cuantificată prin valoarea probabilității ca o sarcină oarecare dintr-o clasă de sarcini a unui spectru parțial să poată fi executată [12].

Flexibilitatea de adaptare necesită cercetarea procesului de adaptare și punerea în evidență a acelor mărimi care caracterizează conceptul și pot fi executate.

Fiecare sarcină nouă de fabricație implică o modificare a stării date a sistemului de fabricație. Astfel, modificări ale stării se vor obține prin : înlocuirea sculelor, modificarea poziției piesei, înlocuirea programului, modificarea parametrilor tehnologici, schimbarea unui modul constructiv sau funcțional cu altul etc.

În principiu, modificarea stării se realizează prin următoarele tipuri de intervenții în cadrul sistemului de fabricație :

- transformare - înlocuirea elementelor funcționale ;
- modificarea - selectarea unei anumite funcții dintr-un număr de funcții parțiale ce pot fi utilizate alternativ și sînt permanent existente în sistem :

- reglarea - alegerea unei anumite valori dintr-un număr de parametri ce influențează funcționarea și care sînt permanent disponibili [12]. Intervențiile efectuate manual poartă numele de reechipări.

În dezvoltarea flexibilității de adaptare, un rol important îl are abordarea sistemului de fabricație ca un sistem prelucrător de informații [79]. Astfel, posibilitatea de a genera o nouă stare a sistemului revine la capacitatea acestuia de a înmagazina noi informații. Cheltuieli în legătură cu modificarea stării sistemului pot fi

puse în corelație cu modul de memorare și redare a informațiilor [79].

Astfel, în cazul dispozitivelor cu memorie analogă, cheltuielile pentru schimbarea stării sînt relativ mari, deoarece pentru informații geometrice memoria analogă trebuie creată fizic, concret. Dezvoltarea prelucrării digitale a informațiilor a permis trecerea la alte tipuri de înmagazinare a informațiilor, de tip digital, care permit o flexibilitate superioară de adaptare.

Sub aspectul evaluării cantitative a flexibilității de adaptare (FA), aceasta se poate face în mod relativ, comparînd un sistem de fabricație cu altul, pentru o modificare definită a stării [12].

Problema cuantificării (FA) prezintă unele dificultăți pentru faptul că în mod diferit se pot evidenția cheltuielile pentru modificarea stării în cazul reechipării manuale, și în cazul modificării automate a stării sistemului. În timp ce la reechiparea manuală o parte importantă a cheltuielilor sînt vizibile, obiectivabile și pot fi localizate în raport cu stațiile de lucru și cu momentul realizării reechipării, la modificarea automată a stărilor doar durata timpului de modificare este exprimabilă direct, cheltuielile pentru modificarea stării fiind cuprinse în investiția inițială.

În literatură se prezintă o alternativă de estimare a gradului (nivelului) flexibilității de adaptare în celelalte două cazuri [12]. Astfel G_{AC} și G_{AT} au expresiile :

$$G_{AC} = e^{-\frac{C_R}{C_{RO}}} \quad (4)$$

$$G_{AT} = e^{-\frac{T_R}{T_{RO}}} \quad (5)$$

în care :

G_{AC} este gradul flexibilității de adaptare exprimat valoric în costuri, cu valori compuse între /0,1/ ;

G_{AT} - gradul flexibilității de adaptare exprimat în timp cu valori tot între /0,1/ ;

T_R - timpul de reechipare /ore/ ;

C_R - costul (cheltuielile bănești) de reechipare (u.v.);

T_{RO}, C_{RO} - mărimile corespunzătoare ale unui sistem de comparație.

În literatura de specialitate [38] se prezintă rezultatele unei cercetări asupra timpilor de reechipare pentru unele mașini-

unelte universale (convenționale) utilizate în fabricația de serie. Valorile existente pot fi folosite drept valori de referință în cazul cercetărilor comparative ale flexibilității de adaptare.

Din punctul de vedere al studiului flexibilității, prezintă interes noțiunea de "grad de închidere (integrare)" a procesului de fabricație. Prin analogie cu "teoria sistemelor" [83], un sistem este cu atât mai "închis" cu cât are mai puține intrări și ieșiri către mediu.

Astfel, din motive economice, pentru un spectru de piese alcătuind sarcina de fabricație, nu toate operațiile se pot executa pe același sistem de fabricație. Piesele vor părăsi sistemul, vor fi prelucrate în alte sisteme și se vor întoarce la sistemul dat. În literatură se exemplifică două abordări [12]:

- ca raport între numerele de operații realizabile în sistem (OR) și total necesar pentru sarcina respectivă (TO):

$$GI_0 = \frac{OR}{TO} \quad (-) \quad (6)$$

- ca raport între suma timpilor pentru operațiile realizate în sistem ($\sum t_i$) și suma timpilor tuturor operațiilor necesare realizării sarcinii de fabricație ($\sum t_j$):

$$GI_T = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{j=1}^k t_j} \quad [-] \quad (7)$$

m - nr. de operații realizate de sistemul dat;

k - nr. total de operații.

În literatura de specialitate sînt indicate unele exemple concrete de determinare a gradului de închidere [12]. Determinarea gradului de închidere optim se bazează pe evaluarea influenței economice pe care o au diferite grade de închidere pentru un domeniu de sarcini.

2.3.4. Principii de bază pentru realizarea flexibilității (premise teoretice).

Atribuirea caracteristicii de flexibilitate unei tehnologii sau unui sistem de fabricație presupune existența proprietății de variabilitate a structurilor componente în acord cu variația sarcinii de producție. În cazul sistemelor integrate, flexibilitatea presupune existența unor subansamble modulare și integrabile funcțional, pe de o parte, și aptitudinea de programabilitate, pe de altă parte.

Sistemul flexibil de fabricație constă din sisteme parțiale relativ universale și/sau specializate, care se integrează funcțional prin acțiunea dispozitivelor de comandă și a fluxului de materiale [4]. Calitatea de integrabilitate a modulelor funcționale presupune programabilitatea stărilor de lucru. Această configurație a sistemului flexibil se bazează pe două premise conceptuale fundamentale :

- conceptul de sistem ;
- conceptul de structură variabilă.

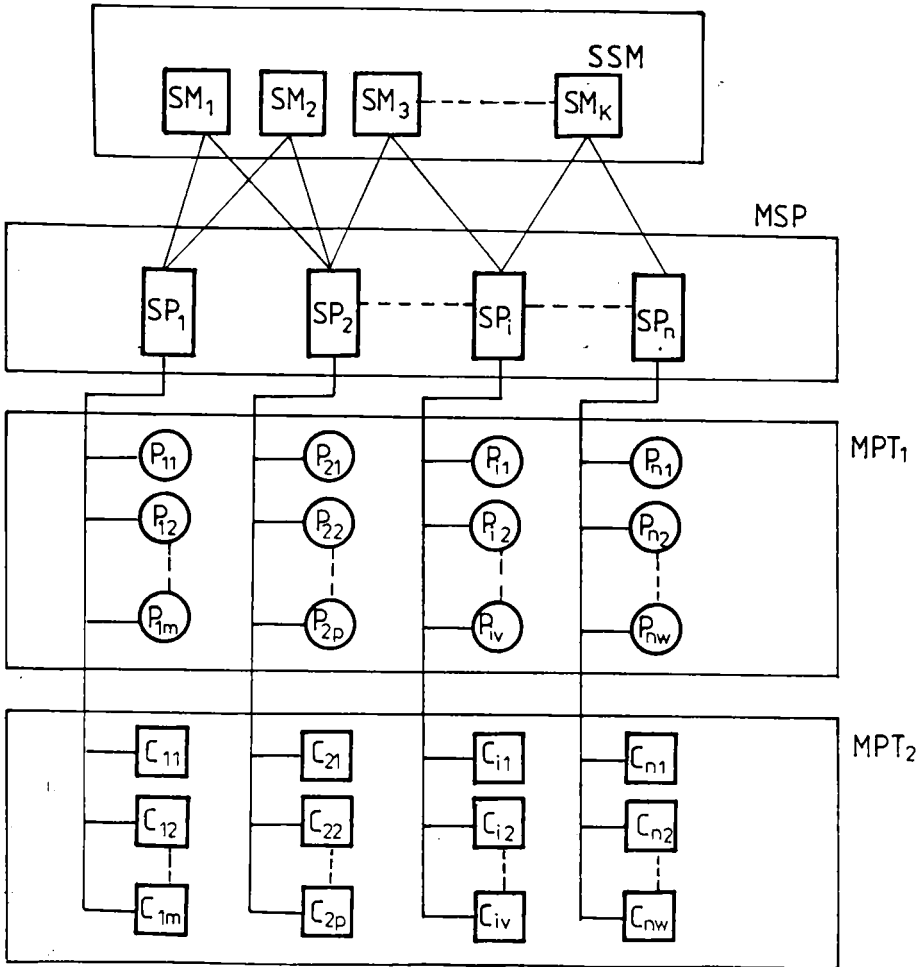
Conceptul de sistem presupune o astfel de definire a sistemelor parțiale încât acestea să fie determinate funcțional, temporal și spațial putînd să formeze un tot integrat. În fig. 2.3 se prezintă principial compunerea structurii variabile a unui sistem de fabricație flexibil.

Integrarea în spațiu și timp la nivelul cosistemelor are în vedere principiul fabricației în flux, ca fiind singurul care asigură înlănțuirea acestuia, cît și pentru că acest principiu va permite o exploatare temporală maximă concomitent cu o durată de transport și acumulare minimă.

Unul dintre principiile fundamentale de sinteză al sistemelor este cel constructiv.

Principiul structurii variabile permite obținerea unui consens adecvat în raportul universalitate/specializare. Structura variabilă "în jurul sarcinii de fabricație" conduce la o universalitate relativă adaptată și economică sau la ceea ce se numește "universalitate după dimensiunea sarcinii". Aceasta, face posibilă realizarea în flux a sarcinilor diferite de fabricație. Totodată, variabilitatea structurii se sprijină pe concentia modulară care devine astfel condiție necesară. Pe de altă parte, variabilitatea permite dezvoltarea programabilității structurii [15]. De la o programabilitate restrînsă, caracterizată prin posibilitatea de a programa un număr limitat de sarcini, se ajunge la programarea largă și extinsă.

Sistemele actuale de ultimă oră [5] conduc la schimbarea conținutului programării. În timp ce aceasta reprezintă alegerea unei anumite posibilități de lucru și definirea echipamentului în raport cu aceasta, actualmente, programarea devine o operațiune de sinteză a sistemului capabilă să genereze noi posibilități de lucru prin modificarea structurii funcționale a sistemului. Prelucrarea externă a datelor se combină în prelucrarea internă într-o programare integrată și integratoare.



Compunerea structurii variabile a unui sistem de fabricație flexibil, mulțimea de bază ale variabilității structurate a sistemelor flexibile

SSM - subsistemul mașinilor

$SM_1 - SM_K$ - mulțimea mașinilor

MSP - mulțimea sarcinilor de producție

$SP_1 - SP_n$ - sarcini de producție

MPT₁ - mulțimea posibilităților tehnologice

$P_{11} - P_{1w}$ - posibilități tehnologice diferite;

MPT₂ - mulțimea posibilităților (caracteristicilor) de reglaj;

$C_{i1} - C_{nw}$ - posibilități (caracteristici) diferite la reglaj

FIG. 2.3

ASPECTE ANALITICE ALE STUDIULUI SI IMPLEMENTARII
TEHNOLOGIILOR FLEXIBILE

3.1. Modelarea matematică a proceselor de producție
necesitate obiectivă a introducerii progresului
tehnic.

3.1.1. Metoda simulării : obiective, etape principale

Din punct de vedere științific, prin simulare, se înțelege acțiunea de a reproduce în mod simplificat și artificial, un fenomen care are loc în natură.

Simularea este în esență o analogie a unui fenomen real, bazată sau reprezentată de o tehnică ce permite studiul unor fenomene complexe reproduse pe modele în interiorul laboratoarelor sau pe teren [55].

O extindere a noțiunii de simulare este aceea a studierii cu ajutorul unui calculator electronic, a unui sistem la care se cunosc ecuațiile ce descriu blocurile componente, dar la care nu s-au eliminat - din anumite motive - unele variabile [55].

Intr-un sens mai restrâns, simularea poate fi considerată ca o reprezentare dinamică a unei părți a lumii reale, realizată prin construcția unui model abstract și apoi prin mișcarea acestuia în timp.

Necesitatea simulării rezidă în faptul că, foarte adesea, sistemele reale nu pot fi studiate în mod direct, fie din cauza dificultăților de evaluare cantitativă sau calitativă a fenomenelor, fie din cauza complexității exagerate a acestora.

Principalele avantaje ale metodei simulării sînt [55] :

- prin formularea și experimentarea unor modele se pot aduna în mod sistematic date concludente și adeseori sugestive ;
- în general, prin simulare se scot în evidență acele variabile care au o semnificație mai deosebită pentru studiul fenomenului real, evidențiindu-se și legăturile între ele ;
- oferă imagini de ansamblu, spectrale asupra datelor studiate;
- este cel mai adesea mult mai ieftină decît multe alte forme de experimentare ;
- permite intuirea fenomenelor reale și prin urmare are și un caracter instructiv ;
- permite controlul asupra timpului prin care fenomene de du-

rată pot fi studiate în câteva minute ;

- permite intervenții în model, oricând, fără perturbații în procesul real ;

- reunește toate avantajele oferite, de calculatorul electronic

În general, în problemele de cercetare se construiește un model sau se apelează la metode de simulare atunci când se urmărește realizarea unuia (sau mai multora) dintre obiectivele de mai jos [56], [55]:

1. Descrierea (definirea) unui sistem existent ;
2. Explorarea unui sistem imaginar ;
3. Proiectarea unui sistem mai bun.

Literatura de specialitate recomandă în general parcurgerea următoarelor etape în construirea și rezolvarea unei probleme de simulare [4], [56], [41]:

1). Definirea problemei clar, precis, în termeni cunoscuți, cu precizarea oricărui fel de limitări ce se cer a fi luate în considerare;

2). Formularea modelului, incluzând precizarea ipotezelor, alegerea criteriilor de optimizare și alegerea procedeeleor practice de lucru ;

3). Construirea schemei logice care să stabilească legăturile (relațiile) funcționale dintre elementele componente ale sistemului ce urmează a fi simulat ;

4). Determinarea elementelor de intrare pentru programul sau modelul de simulare ;

5). Pregătirea concretă a modelului (sau programului) de simulare ;

6). Experimentarea modelului în mai multe etape, în diferite condiții, inclusiv determinarea prin calcul a numărului de experiențe și a valorilor parametrilor ce urmează a fi folosiți la stabilirea pragurilor de încredere ;

7). Evaluarea și încercarea sistemului simulat.

3.1.2. Simularea în cazul sistemelor de producție

Simularea sistemelor de producție este una din metodele moderne de studiu folosită în cibernetica sistemelor industriale [44].

Prin sistem de producție se înțelege un sistem care realizează procesele de transformare a unei mulțimi de elemente-intrări (resurse externe) cu ajutorul unei structuri de transformare (resurse interne) într-o mulțime specifică de elemente-ieșiri (produse) în conformitate cu anumite obiective date.

Modelarea matematică a sistemelor industriale cunoaște în prezent

două concepții fundamentale [56]:

- concepția economică, conform căreia intrările în sistem constituie totalitatea resurselor care suferă orice fel de transformări în procesele ce au loc în sistem, ieșirile constituie totalitatea resurselor care au suferit transformări, iar matricea de stare constituie numai ansamblul legăturilor ce există între intrări și ieșiri.

- concepția tehnică, conform căreia intrările în sistem sînt doar resursele care suferă transformări semnificative, respectiv modificări substanțiale ale proprietăților lor, în procesele ce au loc în sistem, ieșirile-rezultatele obținute prin transformările produse în sistem asupra intrărilor, iar matricea de stare constituie ansamblul capacităților din sistem care asigură desfășurarea proceselor, respectiv transformările din sistem. Se menționează [56] că orice sistem presupune efectuarea unor procese, iar acolo unde există procese trebuie să existe și un sistem căruia le sînt asociate.

3.1.3. Sisteme de producție flexibile și optimale

Pentru abordarea sistemică a problemei flexibilității se pleacă de la observația că în industrie mijloacele de producție, obiectele muncii, forța de muncă, sînt mulțimi de sisteme articulate în-cît să poată realiza obiective predeterminate [62]. Observația că un sistem industrial este format din sisteme tehnice (artificiale)-create de om - și sisteme naturale (purtătorii forței de muncă și efectorii activităților de conducere) permite extinderea conceptelor ciberneticii generale asupra acestor sisteme.

Sistemul industrial se poate defini [62] ca un sistem cibernetic în care adaptarea se face prin activitatea de conducere a elementelor cu comportament conștient, de natură umană, în baza principiului conexiunii inverse.

Cercetări recente [62] orientate spre studiul realizării și exploatării sistemelor cibernetico-economice modelează matematic aceste sisteme cu ajutorul unor structuri operaționale.

Sistemele flexibile de fabricație reprezintă o combinație a unui subsistem tehnic de prelucrare, cu un grad dezvoltat de automatizare, cu un subsistem logistic automatizat (fig.3.1).

Combinația realizată se caracterizează printr-o creștere a informatizării globale a procesului de fabricație și a integrării subsistemelor de comandă a procesului de prelucrare cu cel de dirijare a fluxului de materiale. Astfel conceput, sistemul flexibil

de fabricație prezintă următoarele caracteristici

- permite fabricarea nesecvențială a unei familii de repere (piese) ;
- adaptează suplețea și productivitatea comenzii numerice la fabricarea de piese mici și mijlocii ;
- asigură controlul extins al procesului de fabricație prin folosirea controlului numeric, atît pentru comanda mașinilor-unelte cît și a sistemelor de manipulare și transfer ;
- se pretează în condiții optime fabricației de serie mică și mijlocie ;
- ridică indicele de utilizare al mașinilor, mărind în același timp suplețea.

Spre deosebire de obiectivele generale care se pun la studiul unor sisteme tehnice, în cazul unei fabricații flexibile apar în plus următoarele :

a). Obținerea unui înalt nivel de performanță exprimat în efect economic și măsurat prin comparație cu efectul economic al altor sisteme puse în situația să rezolve aceeași sarcină de producție, dar fiind structurate pe alte concepte decît cel al fabricației flexibile.

b). Reducerea costurilor, atît cele necesare realizării sistemului, cît și cele necesare funcționării acestuia.

c). Mărirea flexibilității adică a aptitudinii sistemului industrial de a se adapta cu cheltuieli minime la sarcina de producție variabilă, astfel încît, într-o perioadă prelungită sistemul să funcționeze economic cu schimbări mici în structura sa. Se consideră că adaptabilitatea sistemului va depinde atît de caracteristicile și performanțele mijloacelor sale de bază, cît și de componentele organizatorice și de conducere caracteristice sistemului. Modul cum aceste componente se vor putea acorda între ele și cu sarcinile sistemului va descrie gradul de flexibilitate al acestuia.

Pentru a pune în evidență parametrii care influențează flexibilitatea unui sistem cibernetico-industrial și determina relațiile în diferitele etape ale dezvoltării sistemului, se pot lua în considerare parametrii care să cuantifice sistemul tehnic și tehnologic (parametrul T), precum și cele informaționale, cel al forței de muncă și conducere (parametrul O). Pentru cuantificarea prin costuri se consideră [62]:

T = valoarea fondurilor fixe necesare realizării subsistemului tehnic și tehnologic ;

O = valoarea costurilor pentru exploatarea și conducerea subsistemelor.

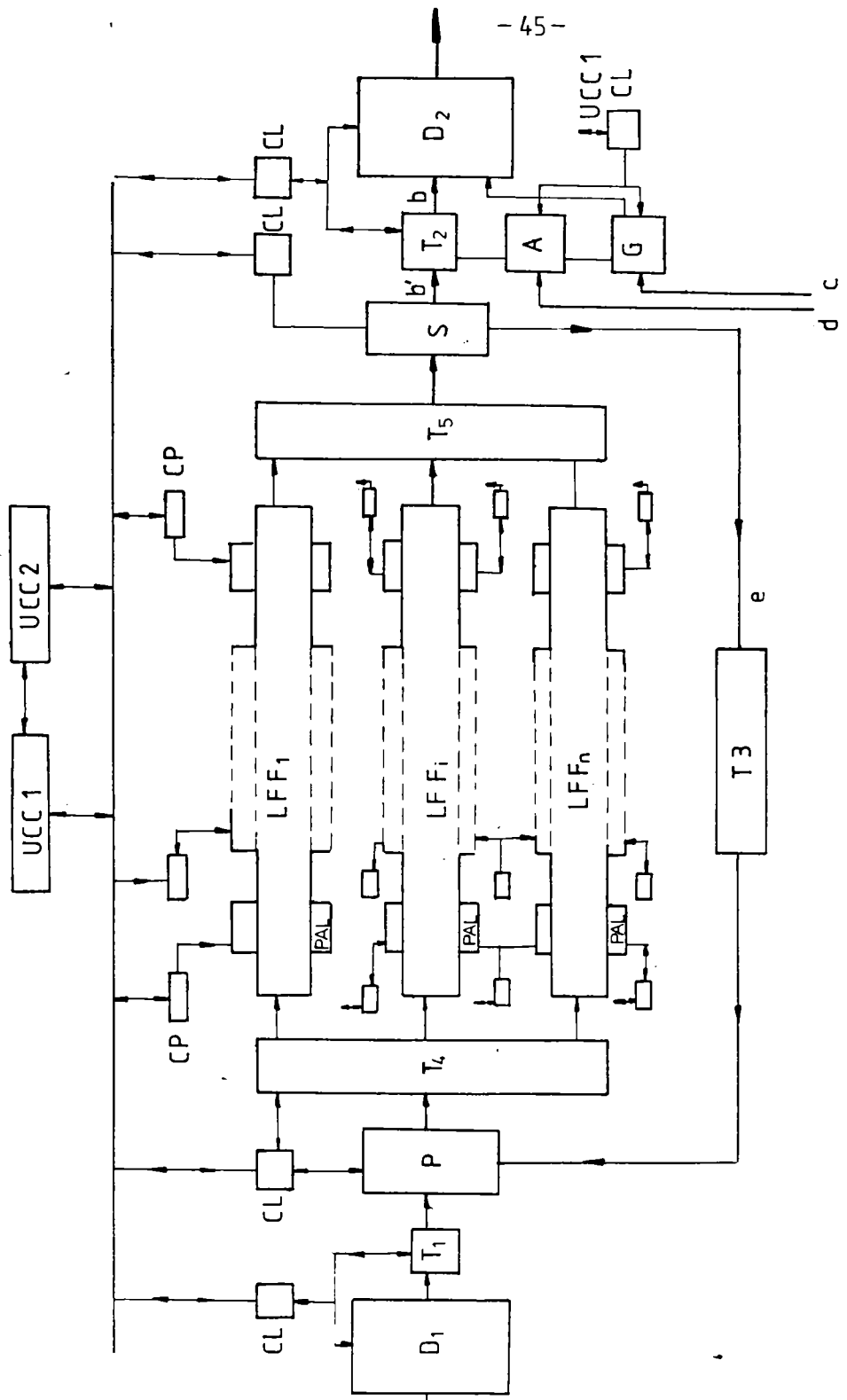


Fig. 2.2.1

Deoarece studiul flexibilității revine la a cerceta adaptarea în timp a cuplului (T, O) la variația sarcinii S, parametrii T, O și S trebuie considerați ca funcții de timp. Se consideră că triplețul de parametri caracterizează un sistem de fabricație, iar flexibilitatea acestuia poate fi surprinsă prin studiul în timp al legăturilor între acești parametri [62].

Controlabilitatea funcționării sistemului în timp revine la a determina funcția $F = F(S)$, care permite expunerea sarcinii S în condiții de comparabilitate cu parametrii T și O, astfel încât să poată fi descrise și cuantificate legăturile dintre parametrii S, T și O. Dacă o astfel de legătură există, sistemul cibernetic-industrial considerat este echilibrabil, cercetarea flexibilității are sens, iar legătura dintre parametri se poate exprima prin relația :

$$F(S) = f(T, O) \quad (1)$$

Funcționarea unui astfel de sistem controlabil și echilibrabil revine la reglarea parametrilor T și O astfel încât să fie satisfăcute variațiile parametrului de sarcină S, date de :

$$\dot{f} = \frac{df}{dt} = \frac{df}{dS} \cdot \frac{dS}{dt} \quad (2)$$

În această situație variații x ale parametrului S vor induce variațiile y ale parametrului T și variațiile z ale parametrului O. Cerința de flexibilitate a sistemului se exprimă prin :

$$\dot{f}(S+x) = \dot{f}(T+y, O+z) \quad (3)$$

Ecuația (3) exprimă faptul că sistemul care o satisface este flexibil deoarece își modifică în timp parametrii de structură T, O, pentru a se adapta la variația sarcinii S, păstrând în timp un echilibru al ritmurilor de variație. Adaptarea în condiții de economicitate cere sistemului cheltuieli minime în timp pentru modificarea parametrilor T și O, ca răspuns la variațiile sarcinii S.

Aceasta revine la a anula derivata totală a funcției f de răspuns a sistemului (T, O) la sarcina S, adică :

$$\frac{df}{dt} = 0 \quad (4)$$

și ținând seama de relația (3) se obține :

$$\frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial y} \dot{y} + \frac{\partial f}{\partial z} \dot{z} = \frac{df}{dx} \dot{x} = 0 \quad (5)$$

Pentru determinarea lui y și z se va reține :

$$\frac{\partial f}{\partial y} \dot{y} + \frac{\partial f}{\partial z} \dot{z} = 0 \quad (6)$$

Un sistem cibernetico-industrial echilibrabil și controlabil care răspunde la relația (5) poate fi definit ca fiind flexibil optimal având cheltuieli numai pentru adaptarea subsistemelor sale tehnice și organizatorice la sarcini de producție variabile.

Variațiile sarcinii pot fi considerate atât din punctul de vedere al variației volumului în timp a unei sarcini care își păstrează complexitatea și diversificarea, cât și din cel al variației complexității și diversificării în condițiile volumului constant sau variabil în timp. În toate cazurile se induc cheltuieli pentru adaptarea sistemului T, O la variația sarcinii, ceea ce înseamnă că se acceptă continuu alte cheltuieli de fabricație dar condițiile de echilibru cer ca aceste cheltuieli să fie astfel limitate încât sistemul să funcționeze rentabil.

Având în vedere că :

$$\frac{df}{dt} = \dot{f} = \frac{\partial f}{\partial y} \dot{y} + \frac{\partial f}{\partial z} \dot{z} \quad (7)$$

și substituind în relația (5) rezultă :

$$\frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\partial f}{\partial y} \dot{y} + \frac{\partial f}{\partial z} \dot{z} \right] \dot{y} + \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{\partial f}{\partial y} \dot{y} + \frac{\partial f}{\partial z} \dot{z} \right] \dot{z} = 0 \quad (8)$$

sau

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \dot{y}^2 + 2 \frac{\partial^2 f}{\partial y \partial z} \dot{y} \dot{z} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \dot{z}^2 = 0 \quad (9)$$

Relația (9) reprezintă ecuația diferențială a sistemelor cibernetico-economice-industriale controlabile, echilibrabile și flexibile optimal. Problema care se pune în continuare este determinarea relației între variațiile parametrilor T și O. Aceasta revine la a găsi funcția f care verifică ecuația (8). Admițând forma :

$$f(T+y, O+z) = g(y) \cdot h(z) \quad (10)$$

Problema revine la a determina funcțiile g și h, lucru posibil prin metoda separării variabilelor. Astfel :

$$\frac{\partial f}{\partial y} = g'(y) \cdot h(z) \quad \text{și} \quad \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = g''(y) \cdot h(z) \quad (11)$$

$$\frac{\partial f}{\partial z} = g(y) \cdot h'(z) \quad \text{și} \quad \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} = g(y) \cdot h''(z) \quad (12)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y \partial z} = g'(y) \cdot h'(z) \quad (13)$$

și introducând în relația (8), după împărțirea cu g(y) · h(z) se

obține :

$$\frac{g''(y) \cdot \dot{y}^2}{g(y)} + 2 \frac{\dot{g}(y)}{g(y)} \dot{y} \frac{h'(z)}{h(z)} \dot{z} + \frac{h''(z) \dot{z}^2}{h(z)} = 0 \quad (14)$$

Această ecuație diferențială ordinară pune în evidență legătura între variația y a parametrului T respectiv z a parametrului O .

3.1.4. Dinamica sistemelor flexibile, sisteme în dezvoltare.

Pentru a putea fi aplicate în practică, relațiile anterioare trebuie particularizate. Astfel pentru cazurile reale și pentru intervale de timp relativ mici, se pot accepta dinamici de variație liniare ale parametrilor S , T și O de forma :

$$X = r_S t ; \quad y = r_T t ; \quad z = r_O t \quad (15)$$

în care r_S , r_T , r_O sînt ritmuri de lucru, iar t - timpul ca variabilă în intervalul considerat. Substituind aceste expresii în relația (14) se obține :

$$\frac{g''(y) r_T^2}{g(y)} + 2 \frac{\dot{g}(y)}{g(y)} \cdot \frac{h'(z)}{h(z)} r_T r_O + \frac{h''(z) r_O^2}{h(z)} = 0 \quad (16)$$

sau, prin împărțirea la r_T^2 :

$$\frac{g''(y)}{g(y)} + 2 \frac{\dot{g}(y)}{g(y)} \cdot \frac{h'(z)}{h(z)} \frac{r_O}{r_T} + \frac{h''(z)}{h(z)} \left(\frac{r_O}{r_T} \right)^2 = 0 \quad (17)$$

Forma obținută poate fi integrată în continuare ținînd cont de particularitățile concrete ale etapei de dezvoltare în care se află sistemul. Astfel, raportul $\frac{r_O}{r_T}$ poate caracteriza două etape distincte funcție de valoarea sa concretă :

a). $\frac{r_O}{r_T} \rightarrow$ foarte mic $\Rightarrow \left(\frac{r_O}{r_T} \right)^2 \approx 0$ corespunde unei etape

de adaptare prin dezvoltare tehnică accelerată ($r_T \gg r_O$).

b). $\frac{r_O}{r_T} \rightarrow$ mare $\Rightarrow \left(\frac{r_O}{r_T} \right)^2 \neq 0$ corespunde situației cînd adap-

tarea se realizează prin dezvoltare pregnant organizatorică ($r_O > r_T$).

Cazul a.

În acest caz, relația (17) devine :

$$\frac{g''(y)}{g(y)} + 2 \frac{\dot{g}(y)}{g(y)} \frac{h'(z)}{h(z)} \frac{r_O}{r_T} = 0 \quad (18)$$

Separând variabilele se obține :

$$\frac{h'(z)}{h(z)} \frac{r_0}{r_T} = -\frac{g''(y)}{2g'(y)} \implies \frac{h'(z)}{h(z)} = K_1 < 0 \quad (19)$$

Prin integrare rezultă :

$$\ln h(z) = K_1 z + K_2 \iff h(z) = e^{K_1 z + K_2} \quad (20)$$

unde :

K_1 este constanta comună variabilelor separate ;

K_2 - constanta de integrare.

Rezultă că parametrul 0, a cărui variație este z are caracter de amortizor al cheltuielilor de dezvoltare ale sistemului tehnic pentru adaptare la variația sarcinii întrucît K este negativ, după cum rezultă din (19). Pentru obținerea lui $g(y)$ se introduce (20) în (17) și rezultă :

$$g''(y) r_T^2 + 2r_T r_0 g'(y) e^{K_1 z + K_2} = 0 \quad (21)$$

Făcînd substituția $g(y) = e^{\alpha y}$ se obține :

$$\alpha^2 r_T^2 e^{-\alpha y} + 2r_T r_0 \alpha e^{-\alpha y} e^{K_1 z + K_2} = 0 \quad (22)$$

în care rădăcinile sînt :

$$\alpha_1 = 0; \quad \alpha_2 = -2 \frac{r_0}{r_T} e^{K_1 z + K_2} \quad (23)$$

iar funcția $g(y)$ ia forma :

$$g(y) = C_1 e^{-\frac{2r_0}{r_T} y e^{K_1 z + K_2}} + C_2 \quad (24)$$

Cazul b.

În această situație adaptarea sistemului se face în special pe seama parametrului organizatoric 0. În acest caz este importantă determinarea relației exprimate de funcția h . Prin analogie cu situația precedentă :

$$h(z) = C'_1 e^{-\frac{2r_0}{r_T} z e^{K_1 z + K_2}} + C'_2 \quad (25)$$

iar pentru funcția $g(y)$:

$$g(y) = e^{K_1 y + K_2} \quad (26)$$

Relațiile obținute sînt generale, dar, în cazuri concrete, una din cele două funcții poate fi precizată apriori. De exemplu, se poate considera cunoscută funcția g care apriori descrie influența

parametrului T asupra parametrului Q. Aceasta se explică prin faptul că, o anumită dezvoltare a subsistemului tehnic necesită o dezvoltare adaptată pentru sistemul organizatoric. Se poate presupune, pentru domeniul de proporționalitate că :

$$g(y) = k_3 y \quad (27)$$

și atunci :

$$h(z) = C_1'' e^{-\frac{2r_0 k_3 y}{r_T} z} + C_2'' \quad (28)$$

Aceasta înseamnă că pentru ipotezele caracterizate prin anumite raporturi ale ritmurilor r_0 și r_T cât și pentru influența reciprocă aprioric determinată de subsistemele tehnice asupra celor organizatorice, s-au putut determina expresiile pentru funcțiile g și h [63]. În aceste cazuri condiția de echilibru (1) capătă forma :

$$F(x) = f(Y, Z) = g(Y) \cdot h(Z) \quad (29)$$

Pentru determinarea lui F se ține cont în continuare de condiția de economicitate :

$$\frac{\partial F}{\partial x} = 0 \quad \text{sau} \quad \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \dot{x} = 0 \quad (30) \quad (31)$$

ceea ce conduce la :

$$F(x) = aX + b \quad (32)$$

Introducînd apoi în (29) expresiile funcțiilor F, h, g se obține; de exemplu, pentru cazul raportului $\frac{r_0}{r_T}$ mic, relația :

$$aX + b = \left[C_1 e^{-\frac{2r_0}{r_T} y e^{K_1 z + K_2}} + C_2 \right] e^{K_1 z + K_2} \quad (33)$$

unde constantele a, b, C_1, C_2, K_1, K_2 se determină punînd condiții de timp inițiale $t = 0$ și sarcină $0, x = 0$ sau prin determinări ale mărimilor x, y și z în diferite momente în perioada de dezvoltare a sistemului.

3.2. Modelarea sistemelor de fabricație prin metoda "analizei valorii utile".

3.2.1. Principiul metodei de analiză a valorii utile.

Metoda analizei valorii este în general cunoscută în literatura de specialitate [64], [60].

Aplicarea ei este frecventă în cazul studiului posibilităților de reducere a costurilor, respectiv a prețului de cost al produselor.

În general, se analizează funcțiile scop sau obiectiv ale produsului precum și costurile aferente atingerii acestor obiective. Metoda este de tip euristic și servește la optimizarea sistematică a deciziilor în cazul unor situații complexe de evaluare. În aceste situații fie că nu se poate aprecia utilitatea sub aspect monetar (bănesc) fie că această apreciere nu ar fi suficient de concludentă în luarea deciziilor.

După [65 b] "analiza valorii utile" constă în cercetarea unei mulțimi de alternative posibile de acțiuni (activități) sau sisteme cu scopul de a le ordona corespunzător unui sistem preferențial al decidenților relativ la un sistem multidimensional de obiective propuse. Reprezentarea concretă, imaginea acestei ordonări decurge din atribuirea unui gradient (indice) de utilitate sau "pertinență" (Nutzwert) alternativelor analizate.

Acest indice de pertinență sau de "valoare utilă", conform definiției anterioare, este un indice adimensional ce poate fi interpretat numai în corelație cu un sistem de funcții-obiectiv anteprecizat ca un indicator al mărimii venitului în urma unei alternative analizate. Totodată se poate afirma că indicele de utilitate (pertinență) constituie valoarea subiectivă a unui produs, apreciabilă prin capacitatea acestuia de a satisface o necesitate.

În principiu analiza valorii constă în aceea că o problemă de evaluare multidimensională se rezolvă în două etape succesive (fig. 3.2).

În primul rând se determină și se evaluează pertinențele v_{ij} individuale pentru fiecare sistem i analizat și corespunzător fiecărui obiectiv z_j . În al doilea rând, se efectuează o sinteză a valorilor v_{ij} pentru fiecare variantă analizată, N_{si} .

3.2.2. Metode de evaluare a utilității (pertinenței).

Metoda de analiză anterior prezentată presupune în mod necesar asocierea la fiecare "unitate de scop" (Zielertrag) x_{z_j} a unei variante de sistem tehnologic studiat, a unei mărimi adimensionale corelate v_j care să exprime valoarea, eficiența, costul sau cheltuiela în general de timp, bani etc. a unității de scop respective. Această mărime se poate denumi generic "valoarea scopului" v_j (Zielwert). Scările de valori pentru mărimea v_j pot fi foarte diferite [65 b].

Funcție de modalitățile concrete de apreciere (calitative sau cantitative), în literatură se citează diferite scări de valori no-

SCHEMA

DE PRINCIPIU A STUDIULUI VARIANTELOR
TEHNOLOGICE PRIN METODA
„ANALIZEI VALORII
UTILE ”

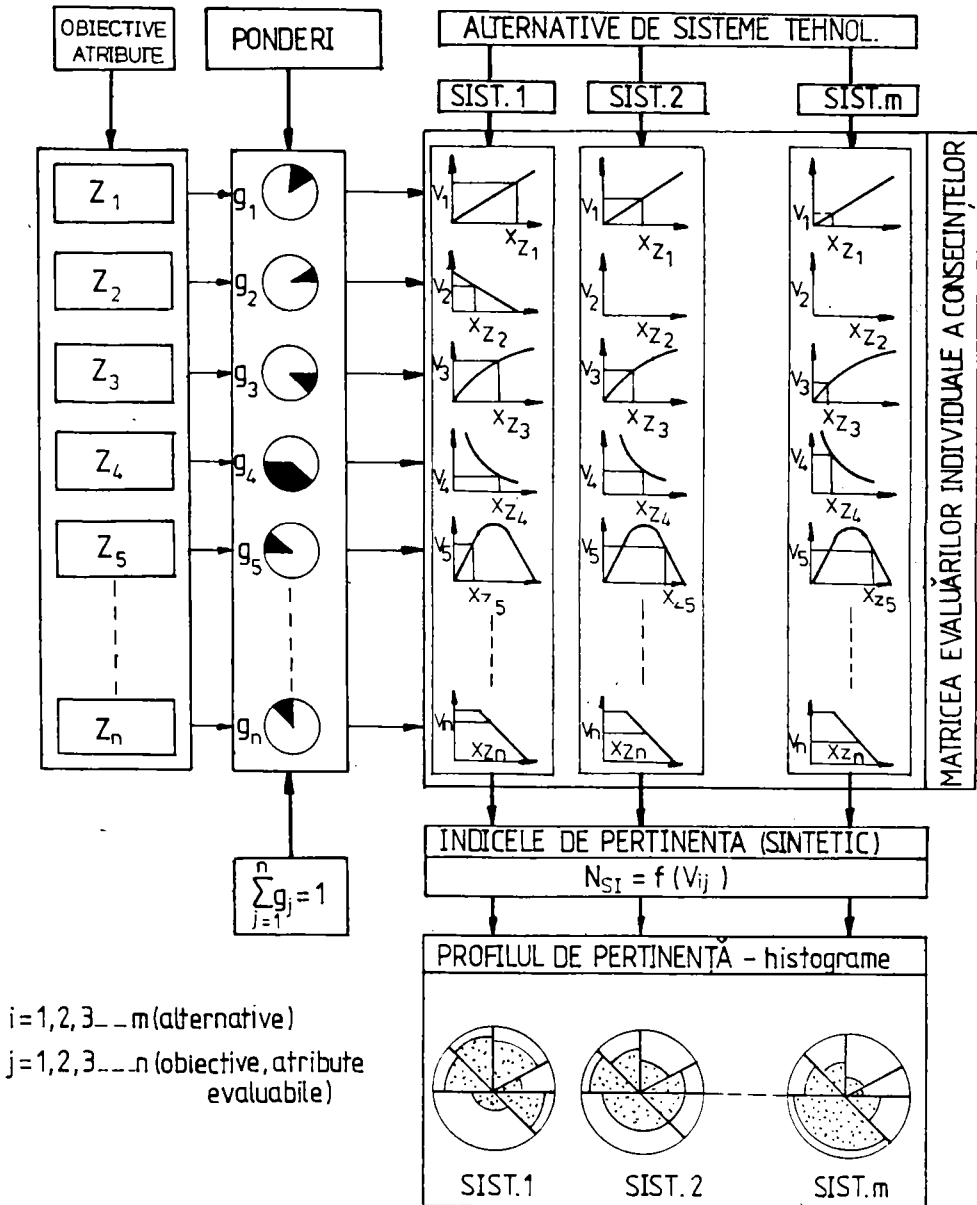


FIG. 32

minale, ordinale sau cardinale. In cazul adoptării unor scări din ultima categorie, valorile v_j aparțin mulțimii numerelor reale. Datorită unei similitudini de principiu, între noțiunea tehnică de randament și grad de satisfacere a unui scop ideal, se va adopta drept interval de definiție pentru valorile v_j intervalul $[0 \div 1]$. Nesatisfacerea unui obiectiv "j" presupune $v_j = 0$, iar satisfacerea maximă presupune $v_j = 1$.

Principial, pot fi atribuite valorile v_j unor alternative analizate în mod direct și fără definirea unei dependențe funcționale (în sens matematic) între v_j și x_{zj} . Aprecierile vor fi mult afectate de subiectivism. De aceea se impune definirea (modelarea) dependenței $v = f(x)$. In literatură se citează diverse metode dar cea care pare a fi cea mai adecvată și care a fost aplicată este cea a studiului corelației prin regresie liniară [6], [1]. Această metodă permite analizarea dependențelor funcționale presupus liniare sau liniarizabile logaritmice.

Dacă analizele efectuate asupra unor variante tehnologice se pot limita numai la criteriile de evaluare cuantificabile în sens matematic, lucru posibil în cazul unor sisteme tehnologice, atunci se poate recurge la modelarea matematică a evaluărilor cu ajutorul "funcțiilor standard" [65 b]. Aceste funcții vor purta denumirea de "funcții de pertinentă" (Wertfunktion) și se prezintă conform tabelului 6.

3.2.3. Indicele sintetic de "valoare utilă", criteriu de bază în compararea și ordonarea variantelor.

Rezultatele obținute în urma derulării unui proces de modelare după exemplul din fig.3.2, se pot transpune într-o "matrice a valorilor". Fiecărei variante de sistem tehnologic analizate "i" i se poate atașa un vector coloană din matrice [65 b].

$$V_{ij} = \begin{pmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1m} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V_{j1} & V_{j2} & \dots & V_{jm} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V_{n1} & V_{n2} & \dots & V_{nm} \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} i = \overline{1, m} \\ j = \overline{1, n} \end{matrix} \quad (33 \text{ a})$$

Pentru a putea decide asupra variantei optime în mod univoc, este necesară o regulă de decizie conform căreia componentele vec-

Tabelul 6

Nr. crt.	Denumirea	Graficul	Expresia analitică $V = f(x)$	Param.
1.	Fct. „salt” crescătoare		$x < x_a \rightarrow V=0$ $x \geq x_a \rightarrow V=1$	$x_a \leq x_b \leq x_c$ $V \in [0, 1]$ --- valoarea obiectiva
2.	Fct. „salt” descrescătoare		$x < x_a \rightarrow V=1$ $x \geq x_a \rightarrow V=0$	
3.	Fct. liniară crescătoare		$x < x_a \rightarrow V=0$ $x_a < x < x_b \rightarrow V = (x - x_a) / (x_b - x_a)$	
4.	Fct. liniară descrescătoare		$x < x_a \rightarrow V=1$ $x_a \leq x \leq x_b \rightarrow V = 1 - (x - x_a) / (x_b - x_a)$ $x > x_b \rightarrow V=0$	
5.	Fct. exponent. crescătoare		$x < x_a \rightarrow V=0$ $x_a < x \leq x_b \rightarrow V = [(x - x_a) / (x_b - x_a)]^\epsilon$ $x > x_b \rightarrow V=1$	$\epsilon > 0$
6.	Fct. exponent. descrescătoare		$x < x_a \rightarrow V=1$ $x_a \leq x \leq x_b \rightarrow V = 1 - [(x - x_a) / (x_b - x_a)]^\epsilon$ $x > x_b \rightarrow V=0$	
7.	Fct. de „saturație” crescăt.		$x < x_a \rightarrow V=0$ $x \geq x_a \rightarrow V = 1 - \exp[-(x - x_a) / (x_b - x_a)]$	
8.	Fct. de „saturație” descresc.		$x < x_a \rightarrow V=1$ $x \geq x_a \rightarrow V = \exp[-(x - x_a) / (x_b - x_a)]$	
9.	Funcție „S” crescătoare		$x < x_a \rightarrow V=0$ $x \geq x_a \rightarrow V = 1 - \exp[-(x - x_a) / (x_b - x_a)]^\epsilon$ unde $v_s = x_a + (x_w - x_a) \{ (\epsilon - 1) \epsilon \}^{-1/\epsilon}$	$\epsilon > 1$
10.	Funcție „S” descrescătoare		$x < x_a \rightarrow V=1$ $x \geq x_a \rightarrow V = \exp[-(x - x_a) / (x_b - x_a)]^\epsilon$ unde $v_s = x_a + (x_w - x_a) \{ (\epsilon - 1) \epsilon \}^{-1/\epsilon}$	$\epsilon > 1$
11.	Fct. liniară de maxim		$x < x_a \rightarrow V=0$ $x_a \leq x \leq x_b \rightarrow V = (x - x_a) / (x_b - x_a)$ $x_b \leq x \leq x_c \rightarrow V = 1 - (x - x_b) / (x_c - x_b)$ $x > x_c \rightarrow V=0$	
12.	Funcție liniară de minim		$x < x_a \rightarrow V=1$ $x_a \leq x \leq x_b \rightarrow V = 1 - (x - x_a) / (x_b - x_a)$ $x_b \leq x \leq x_c \rightarrow V = (x - x_b) / (x_c - x_b)$ $x > x_c \rightarrow V=1$	
13.	Funcție nelin. de maxim		$x < x_a \rightarrow V=1$ $x_a \leq x \leq x_b \rightarrow V = [(x - x_a) / (x_b - x_a)]^{1/\epsilon}$ $x_b \leq x \leq x_c \rightarrow V = 1 - [(x - x_b) / (x_c - x_b)]^\epsilon$ $x > x_c \rightarrow V=0$	$\epsilon > 0$
14.	Funcție nelin. de minim		$x < x_a \rightarrow V=1$ $x_a \leq x \leq x_b \rightarrow V = 1 - [(x - x_a) / (x_b - x_a)]^{1/\epsilon}$ $x_b \leq x \leq x_c \rightarrow V = [(x - x_b) / (x_c - x_b)]^\epsilon$ $x > x_c \rightarrow V=1$	$\epsilon > 0$

torului valoare-scop să poată fi coroborată în vederea obținerii unui indice de valoare univoc al alternativei analizate. În literatură sînt citate o serie de metode analitice de sinteză [65 b]. În tabelul 7 se prezintă unele metode care permit determinarea indicilor de valoare K_{si} pentru fiecare variantă. Funcție de valoarea acestor indici, variantele pot fi apoi comparate și ierarhizate.

Dificultatea constă în problema comparabilității diferitelor valori v_{ij} între ele precum și modul cum acestea reflectă avantajele sau dezavantajele diferitelor variante. De aceea metodele de sinteză bazate pe ponderea criteriilor sînt cele mai apropiate de realitate. Problema comparabilității se poate soluționa prin operația de "normalizare" [1b].

3.2.4. Criterii de evaluare pentru sisteme de fabricație.

Pentru a putea face evaluarea mai multor alternative de sisteme de fabricație privind satisfacerea unui anumit deziderat (scop) comun și pentru formularea unei decizii privind soluția optimă, trebuie impuse condiții (premise) cu rol de "ținte" sau obiective propuse. Aceste obiective sînt "condiții sau premise necesare unui model decizional avînd forma unor definiții de caracteristici imperative, din care să se poată desprinde criterii-scop pentru evaluarea unor alternative" [65 b]. De obicei, în fața decidentului se află mai multe obiective posibile și/sau necesare care caracterizează un sistem.

Precizarea acestui sistem de obiective este o condiție necesară pentru rezolvarea corectă a problemei ulterioare. Premisă a alegerii unui sistem tehnologic optim, o constituie precizarea unui sistem de obiective jus, rațional. Dacă se stabilesc obiective false, rezolvarea ulterioară nu este concludentă; dacă se adoptă o variantă falsă (la întîmplare) dar pe baza unor obiective corecte, înseamnă că soluția obținută nu este optimală.

3.2.5. Cuantificarea și scalarea criteriilor-obiectiv

Dacă un obiectiv impus pentru evaluarea unor alternative este cu caracter imperativ, atunci acea mărime, referitor la care se calculează eficacitatea (efectul) obiectivului, va fi numită criteriu-obiectiv. Măsura în care o anumită alternativă îndeplinește (satisface) criteriul-obiectiv se numește "cîștig de obiectiv" (Zielertrag).

Dacă, și în ce mod, un criteriu-obiectiv se lasă definit, depinde în foarte mare măsură de formularea obiectivului însăși. Se definește "capacitatea de definire" a unui obiectiv-scop drept "operaționalitate". "Un scop (obiectiv) este operațional, când poate fi exprimat prin mărimi univoc determinate".

Operaționalitatea unui obiectiv este determinată de "metodologia de măsurare", cu ajutorul căreia se pot apoi calcula acele "cîștiguri" de obiectiv" ale variantelor. Astfel spus, prin "operaționalitatea unui obiectiv se înțelege capacitatea de ordonare pe o scară valorică în sens matematic.

În vederea efectuării unui studiu comparativ al unor variante tehnologice posibile, se impune conceperea unui sistem ierarhizat de obiective. Întrucît sistemele de fabricație se implementează numai în sensul obiectivelor unei întreprinderi, trebuie observate mai întîi efectul maximizării "utilității de exploatare" a unui sistem de fabricație asupra sistemului de obiective ale întreprinderii.

În fig.3.3 se prezintă structura ierarhică a unui sistem complet de obiective pentru evaluarea "utilității de exploatare" a sistemelor de fabricație [65 b].

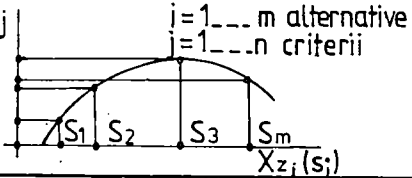
După cum se observă, fiecărui obiectiv i se asociază trei elemente : număr de ordine ierarhică, ponderea în raport cu obiectivul ierarhic superior și ponderea absolută față de totalul obiectivelor. În cazul unor aplicații concrete problema revine la a determina elementele matricii valorice (v_{ij}) prin diverse metode de calcul. Variantele se vor ordona apoi după mărimea pertinentei N_{si} .

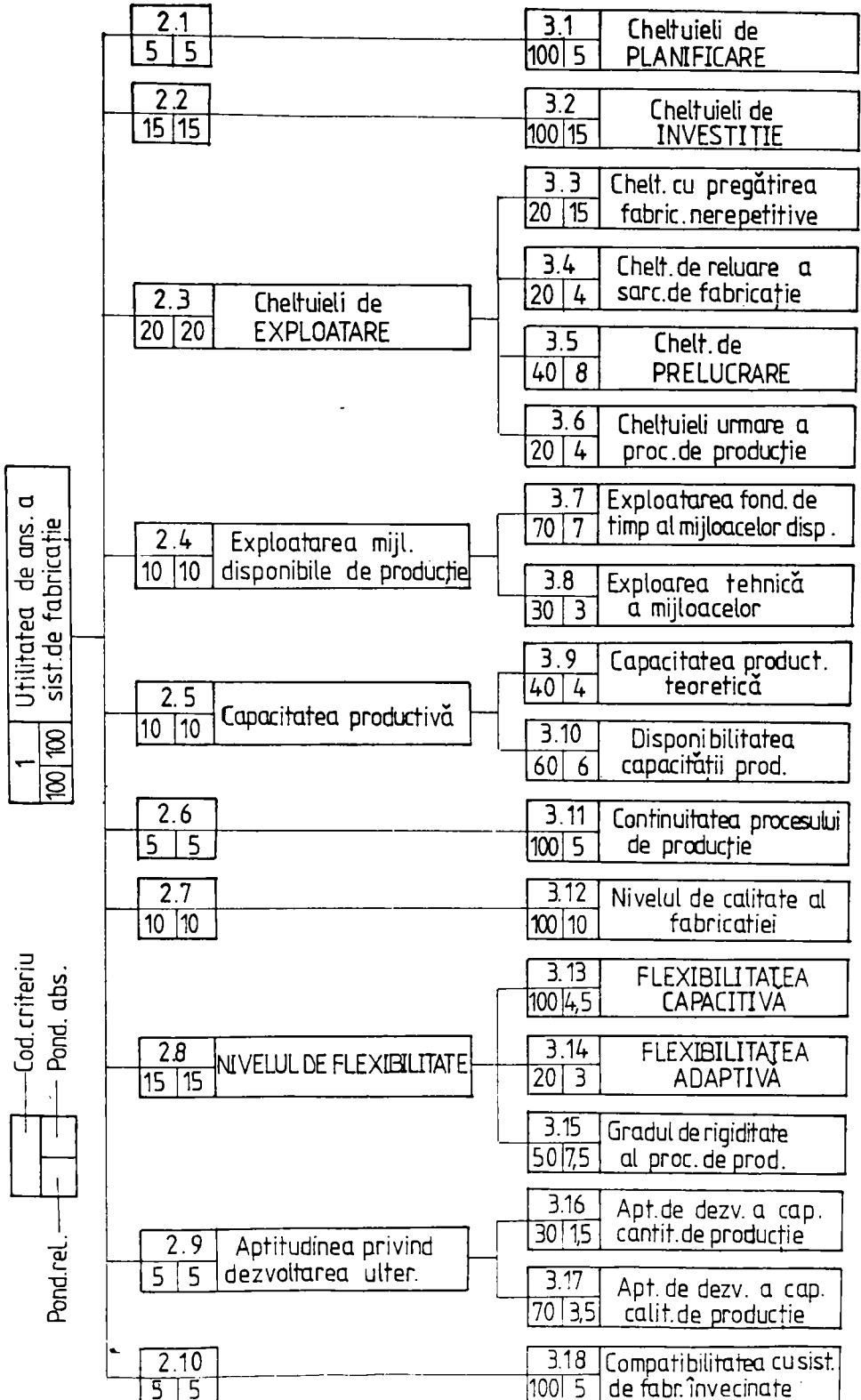
Problema deciziei multicriteriale se va aplica de către autor în cap.7 pentru un caz concret de producție. Se va studia un ansamblu format din mai multe variante tehnologice posibile pentru aceeași sarcină de producție.

REGULI

DE COMPILARE A INDICILOR DE VALOARE ÎN VEDEREA ORDONĂRII (IERARHIZĂRII) ALTERNATIVELOR

Tabelul 7

	<p>$j=1 \dots m$ alternative $j=1 \dots n$ criterii</p>	<p>Domenii de aplicatie și ipoteze de lucru</p>	<p>Ordonarea variantelor</p>
<p>1.</p>	<p>Regulă aditivă (medie aritmetică)</p> $N_{Si} = \sum_{j=1}^n V_{ij}$ <p style="text-align: right;">$0 \leq N_{Si} \leq 1$</p>	<p>Pentru ordonarea definitivă a unui nr. restrâns de variante Comparabilitatea perfectă a valorilor v_{ij} este condiționată de unitatea scării și a unităților de măsură</p>	<p>Ordonare completă</p>
<p>2.</p>	<p>Regulă aditivă cu ponderare (medie ponderată)</p> $N_{Si} = \sum_{j=1}^n g_j v_{ij} \quad \sum_{j=1}^n g_j = 1$ <p style="text-align: right;">$0 \leq N_{Si} \leq 1$</p>		
<p>3.</p>	<p>Regulă aditivă geometrică</p> $N_{Si} = \sqrt[n]{\sum_{j=1}^n (g_j v_{ij})^2}$	<p>Aplicabilă la legi de distribuție normale</p>	
<p>4.</p>	<p>Regulă multiplicativă</p> $N_{Si} = \prod_{j=1}^n V_{ij}$ <p style="text-align: right;">$0 \leq N_{Si} \leq 1$</p>	<p>Domeniul de aplicare idem pct.1 și 2. Ponderare imposibilă criterii cu ponderi cvasieegale (echiponderate)</p>	
<p>5.</p>	<p>Reguli bazate pe „Teoria jocurilor”</p>	<p>Compensarea avantajelor sau dezavantajelor unei variante cade. Se poate ține cont de ponderi.</p>	<p>Ordonare completă, cu utilizarea parțială a tabloului matricii de valori V_{ij}</p>
<p>5.1</p>	<p>Regula „MAXIMIN” (pesimistă)</p> $N_{Si} = \text{MIN} (V_{ij}) \text{ ptr. } j=1 \dots n$	<p>Variantele se ordonează după valoarea minimă a indicilor de utilitate V_{ij} pentru fiecare alternativă i studiată</p>	
<p>5.2</p>	<p>Regula „MAXIMAX” (optimistă)</p> $N_{Si} = \text{MAX} (V_{ij}) \text{ ptr. } j=1 \dots n$	<p>Ordonarea ca și la 5.1 dar după valorile maxime (sau cele coresp. ponderilor maxime).</p>	
<p>5.3</p>	<p>Regula „PESOPT”</p> $N_{Si} = \beta \text{ MAX} (V_{ij}) + (1-\beta) \text{ MIN} (V_{ij})$ <p style="text-align: center;">Ptr. $j=1 \dots n$ $0 \leq \beta \leq 1$</p>	<p>Se impune un procent β de compromis între poziția pesimistă sau optimistă a analistului.</p>	



Cod. criteriu
Pond. abs.

Pond. rel.

FIG. 33

3.3. Modele economice

3.3.1. Corelația diversificare-economicitate

Cercetarea extinderii tipurilor de producție, caracterizate în raport cu mărimea seriei, arată că producția de serie mică și mijlocie reprezintă tipul de producție predominant în toate țările [62].

Pe măsura accentuării caracterului pieții de "piață a cumpărătorului" și a creșterii nivelului de trai, produsele trebuie să satisfacă noi funcțiuni într-o gamă mai largă de caracteristici, să răspundă mai nuanțat cerințelor mereu crescînde ale societății. Diversificarea a devenit de pe acum un indicator de calitate strîns legat de progres.

Nevoia de a produce competitiv conduce la necesitatea ca ritmul de îmbunătățire a performanțelor produselor și deci a valorii lor de întrebuințare să crească mai repede decît prețul de cost, obținîndu-se astfel efecte economice care permit reluarea ciclurilor de fabricație și a dezvoltării producției.

În condițiile producției de serie accentuarea caracterului de serie mică este însă însoțită de creșterea cheltuielilor de fabricație, fenomen ce se manifestă ca principala restricție în dezvoltarea diversificării.

Aceste cerințe contradictorii pun producătorului problema de a găsi acele metode de organizare, conducere și utilizare a mijloacelor tehnice care să-i permită ca în paralel cu satisfacerea cerințelor de diversificare să producă competitiv din punct de vedere economic.

Problema revine în final la a găsi căile și posibilitățile de a conferi o flexibilitate suplimentară sistemelor de fabricație orientate spre producția de serie mică și mijlocie.

Orice măsură de mărire a flexibilității trebuie însoțită de o analiză economică minuțioasă.

3.3.2. Model bazat pe studiul efectelor economice rezultate în cazul implementării tehnologiei flexibile.

Pentru a stabili economiile ce se pot obține prin aplicarea fabricației flexibile, în cazul unei producții de serie mică și mijlocie, este necesar să se analizeze, comparativ cu variantele actuale, fiecare componentă a prețului de cost al fabricației. În acest sens se calculează :

$$E_G = E_{pl} + E_m + E_{FM} + E_i \quad (34)$$

- în care :
- E_G este eficiența economică globală a sistemului flexibil de mașini $\left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}} \right]$;
 - E_{pi} - economii la timpul de pregătire încheiere $\left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}} \right]$;
 - E_{FM} - economii la forța de muncă auxiliară $\left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}} \right]$;
 - E_m - economii la timpul de mașină (de prelucrare) pe bucată $\left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}} \right]$;
 - E_i - economii la investiții $\left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}} \right]$.

Relația (34) constituie o sumă algebrică. Dacă valoarea finală rezultă pozitivă, înseamnă că introducerea sistemului de fabricație flexibil este economică. Componentele parțiale enunțate se calculează cu relațiile :

$$E_{pi} = \sum_{i=1}^j \frac{T_{pi1}}{q_{i1}} \frac{C_{1i} + C_{2i}}{60} - \sum_{i=1}^k \frac{T_{pi2}}{q_{i2}} \frac{C_{1i} + C_{2i}}{60} \left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}} \right] \quad (35)$$

- în care :
- $T_{pi1,2}$ - timpul de pregătire încheiere în variantele 1 și 2 [ore] ;
 - $q_{i1,2}$ - mărimea loturilor [buc.] ;
 - C_{1i} - tariful mediu pe oră al reglorului sau operatorului $\left[\frac{\text{lei}}{\text{oră}} \right]$;
 - C_{2i} - costul mediu al unei ore de nefuncționare a mașinii $\left[\frac{\text{lei}}{\text{oră}} \right]$;
 - j, k - numărul de operații în cele două variante analizate [-] .

$$E_m = \left(\sum_{i=1}^j t_{m1i} - \sum_{i=1}^k t_{m2i} \right) \left(\frac{C_1}{n_1} - \frac{C_2}{n_2} \right) \left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}} \right] \quad (36)$$

- în care :
- t_{m1i}, t_{m2i} - timpii pe bucată la operația "i" în cele două variante [ore] ;
 - $C_{1,2}$ - tariful mediu pe oră al operatorului la sistemul flexibil respectiv la operațiile individuale $\left[\frac{\text{lei}}{\text{oră}} \right]$;
 - $n_{1,2}$ - numărul de module ale sistemului (unități de lucru) respectiv mașini individuale [-] ;

$$E_{FM} = \frac{n_{1A} C_{1A}}{q_1} - \frac{n_{2A} C_{2A}}{q_2} \left[\frac{\text{lei}}{\text{buc.}} \right] \quad (37)$$

- în care :
- n_{1A}, n_{2A} - numărul de muncitori auxiliari în cele două cazuri ;

C_{1A}, C_{2A} - salariul mediu anual al muncitorilor $\left[\frac{\text{lei}}{\text{an}} \right]$;

$q_{1,2}$ - seria anuală de fabricație în cele două variante
[buc.] .

$$E_i = \frac{1}{q_1} \left(\frac{C_{u1}}{A_u} + \frac{C_{t1} + C_{a1}}{A_m} + \frac{C_{c1}}{A_c} \right) - \left(\frac{C_{u2}}{A_u} + \frac{C_{t1} + C_{a2}}{A_m} + \frac{C_{c2}}{A_c} \right) \frac{1}{q_2} \left[\frac{\text{lei}}{\text{buc}} \right] \quad (38)$$

în care :

C_{u1}, C_{u2} - costul utilajelor (mașinilor-unelte) în ambele variante [lei] ;

A_u - perioada de amortizare a mașinilor-unelte [ani] ;

C_{t1}, C_{t2} - costul instalațiilor de transport [lei] ;

A_m - perioada de amortizare a instalațiilor de mecanizare (transport, deservire) în cele două variante analizate [ani] ;

C_{c1}, C_{c2} - costul construcțiilor și al instalațiilor aferente [lei] ;

A_c - perioada de amortizare a instalațiilor aferente [ani] ;

C_{a1}, C_{a2} - costul echipamentelor și instalațiilor de automatizare [lei] .

3.3.3. Model bazat pe analiza fluxurilor de producție

Analiza fluxului de producție poate fi utilizată ca o metodă pentru găsirea familiilor de piese și a grupelor de mașini adecvate precum și pentru determinarea amplasării raționale a acestora. Acest tip de analiză se orientează numai spre procedeele de fabricație și nu ia în considerație caracteristicile funcționale sau configurația geometrică a pieselor.

Analiza fluxului de producție pleacă de la premisa [20] că majoritatea pieselor și subsansamblelor uzinate în orice fabrică aparțin în mod natural unor familii și grupe clar definite. Problema revine la găsirea acestor familii sau grupe existente și nu crearea altora noi. Metoda are un caracter analitic și folosește pentru găsirea grupelor și familiilor o analiză extinsă a informațiilor conținute în fișele tehnologice ale pieselor.

Metoda poate fi aplicată fie la toate procesele tehnologice din întreprindere, fie numai la un număr de repere reprezentative. Informațiile necesare pentru analiza fluxului de producție sînt acelea conținute în fișele tehnologice, planele de operații, listele utilajelor, echipamentelor, SDV etc.

Analiza se dezvoltă pe trei nivele succesive :

- analiza fluxului în fabrică ;
- analiza grupelor sau familiilor ;
- analiza de linie.

Se va prezenta în continuare o variantă a analizei de linie existentă în literatura de specialitate, care se referă la o modalitate analitică de formare a unor linii tehnologice flexibile multiobiect [53] .

Formarea liniilor de fabricație în flux, în condițiile producției de serie diversificate se bazează în esență pe gruparea produselor și/sau reperelor care se execută pe o linie în flux, după criteriul existenței unui anumit grad de asemănare a secvențelor, a utilizării mașinilor-unelte în cadrul procesului de fabricație. Se recomandă parcurgerea următoarelor etape :

Etapa 1. Informațiile inițiale necesare amorsării analizei sînt :

- date asupra volumului de produse-repere Q_i ($i = 1, n$) planificate în perioada respectivă prin precizarea vectorului

$$Q_i = \{ Q_1, Q_2, \dots, Q_j, \dots, Q_n \} \quad (39)$$

- date referitoare la tehnologia de fabricație a reperelor analizate Q_i ($i = 1, n$). Sînt necesare informații asupra tipodimensiunilor de mașini-unelte utilizate în cadrul procesului tehnologic de fabricație codificate și ordonate după cerințele de succesiune tehnologică și organizatorică. Aceste informații se transpun într-o matrice de forma :

$$\| m_{ij} \| = \left\| \left\| \frac{m_{ij}}{t_{ij}} \right\| \right\| ; i = \overline{1, n} ; j = \overline{1, r} \quad (40)$$

avînd "n" linii și "r" coloane. Elementele matricii conțin codurile mașinilor-unelte ordonate după succesiunea operațiilor de prelucrare pentru toate reperetele Q_i (n - repere) prelucrate prin operațiile $j = \overline{1, r}$ precum și normele de timp corespunzătoare fiecărui reper/mașină - t_{ij} . Forma dezvoltată este :

$$\| m_{ij} \| = \left\| \left\| \begin{array}{ccc} \frac{m_{11}}{t_{11}} & \frac{m_{1j}}{t_{1j}} & \frac{m_{1r}}{t_{1r}} \\ \frac{m_{i1}}{t_{i1}} & \frac{m_{ij}}{t_{ij}} & \frac{m_{ir}}{t_{ir}} \\ \frac{m_{n1}}{t_{n1}} & \frac{m_{nj}}{t_{nj}} & \frac{m_{nr}}{t_{nr}} \end{array} \right\| \right\| \quad \wedge \quad \begin{array}{l} i = \overline{1, n} \\ j = \overline{1, r} \end{array} \quad (41)$$

Fiecare linie din matrice conține informații asupra tipului de

mașină unealtă $m_{ij} = m_g \cdot (g = 1, 2)$ repartizată conform tehnologiei de fabricație a produsului (reperului) cu codul Q_i ($i = \overline{1, n}$) la operația cu codul $j = \overline{1, r}$.

Etapa 2. Elementele cuprinse în matricea $\left\| \frac{m_{ij}}{t_{ij}} \right\|$ sînt utilizate la formarea produsului complex Q_λ al liniei λ . Produsul complex rezultă din mediile ponderate ale ordinii de succesiune a execuției produselor Q_i pe mașinile-unelte $m_{ij} \equiv m_g$ ($g = \overline{1, s}$).

Atunci pentru orice g pentru care avem :

$$m_g = m_{ij}; \quad g = \overline{1, s}; \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, r} \quad (42)$$

se calculează expresiile :

$$\overline{II}_g = \sum_{i=1}^r Q_i \cdot t_{ij} \cdot j \quad \in \lambda \quad (43)$$

$$S_g = \sum_{i=1}^r Q_i \cdot t_{ij} \quad \in \lambda \quad (44)$$

pentru toate valorile $g = \overline{1, s}$. Elementele produsului complex Q al liniei vor fi :

$$Q_g = \frac{\overline{II}_g}{S_g} \quad (45)$$

deci :

$$\overline{Q}_\lambda = \left\| \overline{Q}_g \right\|; \quad g = \overline{1, s} \quad \overline{Q}_g \in \lambda \quad (46)$$

Etapa 3. Se calculează ponderea de participare a produselor Q_i ($i = \overline{1, n}$) în volumul total al fabricației, cu relațiile :

$$P_i = \frac{Q_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i} \quad (47)$$

în care :

$$t_i = \sum_{j=1}^r t_{ij} \quad \forall i = \overline{1, n} \quad (48)$$

Se determină apoi produsul cu ponderea maximă în volumul de fabricație, conform relației :

$$P_\lambda = M_i A X \left\| P_i \right\|; \quad i = \overline{1, n} \quad (49)$$

Produsul P_λ va purta în continuare denumirea de produs reprezentativ al liniei λ .

Etapa 4. Se determină variația de succesiune a operațiilor tehnologice a produselor Q_i ($i = \overline{1, n}$) în raport cu produsul reprezentativ P . Pentru aceasta se determină din matricea (54) numărul de operații j pentru produsul i . Se calculează abaterea medie pătratică G_i ca medie pătratică din abaterile individuale ale termenilor po-

ziției mașini-unelte $m_g = m_{ij}$ în succesiunea de operații după relația :

$$\bar{Q}_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_i} (j_i - x_{ij})}{r_i}} \quad (50)$$

în care :

r_i este numărul total de operații j în care se execută produsul i ;

j_i - numărul de ordine al operației în care se execută produsul i ;

x_{ij} - numărul de operații care poate lua următoarele valori :

- $Q_{R\lambda}^i j$, dacă $m_g = m_{ij} \in (\| m_{pj} \| / m_{pj} = m_g)$ calculată cu relația :

$$Q_{R\lambda}^i = \text{MIN} (|j_{ig} - \forall j_{Rg} \epsilon i |) ; \forall j_{Rg} \epsilon i \quad (51)$$

- Q_{gj} , dacă $m_g = m_{ij} \notin m_{pj}$ calculată în relația (58) dar nu mai mult de k operații stabilite din proiectare ;

- 0, dacă nu se încadrează în cazurile de mai sus.

j_{ig} - numărul de ordine al operației j în care se execută produsul i pe mașina cu codul g ;

$j_{p\lambda g}$ - numărul de ordine pentru orice operație j în care se execută produsul reprezentativ P_λ , pe mașinile cu codul g .

Etapa 5. Se compară variația de succesiune a operațiilor tehnologice de execuție a produsului Q_i cu produsul reprezentativ P_λ , executate pe mașinile $m_g = m_{pj}$. Pentru a cuantifica gradul de variație (deosebire) al succesiunii operațiilor tehnologice ale unui produs i , față de produsul reprezentativ P_λ , se calculează coeficientul de variație $v_{i\lambda}$ după relația :

$$v_{i\lambda} = \frac{\bar{Q}_{i\lambda}}{\bar{Q}_{i\lambda}} ; (i = \overline{1, n} / i \in \lambda) \quad (52)$$

Valoarea lui $Q_{i\lambda}$ rezultă din relația :

$$\bar{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}}{r_i} ; (i = \overline{1, n} / i \in \lambda) \quad (53)$$

Cu cât valoarea coeficientului de variație $v_{i\lambda}$ pentru produsul (reperul) i este mai mică cu atât succesiunea gamelor de operații tehnologice și ordinea de utilizare a mașinilor-unelte necesare exe-

cutării produsului i este mai asemănătoare cu produsul reprezentativ P_λ iar linia formată este mai omogenă.

În cazul proiectării inițiale a unor sisteme de fabricație se poate admite apriori valoarea v_a . Din cercetările efectuate rezultă $v_a \leq 0,5$. Produsele (reperete) pentru care va rezulta $v_{i\lambda} > v_a$ se vor elimina din mulțimea de produse uzinabile pe linia propusă.

Operația se reia cu formarea liniei următoare, folosind mulțimea de produse eliminate în cadrul acțiunii precedente, repetînd de fiecare dată etapele 1-5. La sfîrșitul analizei sarcinii de producție cu această metodă rezultă un sector divizat în mai multe linii de fabricație în flux polivalente flexibile.

Totodată, produsele (reperete) care, după parcurgerea mai multor etape succesive n-au putut fi încadrate în linii tehnologice în flux din cauza succesiunii gamelor de operații tehnologice, care diferă în mod substanțial de grupa de produse sau nu asigură încărcarea economică a mașinilor, se vor repartiza la prelucrare individuală. Uzinarea acestui tip de produse se poate organiza prin amplasarea mașinilor-unelte pe operații (grupe de mașini).

3.3.4. Metoda "pragului de rentabilitate".

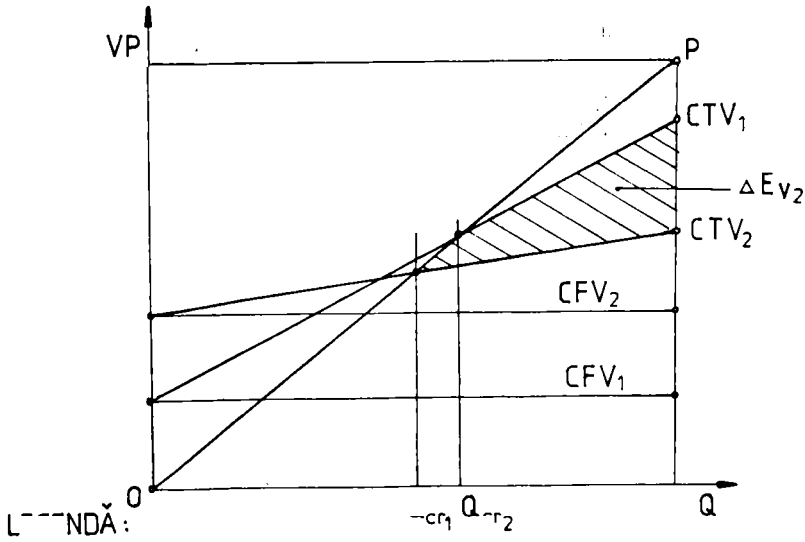
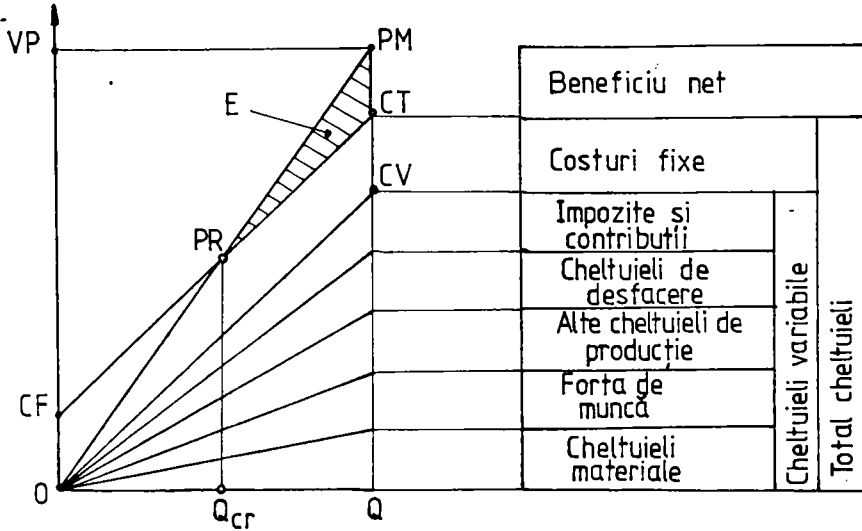
Plecîndu-se de la faptul că obiectivul fundamental al funcționării unui sistem industrial este realizarea efectului economic și că acest efect se obține atunci cînd exploatarea sistemului necesită cheltuieli mai mici decît volumul desfacerilor obținute, se poate descrie funcționarea unui sistem la un anumit moment și în același timp se pot realiza raționamente asupra aptitudinii sistemului de a produce efect economic, utilizînd diagrama pragului de rentabilitate, fig.3.4.

În această diagramă s-au suprapus cheltuielile fixe cheltuielilor variabile, pentru a se putea observa direct raportul dintre acestea și cheltuielile variabile, pentru toate valorile de încărcare a capacității. Domeniul E reprezintă efectul economic (beneficiu și acumulări), iar domeniul P reprezintă pierderile produse de funcționarea sistemului la o anumită utilizare a capacității. "Pragul de rentabilitate" PR caracterizează un moment critic și anume momentul pînă cînd sistemul funcționează în pierdere. O exploatare cît mai rentabilă a obiectivului revine la a se maximiza domeniul E. Aceasta înseamnă că punctul PR va trebui să se deplaseze cît mai aproape de origine, astfel încît punctul Q_{or} să tindă către O.

Dacă se cunosc J_p - cheltuielile fixe totale ale sistemului

având capacitatea Q, C_v - cheltuielile variabile pe unitatea de produs și p - prețul de vânzare unitar, se poate determina volumul producției pentru care sistemul funcționează cu beneficiu nul :

$$V_{PR} = \frac{C_F}{p - C_v} \quad (54)$$



VP - volumul producției (valoric);

Q - capacitatea de producție (fizic)

CFV_{1,2} - cheltuieli fixe pentru variantele 1 și 2

CTV_{1,2} - cheltuieli totale pentru variantele 1 și 2

E - domeniu de eficiență

ΔE_{v2} - eficiența suplimentară datorită variantei V₂

FIG. 3,4

Acestui volum de producție îi corespunde capacitatea critică Q_{cr} . Se poate astfel determina nivelul critic N_{cr} de utilizare a capacității, exprimat în procente din capacitatea totală, cu relația :

$$N_{CR} = \frac{Q_{cr}}{Q} 100 \quad (55)$$

Acest nivel poartă denumirea de "prag de rentabilitate" și indică procentul din capacitatea totală de la care exploatarea sistemului produce beneficiu. Dacă se cunosc (prin calcul) : P - producția totală, C_v - volumul total al cheltuielilor variabile (directe), C_F - volumul total al cheltuielilor fixe (indirecte), rentabilitatea are expresia :

$$R = \frac{P - C_v - C_F}{C_v + C_F} 100 \quad (56)$$

Notînd cu r rentabilitatea unitară (beneficiul/1 leu cheltuieli totale de producție), se poate determina cu câte procente trebuie reduse cheltuielile fixe pentru obținerea unei creșteri a rentabilității cu un procent, cu relația :

$$R + 1\% = \frac{C_T - \frac{P}{1+r+0,01}}{C_F} 100 \quad (57)$$

sau cu câte procente trebuie reduse cheltuielile variabile pentru a obține creșterea cu un procent a rentabilității :

$$R + 1\% = \frac{C_T - \frac{P}{1+r+0,01}}{C_v} 100 \quad (58)$$

Diagrama (sau diagramele), (fig.3.4) pragului de rentabilitate permit compararea sintetică a diferitelor variante de realizare a sistemelor de fabricație, caracterizate prin cheltuieli fixe și variabile diferite, precum și compararea diferitelor momente de funcționare pentru același sistem.

Mărirea domeniului E se poate obține prin următoarele măsuri:

- reducerea cheltuielilor fixe (indirecte) ;
- reducerea cheltuielilor variabile (directe) ;
- reducerea simultană a cheltuielilor fixe și variabile ;
- modificarea pantei curbei valorice a producției ;
- creșterea valorii producției (micșorarea cheltuielilor combinate cu creșterea volumului desfacerii).

În cazul studiilor de flexibilizare se poate acționa asupra cheltuielilor variabile prin ridicarea gradului de automatizare al fabricației. Aceasta va duce în prima instanță la scăderea cheltuielilor variabile. În același timp, însă, creșterea gradului de automatizare conduce la cheltuieli fixe mai mari ca urmare a creșterii cotelor de amortizare, a costurilor de întreținere a echipamentului mult mai complex și a trecerii în categoria de cheltuieli fixe a unor cheltuieli pentru anumite categorii de forță de muncă (programatori, reglari specializați, electroniști etc.). În consecință, orice măsură tehnico-organizatorică trebuie verificată minuțios sub aspect economic. În exemplul menționat, dacă creșterea gradului de automatizare duce la creșterea cheltuielilor fixe într-o măsură mai mare decât reducerea cheltuielilor variabile, punctul PR se va îndepărta de origine și efectul economic va scădea.

Reducerea cheltuielilor variabile este determinată și de alte metode orientate către ameliorarea concepției produselor. Pentru aceleași valoare de întrebuințare, cheltuielile de fabricație a produsului pot scădea prin efectele cercetării și dezvoltării constructive folosind tehnicile ingineriei (analizei) valorii.

Capitolul 4

PENTRU EVIDENTIAREA AVANTAJELOR APLICĂRII SISTEMELOR FLEXIBILE, ÎN ACEST CAPITOL SE PREZINTĂ EXEMPLE DE PRELUCRARE A UNOR FAMILII DE PIESE DE ACELAȘI TIP.

4.1. Sistem flexibil de fabricație destinat prelucrării mecanice a carcaselor pentru diferențiale auto (BURKHARDT u. WEBER - R.F.G.).

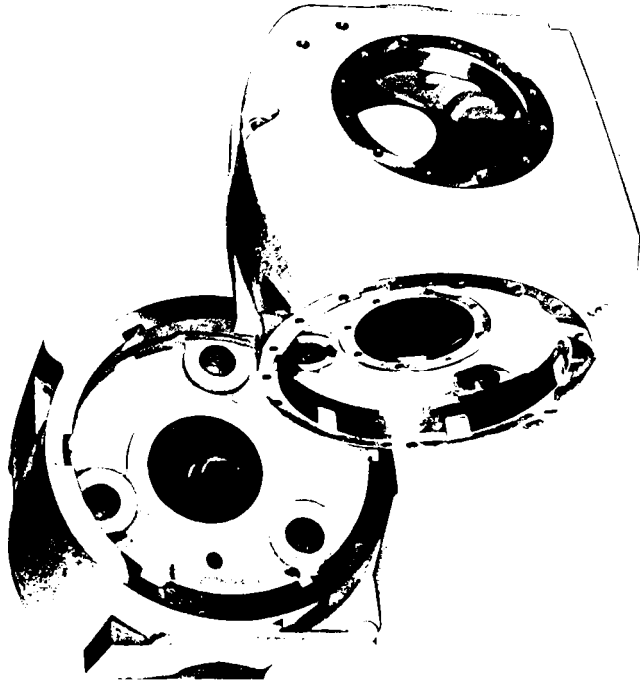
În marea majoritate a situațiilor de pe plan mondial, tehnologia flexibilă s-a concretizat în sisteme flexibile de fabricație. Printre realizările mai remarcabile ale unor firme specializate se pot menționa sisteme după cum urmează.

Firma vest-germană "Burkhardt + Weber GmbH + Co K G" concepe și realizează mai multe SFF cu aplicații în special în industria automobilistică. Astfel se poate menționa sistemul flexibil de fabricație destinat prelucrării mecanice complete a carcaselor de diferențiale auto (fig.4.1 a,b).

După cum rezultă din prospectoteca aferentă, datele tehnice al sistemului prezentat sînt următoarele [103] :

- Unități de lucru :
- puterea de antrenare a capetelor de forță 29/37 [kW] ;
- domeniul turațiilor de antrenare : 1200 - 1800 [min⁻¹];
- curse de lucru :
 - x = 800 [mm];
 - y = 500 [mm];
 - z = 1000 [mm];
- forța maximă de avans : 80 [kN];
- viteze de avans tehnologic : max. 2000 [mm/min] ;
- avansuri rapide : max. 10 [m/min] ;
- precizia de poziționare : [0,02 [mm]] .
- Capete de forță (de prelucrare) :
 - dimensiuni : 660 x 800 [mm]
 - nr. capete de prelucrare distincte : 46
 - nr. pinole de găurit : 347
 - nr. pinole de filetat : 290
 - nr. capete port freză : 9
 - nr. capete de alezat : 38
 - greutatea maximă : 1500 [kg] .

BW Information Co.



Flexibles Fertigungssystem höchster
Produktivität.
Zweiwege-Sonder-Bearbeitungszentrum
mit 46 Bearbeitungsköpfen für die
automatische Komplettbearbeitung von

Fig.4.1 a

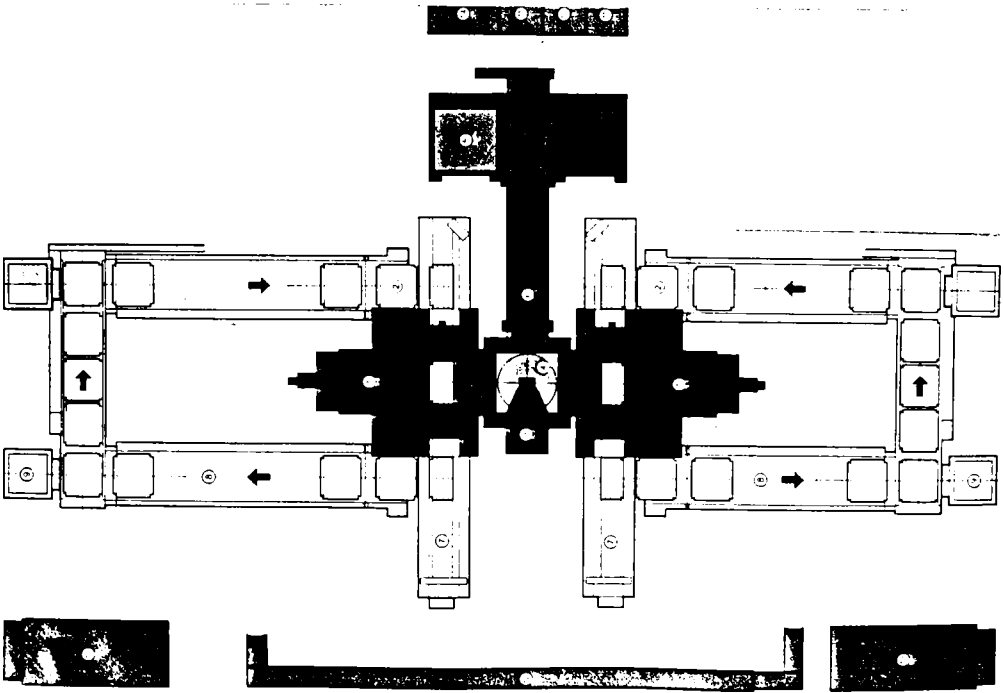


Fig.4.1 b

- Sistemul de transfer al paletelor-dispozitiv
 - Diametrul masei rotative : 1000 [mm]
 - Nr.pозиțiilor de indexare : 4
 - Precizia de indexare : 3 [sec.]
 - Sarcina maximă adm.pe platou : 3000 [kg]
 - Turația rapidă a mesei : 5 [min⁻¹]
 - Dimensiuni paletă : 800 x 1100 [mm]
 - Timpul de schimbare a paletelor : 62 [s]
 - Nr.de prinderi distincte ale piesei : 2
 - Acționarea dispoz.de prindere : mecanic-manual
- Magazia automatizată de scule și dispozitive
 - Număr de locașuri de depozitare :
 - dreapta 15
 - stînga 13
 - Nr.stații de deservire la fiecare depozit : 2
 - Timpul de deservire (schimbarea sculei) : 20 [s]
- Date generale :
 - Suprafața totală ocupată : cca.300 [m²]
 - Greutatea totală : cca.135 t
 - Puterea totală instalată : 420 [kVA].
- Date referitoare la semifabricate :
 - Material : fontă cenușie
 - Greutatea : 190-300 [kg]
 - Dimensiuni de gabarit : 650 x 650 x 750 [mm]
 - Capacitatea de prelucrare : cca.50 buc.în 24 [h]
(grad de utilizare de 75 %).

Semnificația notațiilor din fig.4.1 este următoarea :

- 1 - unități de lucru ;
- 2 - capete de prelucrare pentru : frezare, frezare de precizie, alezare, alezare de precizie, găurire-filetare etc.;
- 3 - stație de deservire cu masă rotativă pentru palete ;
- 4 - paletă port-semifabricat în postul de lucru ;
- 5 - paletă în postul de încărcare-descărcare ;
- 6 - stație de încărcare-descărcare-transfer ;
- 7 - stații de alimentare (încărcare-descărcare) cu capete de prelucrare ;
- 8 - depozite (magazii) pentru capetele de prelucrare ;
- 9 - posturi de încărcare-descărcare finale ale liniei (pentru capete de prelucrare)

- 10 - tablou de comandă principal ;
- 11 - dulap de comandă CNC ;
- 12 - dulapuri cu unitatea de memorie pentru programare liberă;
- 13 - agregate hidraulice ;
- 14 - sistem informațional și de diagnoză operațională.

Modul de lucru al sistemului este următorul :

Pentru prelucrarea mecanică completă carcasa diferențialelor necesită două prinderi diferite. Operațiile de încărcare-descărcare-prindere II au loc în timp ce o altă carcasă se găsește în postul de lucru și se prelucrează. Concomitent are loc preselecția și pregătirea unui nou cap de prelucrare conform programului de lucru. Urmăzând apoi retragerea rapidă a unităților de lucru, indexarea paletii cu 90° , schimbarea capului de prelucrare și o nouă fază de prelucrare. Ciclul se repetă pentru prinderea a II-a astfel încât după cca 30 min. sistemul eliberează câte o carcasă complet prelucrată.

4.2. Sistem flexibil de fabricație destinat prelucrării mecanice a unei familii de piese de tipul flanșelor și discurilor plane (EMAG-Maschinenfabrik GmbH - R.F.G.).

Alte realizări remarcabile în domeniul sistemelor flexibile de prelucrare mecanică aparțin firmei "EMAG - Maschinenfabrik GmbH-RFG".

Astfel o primă aplicație a tehnologiilor flexibile o constituie sistemul flexibil destinat prelucrării mecanice a unei familii de piese de tipul flanșelor și discurilor plane [112] .

Sarcina de producție care a stat la baza conceperii SFF susmenționat a constat din :

- prelucrarea unei familii de piese de revoluție de tipul șaburilor, roților, discurilor și flanșelor având diametrele maxime cuprinse în intervalul 250-400 [mm] ;
- transferul complet automatizat al semifabricatelor prin sistem ;
- asigurarea unei funcționări continue a sistemului în cazul reechipării sau modificării planului de așchiere (itinerarului) unei mașini ;
- controlul tehnic de calitate complet automatizat ;
- reinstalarea automată la cotă a sculelor uzate. Valoarea de corecție se comandă mașinii unelte care a prelucrat piesa măsurată;
- reechiparea simplă și rapidă a SFF pentru alte tipodimensiuni ale semifabricatului ;
- prelucrarea bifrontală, completă, din două prinderi a pieselor;
- retezarea automată a capetelor, barelor de prindere etc.;

- controlul activ al ruperii sculelor pentru prevenirea avariilor.

Soluția oferită de firma EMAG - RFG pentru atingerea dezideratelor de mai sus poate fi urmărită în fig.4.2 [112]. Soluția de principiu constă din 12 strunguri automate MSC-31 EMAG amplasate

Beispiel einer kompletten Fertigungsanlage mit Einspindel-Drehautomaten MSC 31 für Doppelräder. Von EMAG.

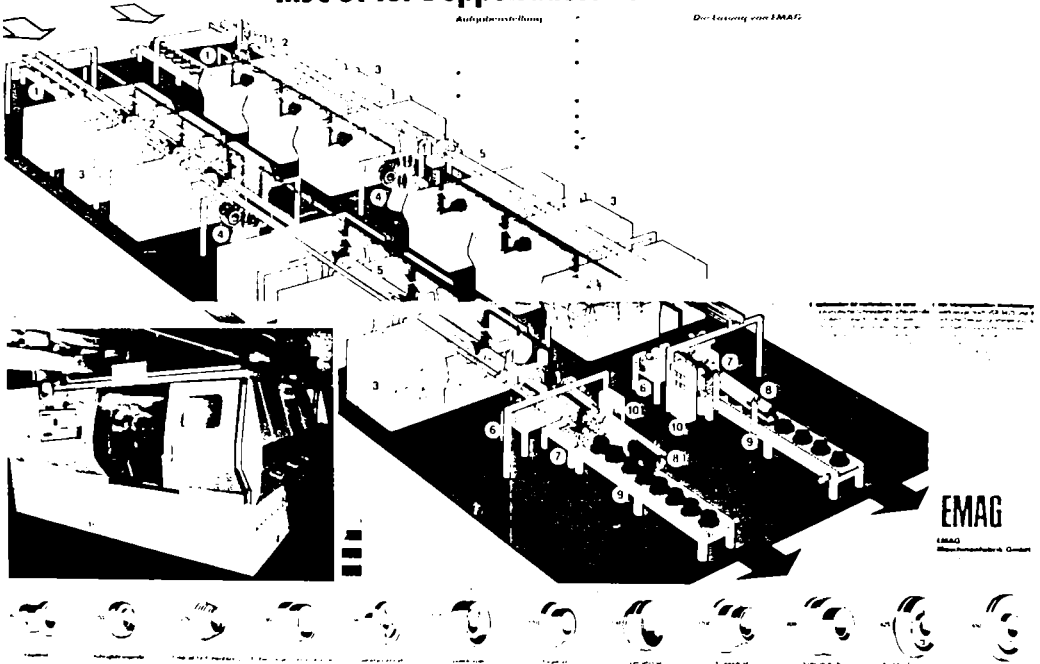


Fig.4.2

pe două șiruri paralele a câte 6 mașini. Cele două șiruri lucrează independente unul față de celălalt și pot prelucra simultan repere diferite. Ambele șiruri permit prelucrarea pieselor de tipul roților de transmisie (roți dințate, de curea, de fricțiune, de lanț), roleurilor, pistoanelor, discurilor, conform exemplurilor grafice din figură.

Prelucrarea are, loc în două prinderi la oricare din șiruri. Primele trei mașini din fiecare șir asigură prelucrarea la prinderea întâi iar următoarele la prinderea a doua. Deservirea (încărcarea, descărcarea, transferul) este asigurată către manipuloarele portale (2) și (5) după cum urmează : semifabricatele neprelucrate (culoarea galbenă) așteaptă pe calea cu role (1). Manipulatorul portal are două dispozitive de prezenșiune (greifere). Cu unul dintre acestea scoate o piesă prelucrată pe fața A din prima mașină iar cu celălalt introduce o piesă neprelucrată. Urmează apoi transferarea piesei prelucrate în postul de rotire cu 180° (5)...cest

ciclu se repetă și la încărcarea celorlalte două mașini din prima secțiune. Prin transferarea unor timpi suplimentari în ciclurile mașinilor se creează unele pauze (timpi de așteptare) necesare pentru procesele de încărcare-descărcare. Prin automatizarea deservirii celor 3 mașini în ansamblu se obțin efecte economice considerabile (la investiții) concomitent cu utilizarea în proporție de 100 % a duratei de lucru a mașinilor.

După rotirea cu 180° în postul (5) semifabricate sînt preluate de secțiunea a doua a portalului (5) și transferate apoi celorlalte 3 mașini. Aici are loc prelucrarea în prinderea a doua și aceste mașini lucrează după cicluri astfel corelate în timp încît utilizarea la maximum (100 %) a timpului de lucru să fie garantată.

După terminarea prelucrării feței B a piesei, manipulatorul (5) preia piesa finită și o transferă în postul de control (6). Aici se realizează controlul dimensional complet și, în caz de abateri inadmisibile, se dau comenzi mașinilor în cauză. În cazul unor dereglări flagrante care produc ieșirea piesei din cîmpul de toleranță, mașina în cauză este stopată automat iar piesa transferată pe calea (8) a rebuturilor. După înlăturarea defectiunii mașina oprită poate reintra în ciclu prin simpla apăsare pe buton.

Pentru preîntîmpinarea unor avarii deosebite linia este prevăzută cu un sistem de control "Power Monitor" 112, care supraveghează în permanență puterea absorbită de fiecare subansamblu esențial. Pentru corelarea puterilor de așchiere diferite, în cazul materialelor semifabricatelor diferite, sistemul de control menționat este programabil.

Avantajul deosebit al acestui SFF constă în productivitatea sa ridicată. Aceasta se datorează, în cea mai mare măsură, automatizării totale a deservirii. Practic sînt manipulate piese cu greutatea de 100 kg și mai mult, cu precizie și rapiditate mare, fără limitare în timp. Siguranța producției este garantată de postul de control automat. Datorită acestuia, se reduc la minim costurile datorate rebuturilor. Reechiparea liniei este simplă și rapidă datorită unei dispozitivări înalte cu scule prereglate conform normelor VDI 3425 112. Totodată ciclurile mașinilor se reprogramează. Reglajele de tampoane și limitatori devin practic nule la sistemul de transfer în cazul cînd acesta este comandat prin microprocesor după un program înregistrat pe casetă sau bandă perforată.

Semnificația cifrelor din fig.4.2 este următoarea :

1. Dispozitiv de livrare a semifabricatelor (cale cu role) ;
2. Manipulator portal pentru prinderea A a piesei ;

3. Strung automat cu comandă numerică MSC-31-EMAG-RFG ;
4. Masă indexată rotativă (post de rotire cu 180°).;
5. Manipulator portal pentru prinderea B a piesei ;
6. Post de control dimensional automat ;
7. Stație de basculare a pieselor finite (separator) ;
8. Depozit rebuturi ;
9. Bandă transportoare (cale cu role) pentru piese finite bune ;
10. Panou cu pupitru indicator privind funcționarea corectă a MU.

4.3. Linie automată flexibilă de asamblat și finisat rotori pentru motoare electrice (EMAG-RFG) [112] .

Sarcina de producție

Principalele probleme propuse spre rezolvare cu ajutorul liniei sus-menționate își au originea în tehnologia de fabricație a mașinilor electrice. În acest domeniu, cu specific pregnant de fabricație de serie mijlocie, pe loturi cu caracter repetitiv, majoritatea producătorilor și-au pus problema raționalizării fabricației.

Problemele care au generat ideea realizării sistemului flexibil au fost următoarele [112] :

- conceperea, proiectarea, realizarea și punerea în funcțiune a unui sistem flexibil automatizat destinat fabricării rotorilor pentru mașini electrice ;
- gabaritul maxim al motoarelor electrice : 250 [mm] ;
- puterea maximă a motoarelor electrice : 55 [kw] ;
- productivitatea orară estimată : 21 [buc] ;
- numărul tipodimensiunilor de rotori : 38 [buc] ;
- lungimea maximă a rotorilor : 1200 [mm] ;
- diametrul maxim al rotorilor : 320 [mm] ;
- timp maxim de rechipare la trecerea de la un tip de rotor la altul din aceeași serie dimensională : 1 [oră] ;
- funcționarea fără întrerupere a sistemului în cazul opririi uneia dintre mașini ;
- posibilități de efectuare a controlului dimensiunilor și compensarea erorilor de prelucrare datorită uzurii sculelor așchietoare.

Descrierea sistemului

Compunerea de ansamblu a sistemului flexibil s-a realizat de către firma west-germană EMAG în cooperare cu firmele : ARSTENS

GmbH, HERTEL INTERNATIONAL WERKZEUGFABRIK, A.u.W. BUSCH KG MASCHINEN-FABRIK (R.F.G.).

După cum se poate observa și în fig.4.3, mașinile unelte care intră în componența sistemului sînt de tipul : strunguri automate CNC cu antrenare centrală MSC-27, două strunguri monoax automate MSC 21, două mașini de frezat canale de pană, trei mașini de rectificat rotund exterior, trei mașini de echilibrat dinamic, un automat de curățat.

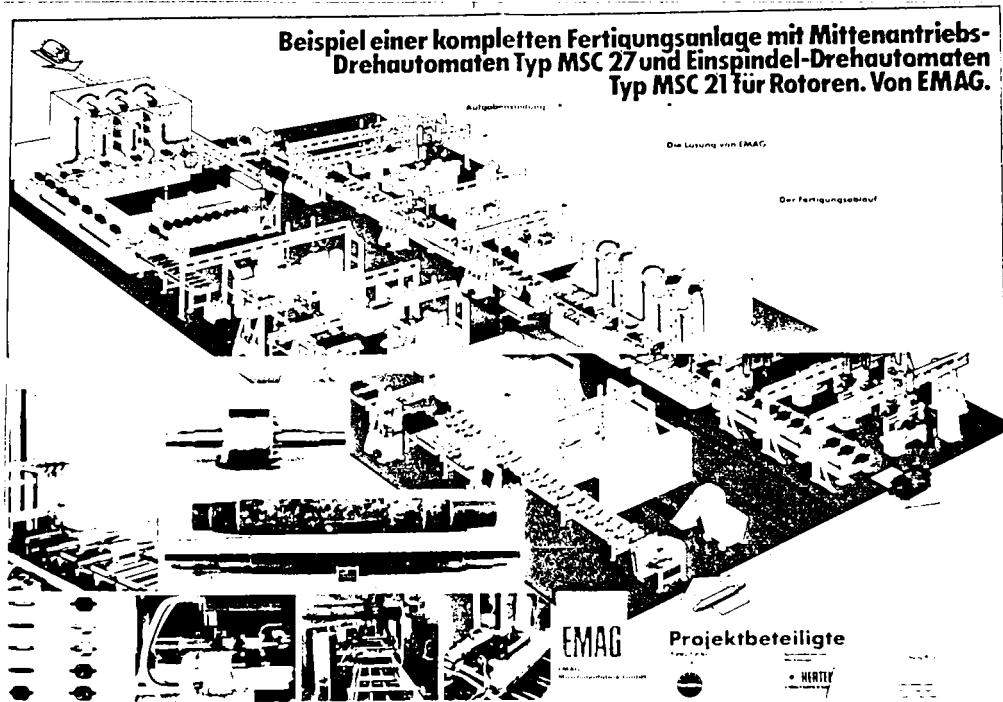


Fig.4.3

Semnificația notațiilor cifrice din fig.4.3 sînt după cum urmează :

1. Depozit arbori neprelucrați (semifabricat forjat) ;
2. Bandă transportoare de aducțiune cu prisme ;
3. Stație de încărcare-descărcare cu structură portală ;
4. Strung automat CNC cu antrenare centrală MSC 27 (EMAG-RFG) ;
5. Post de control dimensional pentru arborii prelucrați ;
6. Transportor pentru arborii prelucrați și controlați ;
7. Mașină de frezat canale de pană ;
8. Post de control dimensional al canalelor de pană ;
9. Dispozitiv de separare (livrare singulară buc.cu buc.) ;
10. Mașină de rectificat porțiunea de calare a rotorului ;
11. Bandă transportoare cu prisme ;
12. Cuptor pentru preîncălzirea pachetelor rotorice ;

13. Post de asamblare prin fretare (presare la cald) ;
14. Bandă transportoare cu palete ;
15. Tronson de răcire a rotorilor ;
16. Mașină de rectificat rotund exterior a rotorului cu comandă NC ;
17. Strung automat monoax MSC 21 (pentru strunjirea exterioară a pachetului) ;
18. Post de măsurare-control ;
19. Bandă transportoare cu lanțuri ;
20. Automat pentru spălare-curățare ;
21. Zonă de uscare ;
22. Post semiautomat de echilibrare dinamică.

Pentru raționalizarea la maximum a transportului pieselor prin sistem au fost adoptate soluții cu prisme reglabile, lanțuri și palete. Timpul de reajustare de cca 1 oră se datorează în primul rând implementării a 18 mașini NC precum și sistemului de manipuloare cu comandă după program. În cazul ieșirii din funcționare a unei mașini de rectificat cu cca. 50 % din capacitatea nominală.

Funcționarea sistemului

Semifabricatele sînt aduse în depozitul (1). Aici, în timpul prelucrării lor de către un dispozitiv de livrare (2), are loc testarea pe cale electromecanică a poziției corecte a arborelui, avîndu-se în vedere asimetria constructivă a capetelor acestuia. În cazul în care un arbore apare întors cu 180° , dispozitivul de livrare stopează automat iar operatorul este avertizat printr-un semnal optic asupra acestui fapt. După reșezarea în poziția corectă procesul de livrare decurge continuu.

Prelucrarea celor două capete ale arborelui are loc simultan pe strungul cu antrenarea centrală (3). Apoi urmează transferarea arborelui la celălalt strung pentru strunjirea exterioară a porțiunii de calare a pachetului rotoric.

Operația de strunjire a arborelui fiind încheiată urmează controlul dimensional în postul (5). În cazul apariției unor abateri inadmisibile datorate uzurii sculei sau altor cauze, se dau comenzi pentru corectarea poziției sculelor sau oprirea mașinii de la caz la caz. Toate aceste comenzi sînt date de calculatorul central de urmărire. Acesta realizează totodată și urmărirea scurgerii timpilor de lucru ai fiecărei scule. În cazul cînd un astfel de timp, determinat pe bază de experiență statistică, a expirat, calculatorul oprește mașina (strungul sau freza) și indică la pupitru scula epuizată.

Astfel operatorul va interveni exact acolo unde se necesită înlocuirea sculei uzate cu alta ascuțită și prereglată.

În continuare, arborii sînt transportați în grup de cîte un dispozitiv (6) și transferați mașinii de frezat. Drezarea canalelor de pană are loc simultan la ambele capete.

Urmează controlul dimensional al canalelor frezate și transferarea arborilor la dispozitivul de separare (livrare buc.cu buc.) (9). De aici, un manipulator transferă arborii mașinii de rectificat. Aceasta realizează rectificarea zonei de calare. Mașina are comandă CNC, cap de măsurare absolută și dispozitive pentru alimentarea automată.

Pachetele rotorice sosesc pe o altă cale, din partea opusă. Un manipulator portal le distribuie unul cîte unul la intrarea în cuptorul de preîncălzire (12). La ieșirea din acest cuptor se găsește postul de asamblare arbore-pachet prin fretare (13). Rotorii asamblați sînt apoi preluați de o bandă transportoare echipată cu palete-dispozitiv (14). Pentru a putea suferi prelucrările ulterioare fără erori termice rotorii trebuie răciți la temperatura mediului. În acest sens, ei sînt trecuți printr-un tronson special cu serpentine (15) unde are loc revenirea termică.

La postul de lucru următor (16) se realizează rectificarea capetelor de arbore pe mașini de rectificat cu comandă CNC și instalarea oblică a broșei de rectificat.

În cazul în care una dintre cele două mașini de rectificat cade, procesul tehnologic se transferă la cealaltă mașină, aceasta dispunînd de un program adițional de rezervă. Conform acestuia, pe aceeași mașină se vor realiza ambele rectificări, manipulatorul portal asigurînd în acest caz întoarcerea cu 180° .

La această operație intervine problema erorilor de bazare datorate adîncimii diferite a găurilor de centrare. Pentru eliminarea acestora mașina de rectificat dispune de un subprogram de poziționare la cotele definitive a pietrei de rectificat.

Controlul dimensional se realizează tot local, mașinile fiind echipate cu capete de măsurare absolută.

Operația următoare, strunjirea de finisare a pachetului este de o importanță hotărîtoare pentru asigurarea unei coaxialități perfecte cu fusurile. De aceea, prinderea rotorului în postul (17) se face pe fusuri. Întrucît, datorită construcției turnate, pachetele rotorice prezintă abateri de lungime și ca atare, și de poziție pe arbore, mușchii pachetului sînt sesizate inductiv. În acest mod, se asigură o strunjire perfectă, uniformă, cu rizuri egale.

Urmează controlul operației anterioare la postul (18) care funcționează similar, cu aceleași posibilități ca și cele de la posturile (5).

Rotorii admiși sînt transferați apoi unui post de spălare și uscarea (19), (20) și (21). De aici, manipuloarele (3) realizează transferarea lor în posturile semiautomate de echilibrare dinamică (2). Rotorii echilibrați sînt apoi preluați și transpuși din nou pe bandă, de unde vor fi apoi transportați la montajul final al motoarelor electrice.

4.4. Sistem flexibil de fabricație destinat prelucrării mecanice a carcaselor pentru autovehicule rutiere (Cross Manufacturing Systems - SUA) [107].

Sistemul de fabricație realizat de firma americană The Cross Company uzinează carcase de dimensiuni mijlocii pentru cutii de viteze ale autovehiculelor rutiere. Productivitatea sistemului este de 6 buc. pe oră. Specificitatea sistemului menționat constă în existența unui agregat flexibil de prelucrare echipat cu o magazie de capete multiax acționați independent. Practic, există capete de forță montate pe palete transferabile conform fig. 4.4. Agregatul constituie o soluție patentată în SUA (Cross M 2 Multi-Center) și care, față de toate variantele clasice existente, a rezultat ca cea mai avantajoasă din punct de vedere economic.

Compunerea de principiu a sistemului este următoarea : la postul nr.1 (fig. 4.4) carcasele suferă o prelucrare de frezare a bazei tehnologice. Urmează apoi transferarea cu mijloace mecanizate în postul 2, unde au loc toate prelucrările de degroșare (frezări, găuriri, alezări, adînciri, lamări, filetări etc.) pe capetele multiax amovibile. La postul de lucru nr.3, pe un centru de prelucrare, se realizează finisările prin alezare de precizie și frezare. La postul 4 are loc rectificarea planelor de separație.

4.5. Linie automată flexibilă de finisat cămăși cilindru pentru autoturismele DACIA (ICSIT-TITAN București). [105]

Linia automată flexibilă de finisat cămăși cilindru pentru autoturism DACIA este destinată prelucrării finale a familiei de cămăși cilindru compusă din 3 tipodimensiuni.

În urma cercetării și documentării asupra aspectelor tehnologice și a performanțelor unor linii similare, ICSIT-TITAN a propus

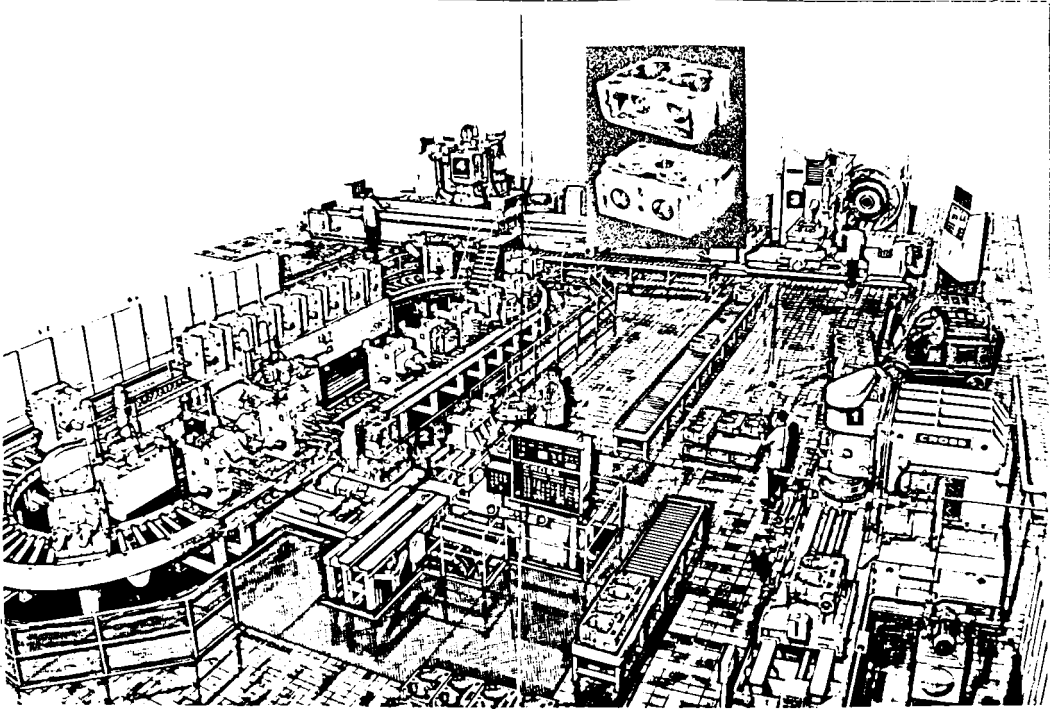
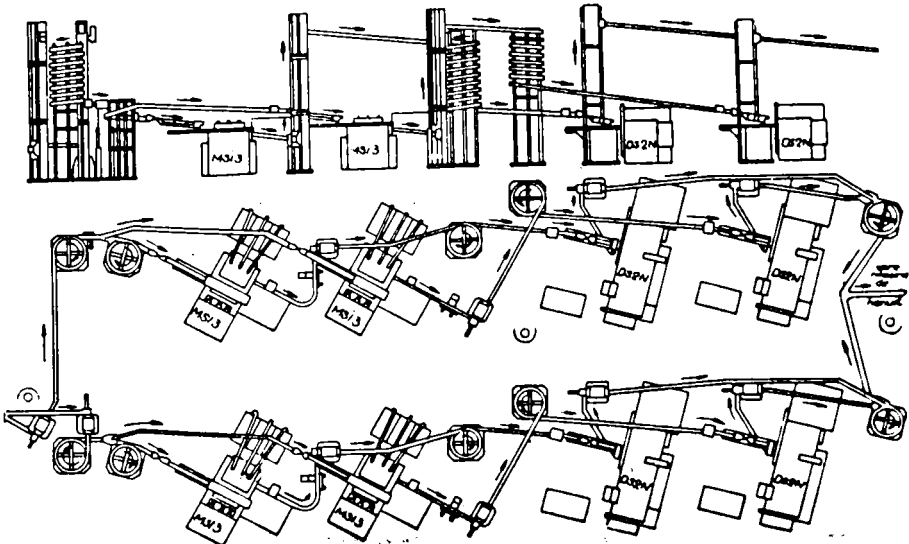


Fig.4.4

următoarea compunere generală redată sintetic în fig.4.5:

- două posturi de lucru cu câte două mașini specializate de strunjit interior, avînd fiecare cîte 3 axe principale ;

LINEIE AUTOMATĂ FLEXIBILĂ DE FINISAT CĂMĂȘI CILINDRU PENTRU AUTOTURISM DACIA



- un post de lucru cu 2 strunguri de copiat pentru prelucrarea profilului exterior ;
- un post de lucru cu 2 mașini de frezat cu tambur rotativ ;
- un post de lucru cu una mașină de honuit ;
- sistem de mecanisme de transport, stocare și alimentare automată de semifabricate ;
- dispozitiv de control interoperațional și final.

Linia rezultată asigură prelucrarea în condiții de calitate, avînd o productivitate sporită față de posibilitățile actuale ale beneficiarului potențial, I.A. Pitești. Totodată necesarul de personal operator în această situație se reduce cu peste 75 %.

Ciclul de lucru se realizează în regim automat, linia dispunînd în acest scop atît de mecanisme periferice de transport și stocare piese, de roboți pentru alimentarea mașinilor unelte, cît și de mașini unelte capabile să preia și să predea în regim automat.

În scopul asigurării unei calități superioare de prelucrare, linia este prevăzută cu dispozitive de control interoperațional și final.

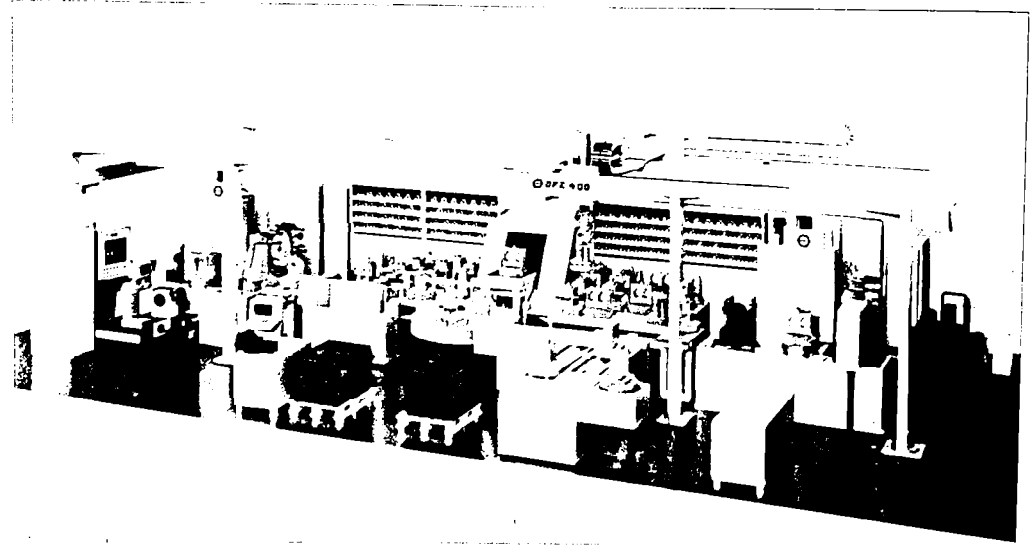
Date tehnico-economice aferente liniei

- Productivitatea orară [-] : 200
- Capacitatea de prelucrare : familie de cămăși cilindru compusă din 8 tipodimensiuni
- Ciclul de lucru : automat
- Număr personal operator : 3
- Număr personal întreținere și reglaj [-] : 4
- Număr posturi de lucru [-] : 5
- Număr mașini unelte [-] : 9
- Sistem transport și stocare piese : automat
- Sistem alimentare mașini : automat cu roboți
- Concepție : linie flexibilă în concepție proprie bazată pe mașini specializate
- Precizia de prelucrare [mm] : $\pm 0,012$

4.6. Celule, posturi și utilaje tehnologice cu flexibilitate mărită.

Tehnologia flexibilă își găsește aplicația și în cadrul unor unități structurale mai mici de tipul celulelor de fabricație. Astfel, firma west-germană Werner u. Kolb GmbH [106] oferă două exemple de realizare a celulelor de fabricație. Acestea se bazează pe utilizarea centrelor de prelucrare cu comandă numerică J 2 H, 10-030,

TC-800 (Werner u.Kolb - RFG). Prin înlanțuirea a 2-3 astfel de celule flexibile se pot crea sisteme flexibile de fabricație. După cum se poate observa în fig.4.6, firma prezintă o primă alternativă de celulă tip "Duplex" adică cu două posturi de lucru - DFZ 400. Principalele caracteristici tehnice ale celulei sînt :



Flexible Duplex Cell DFZ 400

Fig.4.6

a). Centrul de prelucrare :

- dimensiunile paletei 400 x 400 [mm]
- curse de lucru (x x y x z) 600 x 500 x 500 [mm]
- puterea de antrenare 10 [kW]
- domeniul turațiilor 20 - 4500 [min⁻¹]
- avans tehnologic maxim 4000 [mm.min⁻¹]
- avans rapid maxim 10000 [mm.min⁻¹]
- zona de cuplare a A.P. I S O 45
- magazia proprie de scule (capacitatea) 30 locașuri
- greutatea netă cca.8000 [kg]

b). Depozitul de scule al celulei

- tipul : cu locașuri fixate, codificate pentru extragerea automată de către manipulator ;
- capacitatea depozitului (expandabilă) : 148 (locașuri)

c). Transferul semifabricatelor în celulă

- pe palete cu stație de încărcare-descărcare
- durata totală a ciclului de schimbare 15 [s]
- sarcina maximă admisă pe paletă 250 [kg]

- capacitate de stocare-tampon 16 poziții
- dispozitive de prindere pentru piese 34 [buc.]

d). Manipularea în sistem

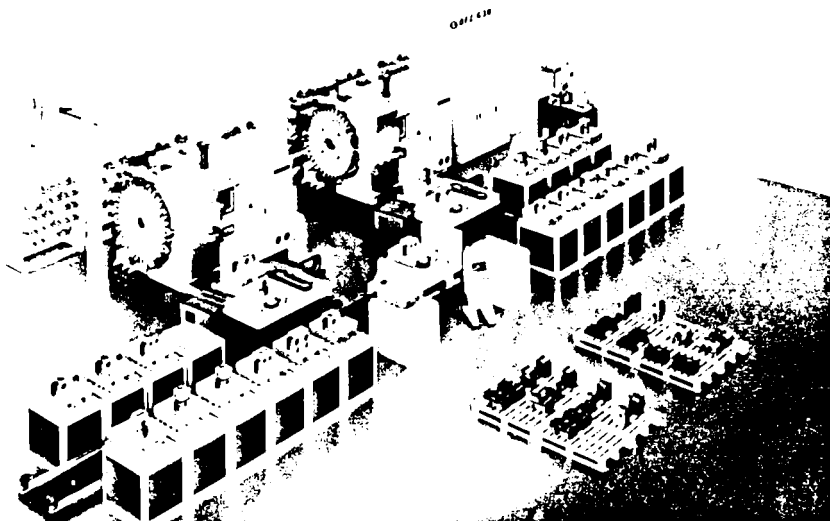
- manipulator NC în 3 axe pentru scule și piese
- viteza de transport (x și y) 60 [m.min⁻¹]
- sarcina maximă capabilă 450 [kg]

e). Sistem de comandă, urmărire și control

- computerizat în sistem DNC ;
- comanda mașinii : CNC cu interfață programabilă integrată ;
- comanda sistemului : prin calculator pentru comanda și urmărirea sculelor și a semifabricatelor, interconectat cu sistemul.

O variantă cu capacitate sporită este celula flexibilă DFZ 630 respectiv DFZ 800. Ambele pot fi extinse prin înlanțuire pînă la maximum 6 mașini unelte. Destinația ambelor mărimi este prelucrarea mecanică de degroșare și finisare a pieselor în serii mici și mijlocii. Operații ce se pot realiza sînt de tipul celor compatibile cu centrele de prelucrare TC 630 și TC 800 (Werner u. Kolb - RFG). Caracteristicile tehnice ale celulelor sînt redate în cele ce urmează, iar compunerea de principiu poate fi urmărită în fig.4.7.

Principiul de lucru în celulă este identic cu cel anterior, ciclul automatizat în întregime, conducerea prin calculator. Un operator realizează operațiile de încărcare-descărcare. Principalele caracteristici tehnice date de firmă sînt :



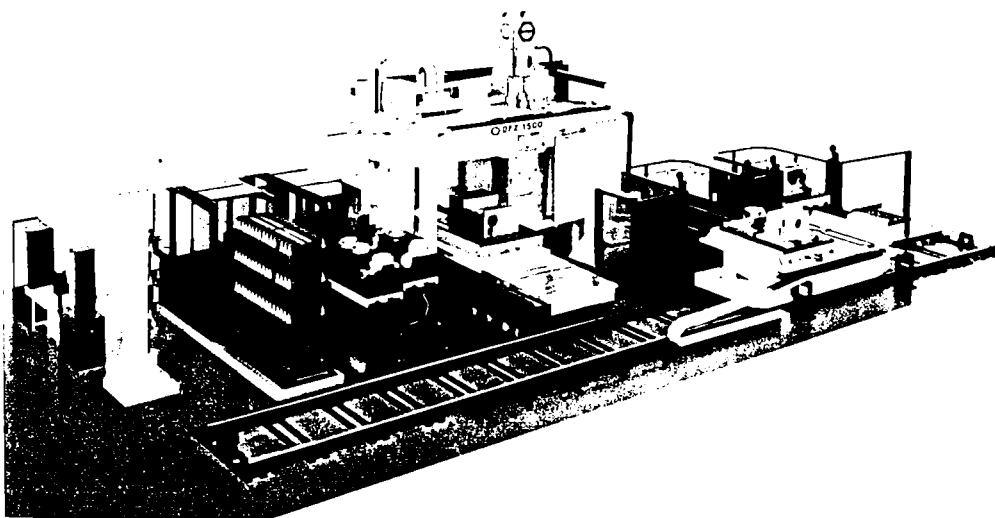
Flexible Duplex Cell DFZ 630

Fig.4.7

- | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|
| a). Tipul celulei : | DFZ 630 | DFZ 800 |
| b). Centrul de prelucrare | | |
| - tipul | TC 630 | TC 800 |
| - suprafața paletelor [mm] | 630 x 630 | 800 x 800 |

- curse de lucru		
- după axa X [mm]	800	1600
- după axa Y [mm]	630	1000
- după axa Z [mm]	710	1100
- unghiular	360 x 1	360 x 1
- puterea de antrenare [kW]	32	32
- domeniul turațiilor [rpm]	20- 4500	20- 4500
- avans tehnologic maxim [mm.min ⁻¹]	10000	10000
- avans rapid maxim [mm.min ⁻¹]	12000	15000
- zona de cuplare a A.P.	ISO 50	ISO 50
- nr. locașuri pentru scule [buc.]	40	40
- masa netă [kg]	cca.16200	cca.23500
c). Depozitul suplimentar al celulelor		
- tipul	computerizată	idem
- capacitate de stocare (nr. poziții)	105	105
- extensibilă în incremente de câte (nr. poziții)	35	35
d). Transferul semifabricatelor		
- tipul	pe palete cu cartelă	pe palete cu cartelă
- viteza de transfer a paletelor [m.min ⁻¹]	24	24
- sarcina maximă admisă pe paletă [kg]	2000	3000
- capacitate de stocare-tampon pe post [buc.]	10(variabil)	10(variabil)
- stație de încărcare-descărcare [nr. buc.]	1	1
e). Manipularea în sistem		
- tipul manipulatorului	manipulator X-Y-Z cu comandă NC cu braț dublu	
- viteza de transfer X,Y [m.min ⁻¹]	60	60
- sarcina maximă vehiculată [kg]	60	60
f). Sistemul de comandă, urmărire, control		
	idem DFZ 400 (prezentat anterior)	

Aceeasi firmă west-germană a realizat și o celulă flexibilă pentru uzinarea pieselor de dimensiuni mari. Este vorba despre celula din fig.4.8, PFZ-1500, destinată prelucrării pe centrul de prelucrare PFZ 1500 după 5 direcții în regim complet automatizat. Schimbarea sculelor este realizată cu un sistem de manipulare automat. În afară de scule standardizate uzuale de găurit, alesat etc., în arborele principal al



Flexible Manufacturing Cell PFZ 1500

Fig.4.8

mașinii se mai introduc o serie de alte scule combinate, unghiulare, multiax și capete speciale de prelucrare. Celula se poate expanda (extinde) și transforma cu ușurință într-o celulă de tip Duplex. Principalele caracteristici tehnico-funcționale ale celulei sînt :

a). Centrul de prelucrare

- tipul.	tip cu arbore principal vertical
- dimensiuni paletă [mm]	1500 x 2500
- curse de lucru (X-Y-Z) [mm]	3500 x 2500 x 750
- înălțimea maximă a spațiului de lucru [mm]	1500
- puterea de antrenare [kW]	60
- domeniul turațiilor de lucru [rpm]	25 - 2500
- avans tehnologic maxim [mm.min ⁻¹]	10000
- avans rapid maxim [mm.min ⁻¹]	10000
- zona de cuplare a A.P.	ISO 50
- masa netă [kg]	cca. 98000

b). Sistemul de înmagazinare-depozitare a sculelor și capetelor de prelucrare.

- capacitatea minimă a depozitului mobil pentru scule [poz]	96
- expandabil în pași de câte [buc]	24
- capacitatea depozitului mobil cu capete de prelucrare [poz]	5
- expandabil în pași de câte [poz]	5

- c). Sistemul de transfer al paletelor cu dublă cartelă însoțitoare.
- | | |
|--|----------------|
| - durata ciclului de schimbare a paletelor [sec.] | cca.40 |
| - viteza de transport a paletelor [m.min ⁻¹] | 60 |
| - sarcina maximă aplicabilă pe paletă [kg] | 8000 |
| - capacitate de stocare pe mașină [buc.] | 4 (expandabil) |
- d). Sistemul de manipulare al sculelor și capetelor de prelucrare.
- | | |
|---|----|
| - viteze de deplasare în coordonate X, Y [m.min ⁻¹] | 60 |
| - capacitate de transport [kg] | 60 |
- e). Sistemul de comandă, urmărire, control
- | | |
|--|------------------------------|
| | computerizat
idem DFZ 400 |
|--|------------------------------|

O altă alternativă care s-a impus pe plan mondial este cea referitoare la modulele flexibile de prelucrare. Acestea sînt concepute din elemente tipizate care se pot agrega rapid într-un număr foarte ridicat de soluții. O serie de forme producătoare de pe plan mondial, cum ar fi Deutsche Gardner-Denver GmbH (RFG), Grasso (RFG), Otto Suhner AG (RFG) precum și ICSIT-Titan - IMU Baia Mare (RSR), au pus la punct fabricația de elemente tipizate pentru agregate flexibile [102], [113], [114].

După cum se poate observa din fig.4.9, un modul flexibil de prelucrare se poate concepe și realiza rapid datorită gradului foarte ridicat de tipizare al elementelor componente ale unei astfel de structuri.

Unificînd diametrele coloanelor de susținere cu cele ale unităților de lucru (capete de forță) se pot obține practic o mulțime de variante de compunere. Limitele acestor structuri sînt date de rigiditatea sistemului tehnologic elastic. Corelînd însă la proiectare, în mod judicios, parametrii dinamici ai unităților cu configurația și dimensiunile structurilor de susținere (structuri portale), aceste limite pot fi lărgite considerabil. Sistemele de prelucrare astfel concepute se pretează foarte bine la fabricația de serie mică și mijlocie, diversificată, cu frecvente schimbări ale pieselor. Totodată însă se precizează că dimensiunile pieselor în general nu pot fi prea mari datorită performanțelor mai scăzute ale capetelor de lucru (\varnothing 10-12 mm ; M 10-12 mm ; M 10 - M 14 etc.).

Alte exemple din aceeași categorie sînt oferite de firmele Dessouter respectiv SUHNER - RFG. După cum se poate observa în fig.4.10 și fig.4.11, compunerea de mici agregate se poate realiza în timp scurt și cu costuri minime. În cazul modificării sarcinilor de producție (reproiectări sau repere noi etc.) gradul de re folosire al elementelor

componente este foarte ridicat (peste 80 %). Modul de acționare al agregatelor de acest tip este în general electro-pneumatic cu reglarea hidrostatică a vitezelor de avans.

Pe plan intern, ICSIT-Titan București a proiectat o familie de elemente tipizate de puteri mici (0,37 - 1,5 kW) pe acest princi-

piu. Unitățile sînt asimilate de către IMU Baia Mare. O primă aplicație ar fi implementarea tehnologiei flexibile în cadrul prelucrării mecanice a șasiurilor pentru aparate electrice de măsurat. Studii cu privire la astfel de module flexibile de prelucrare cu unități de lucru indigene a realizat autorul în lucrarea [36].

O altă grupă de dotări tehnice flexibile este cea a mașinilor agregate realizate din unități componente tipizate. Un exemplu concludent în această direcție îl oferă firma elvețiană Mikron-Haessler [109].

Această firmă a realizat un sistem de elemente tipizate flexibile cu care se pot realiza mașini agregate la cerere.

După cum se observă în fig.4.12, familia de elemente concepută permite obținerea unei mulțimi de posibilități de orientare a capetelor de lucru. Un exem-

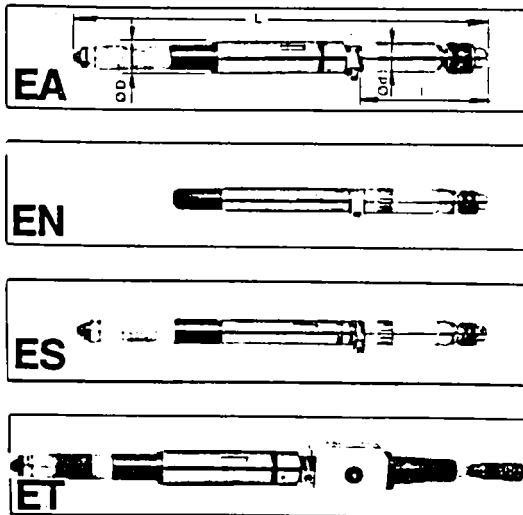
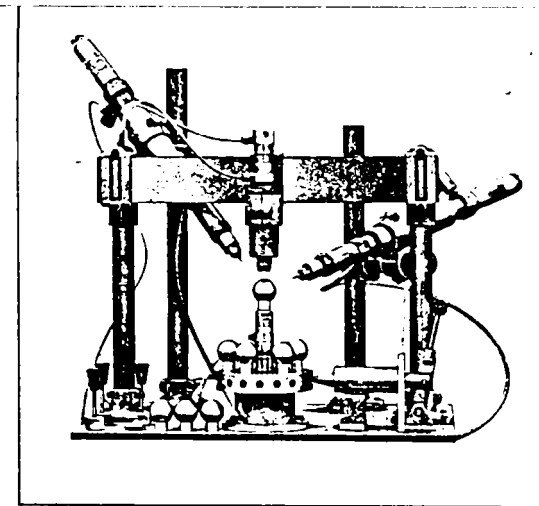


Fig.4.9

plu concret de aplicare îl constituie mașina agregată din fig.4.13 [109] Multifactor 50 destinată prelucrării de serie mijlocie și mare a unor repere mici de tipul arniturilor, pieselor pentru lacte

ar fur
hrbilder
to
atterns
vertible pour
de perçage

rbau
len
assembly
sizes
vec trois
ble différentes

nerbare
steuerung
ned
ol
ctronique
imer

htung

age

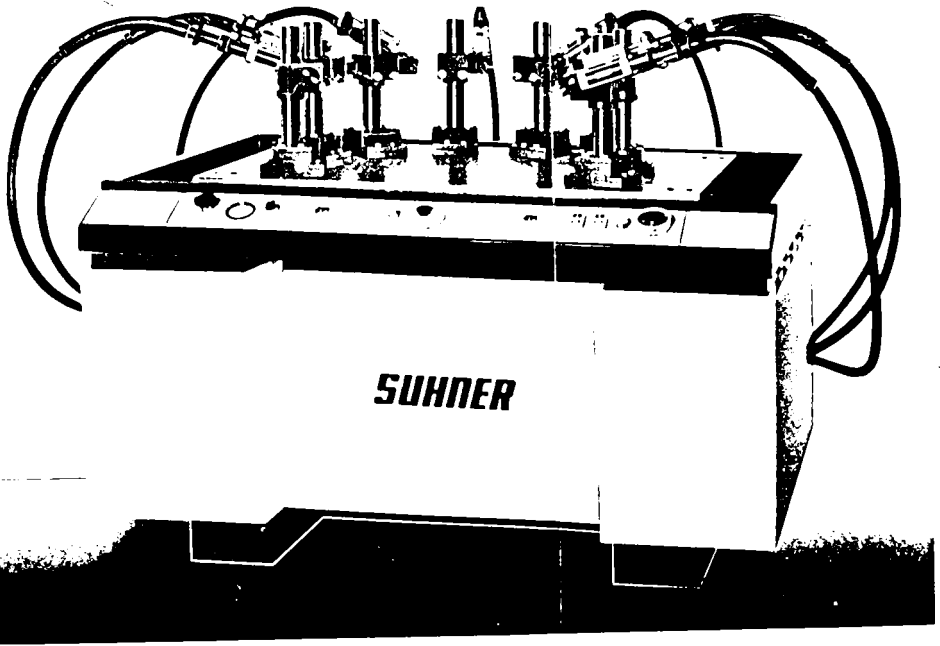


Fig.4.10

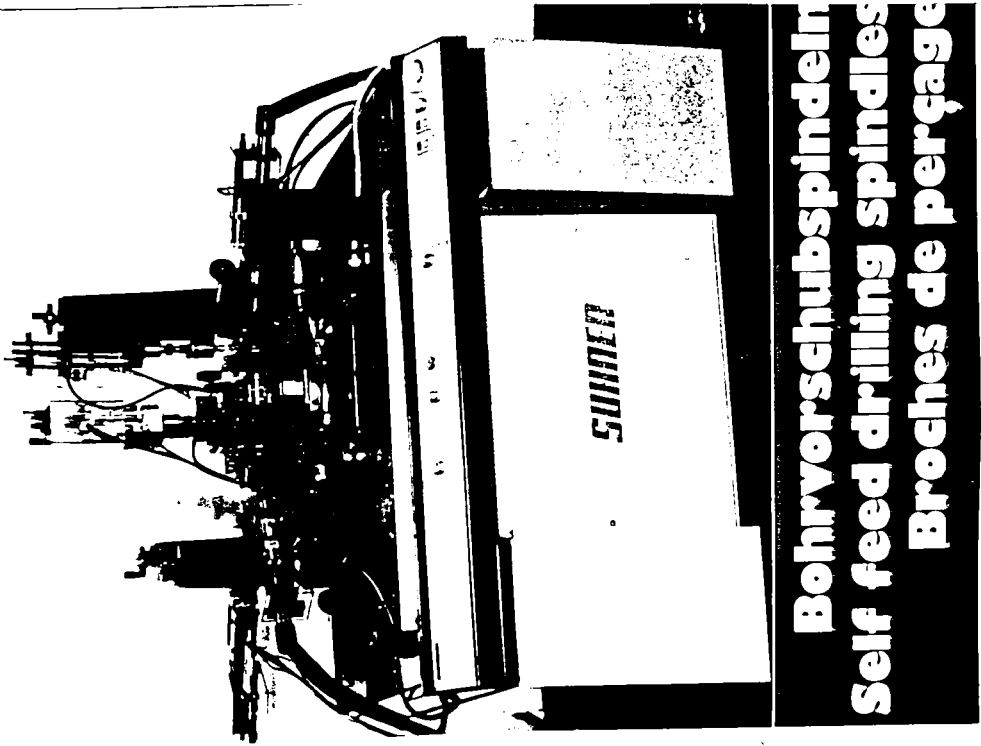


Fig.4.11

de siguranță etc. Această variantă de agregate cu acționare mecanică prin mecanisme camă-tachet cu mișcare comandată de la un motor unic amplasat în batiul mesei rotative, a fost asimilată de ICSIT-Titan București. Principalele limite ale acestei familii de unități sînt

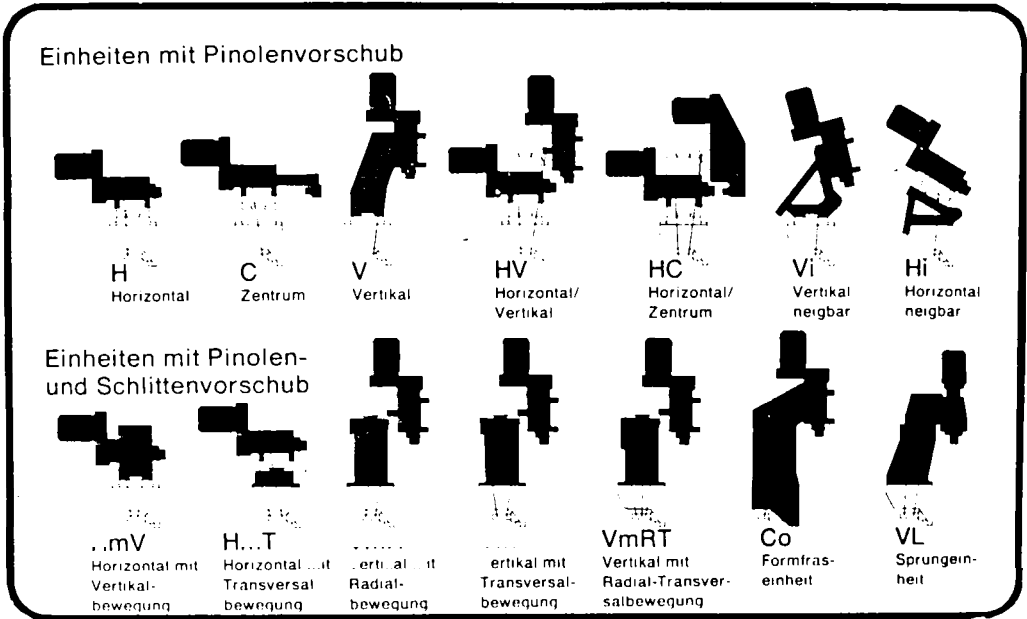


Fig. 4.12

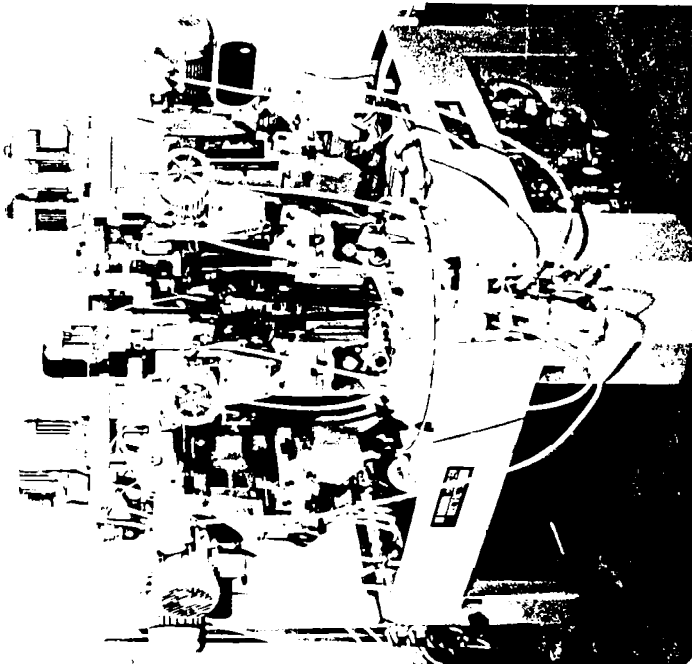


Fig. 4.13

legate de gabaritele relativ mari, posibilitățile de intersectare în spațiu mai ridicate decât în cazul precedent, complexitatea mare, și legat de aceasta, probabilitatea de apariție a erorilor de prelucrare ridicată. Realizarea tuturor componentelor lanțurilor cinematice la precizia cerută de prelucrare poate să devină chiar neeconomică.

Soluția s-a impus însă pe plan mondial prin modelele construite de firma elvețiană pentru diverși beneficiari. O caracteristică esențială a agregatelor astfel realizate o reprezintă fiabilitatea foarte ridicată datorită acționărilor mecanice preponderente.

O altă tendință de flexibilizare a dotărilor tehnice este cea prin care mașini unelte universale au fost concepute în variante flexibile. Un exemplu concludent în acest sens îl oferă firma west-germană EMAG, care a realizat mașini specializate pornind de la un modul de bază comun multiechipat. După cum rezultă și din fig. 4.14, mașina realizată poate satisface o mulțime de cerințe tehnologice prin reechipare. Astfel, mașina poate fi echipată cu păpuși fixe având unul pînă la patru arbori principali, cu păpuși mobile duble cu comandă numerică, cu dispozitive de alimentare-evacuare automată, sisteme de evacuare a spațiului și capete portscule cu ax orizontal sau vertical.

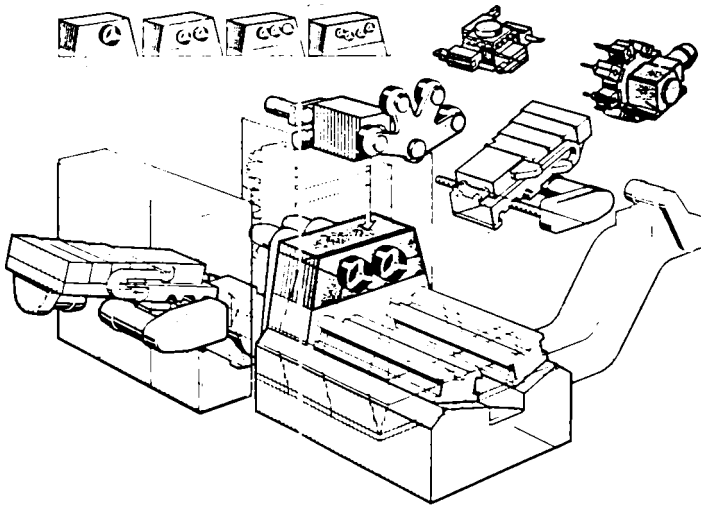


Fig. 4.14

O altă alternativă de creștere a flexibilității dotării tehnice este cea propusă de China National Aero-Technology Import and Export Corporation (CATIC) din China [236]. Acesta și-a realizat un sistem flexibil de dispozitive de prindere pe diverse mașini unelte pe care

l-a tipizat și normalizat pe plan intern. După cum se observă în fig.4.15, sistemul denumit MFS (Modular Fixturing System) constă dintr-un set de module proiectate în condiții de unificare și interschimbabilitate totală. Dispozitivele sînt de tipul : capete divizoare, pinole, prisme, bacuri, menghină, dornuri, bride etc. prevăzute cu canale T pentru fixări pe diverse tipuri de mașini unelte. Setul astfel conceput permite dispozitivarea rapidă a unor operații și semi-

A modular fixturing s (MFS) for flexible ma

By Xu Yingchao, Senior Engineer, China National Aero-Technology Import and Export Corporation (CATIC), and Liu Guozhen, Tang Yongzhong, Zhang Jigao, Dong Rongfu and Wu Mingtao, Service Engineers of CATIC

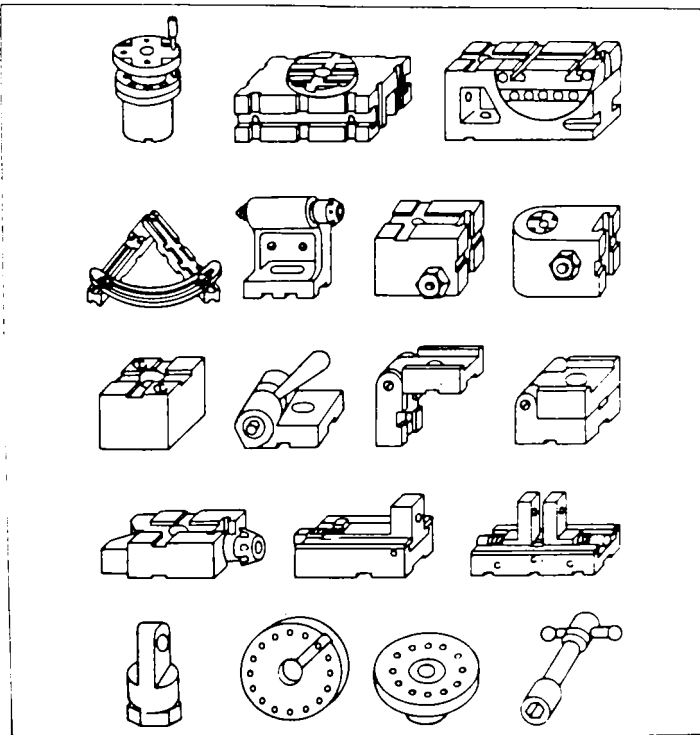


Fig. 1. Combined units of CATIC MFS.

Fig.4.15

fabricate felurite. Posibilitățile multiple aflate la dispoziția tehnologiilor reduc foarte mult cheltuielile legate de conceperea și executarea unor dispozitive speciale. Utilizarea sistemelor de fixare flexibile presupune însă și formarea unui corp de specialiști proiectanți de SDV și tehnologi care să exploateze dotările noi în mod optimal.

Tehnologie flexibilă câștigă teren din ce în ce mai mult și în domeniul montajului. Astfel, linii tehnologice întregi de montaj sînt concepute în manieră flexibilă astfel încît să permită trecerea ușoară de la un subansamblu unicat la altul.

Astfel firma west-germană Bock [10] propune un sistem modularizat pentru linii tehnologice de montaj. După cum reiese și din

fig.4.16, principalele componente ale sistemului Bosch FMS sînt astfel concepute încît să permită asamblarea rapidă într-o multitudine de variante a liniilor flexibile de montaj. Asamblarea este concepută într-o manieră sistemică. Sistemul permite integrarea de depozite tampon. Spre exemplu, pentru modulul de bază prezentat în fig.4.17, firma propune utilizarea următoarelor subansambluri tipizate componente :

Darstellung des Grundsystems einer flexiblen Montageanlage
in Karreebauweise mit taktunabhängigen Arbeitsplätzen
aufgebaut aus FMS-Standardmodulen

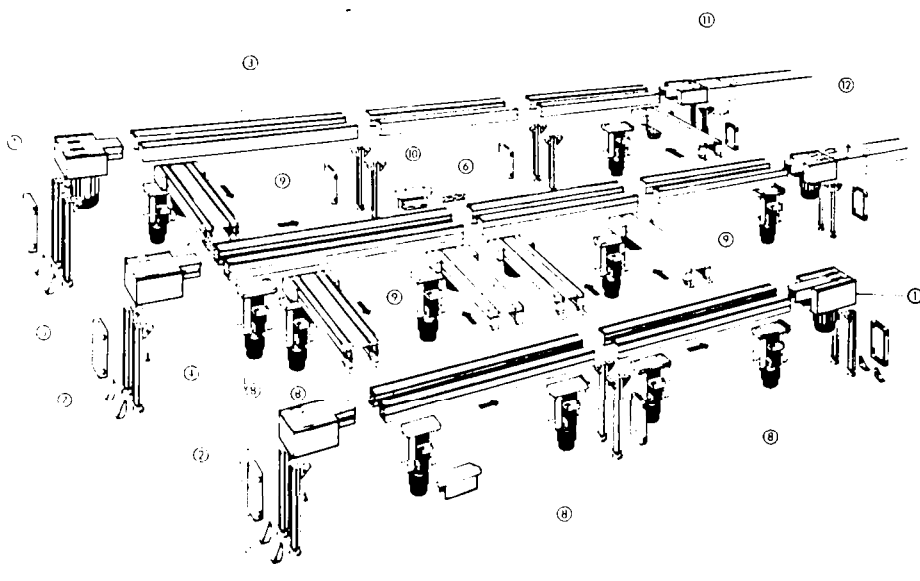


Fig.4.16

1. grup de antrenare ;
2. modul de virare ;
3. ghidaj liniare ;
4. picior suport ;
5. cadru suport de rigidizare ;
6. cleme de conexiune pentru ghidaje ;
7. vinclu de rigidizare laterală față de fundație ;
8. modul pentru avansul transversal al paletelor ;
9. bandă transversală cu acționare independentă ;
10. piesă de legătură ;
11. antrenare secundară pentru sarcini ce depășesc $200 [kg]$;
12. modul de virare pentru sarcini ce depășesc $200 [kg]$.

Sistemul poate fi echipat și cu module de codificare a palete-

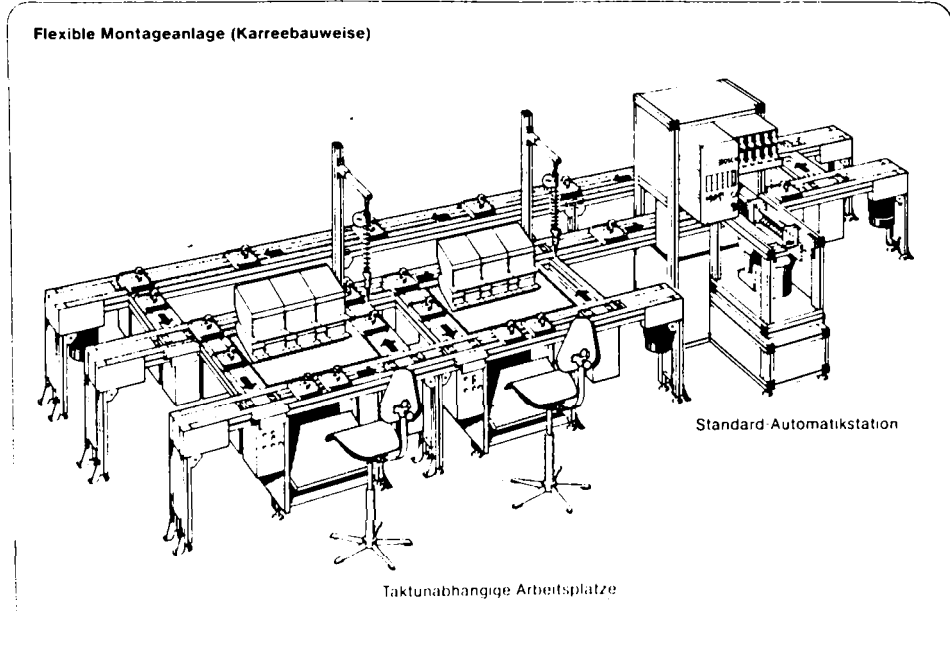


Fig.4.17

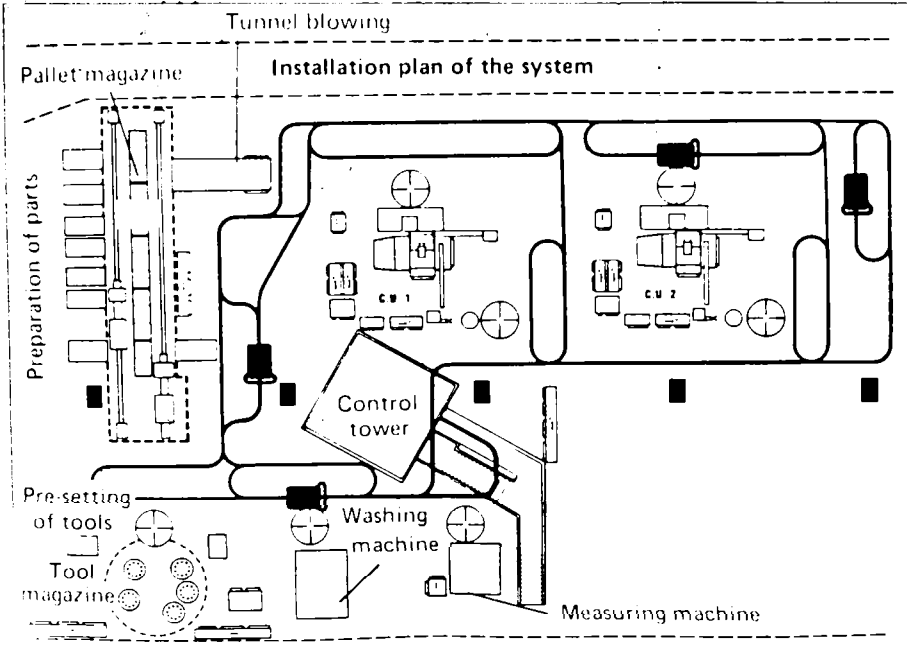
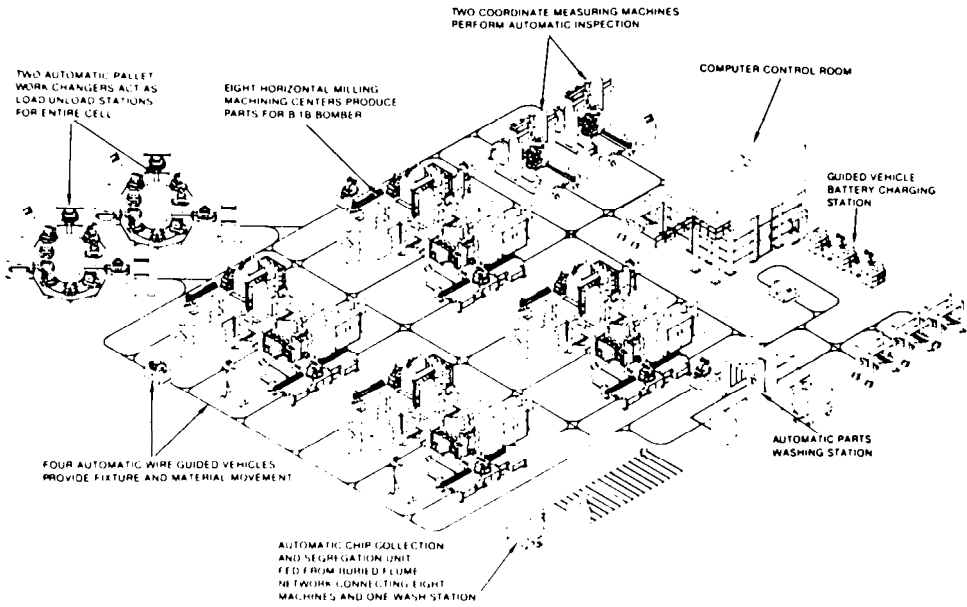
lor,memorii precum și capete de codificare sau citire.Se pot atașa de asemenea posturi de lucru pentru montaj manual sau automatizat.

Linia de montaj poate avea orice configurație (liniară sau de tip careu deschis și închis).Totodată linia de montaj poate funcționa cu sau fără tact impus.

Dimensiunile posibile ale paletelor port-dispozitiv sînt [104]:

- lățimea [mm] : 160 ; 240 ; 320 ;
- lungimea [mm] : 160 ; 240 ; 320 ; 400 .

In fig.4.17 se redă un exemplu de linie flexibilă de montaj, montaj careu.Sistemul este echipat cu un senzor care înregistrează numărul de treceri al paletelor.Locurile de muncă,posturile de lucru sînt realizate într-o variantă fără tact impus.Este cazul tipic al liniilor (benzilor) de montaj din industria de mecanică fină,electronică,electrotehnică sau fabricația de serie a aparate- lor.



Layout of the FMS at Meudon.

STUDIUL SI ANALIZA UNEI SARCINI DE PRODUCTIE
DIN CADRUL I.A.E.M. - TIMISOARA.

5.1. Obiectul analizei

Posibilitățile concrete de modernizare tehnologică prin flexibilizarea structurilor și/sau a proceselor tehnologice au fost examinate de autor în cadrul unei cercetări contractuale [36] cu Intreprinderea de Aparate Electrice de Măsurat din Timișoara.

Avînd în vedere caracterul producției de serie mică, mijlocie și mare, diversitatea pronunțată și incidența ridicată a fabricației repetitive, pe loturi, s-a constatat un potențial maxim de raționalizare în domeniul prelucrărilor mecanice ale șasiurilor de aparate.

Tinîndu-se cont de anumite priorități, cerințe ale pieței și experiența producătorului, s-a selecționat pentru studiu un eșantion compus din 11 repere de tip șasiu din fabricația curentă. Configurația geometrică a acestora reiese din fig.5.1. Familia de repere a fost astfel constituită încît să acopere toate aspectele de principiu constructiv-tehnologice ale majorității șasiurilor de aparate. Concluziile reieșite din analiza familiei pot fi generalizate apoi pentru oricare reper similar.

5.2. Scopul analizei

Pentru a putea deveni un instrument eficace în procesul de proiectare a sistemelor de fabricație, analiza efectuată a urmărit atingerea unor obiective cum ar fi :

- punerea în evidență, prin studiul "transparenței" sarcinii de producție, a tuturor identităților, asemănărilor și analogiilor constructive, tehnologice, tehnico-organizatorice etc. ;
- diagnosticarea tipului de fabricație căreia îi aparține sarcina de producție dată ;
- evidențierea univocă a caracteristicilor corelate tipului de organizare structurală a producției ;
- specificarea elementelor necesare proiectării unor sisteme (sau subsisteme) de producție noi, modernizate ;
- evaluarea eficienței și a riscurilor în decizii ;
- determinarea nivelului de complexitate și stabilitate a sarcinii în timp ;
- estimarea aptitudinii de economicitate în raport cu sarcina,

a diferitelor variante tehnico-organizatorice posibile, compatibile cu sarcina ;

- prognosticarea unui sistem de variante tehnologice și criteriilor de comparare a acestora în vederea luării unei decizii optime pentru fiecare caz particular al familiei de repere studiate.

5.3. Etapele și principalele constatări în cadrul analizei.

Procedînd la examinarea prin "transparentă" a familiei de repere menționate și centralizînd informațiile cuprinse în tab.nr.6, se pot face următoarele constatări de principiu :

a). complexitatea structurală și tehnologică (forme constructive și număr de procedee, operații necesare) este situată spre limita superioară a acesteia ;

b). seriile de fabricație situate în intervalul 3000-600.000 denotă caracterul diversificat al fabricației în cadrul grupeii de la seria mică (mijlocie) la seria mare ;

c). majoritatea reperelor (81,8%) prezintă identități de material (ATPSil2Fe). restul fiind confecționate dintr-un aliaj asemănător (ZnAl4T) ;

d). calitatea materialului (compoziția chimică, proprietățile fizico-mecanice), omogenitatea sub aspect gabaritic și configurațiile geometrice complexe dictate de structura și funcționalitatea aparatelor electrice de măsurat, admit drept procedeu optim de elaborare al semifabricatelor turnarea sub presiune ;

e). precizia semifabricatelor astfel obținute este teoretic ridicată, practic medie datorită unor cauze obiective cum ar fi : neomogenități de material ca urmare a retopirii tuturor rebuturilor , aderența de sculă a unor particule, imperfecțiunii (erori) proprii ale sculelor (matrițelor), calificarea turnătorului, maniera de transport și depozitare, calitatea relativ slabă a debavurării manuale, lipsa sablării, bavuri inadmisibil de mari ca urmare a neînchiderii perfecte a sculelor, fig.5.2, 5.3, 5.4 ;

f). volumele inscriptibile relativ mici (diag.24 - 215 mm) precum și masele proprii reduse (50 - 300 g) conferă o oarecare omogenitate sub aspectul gabaritelor și sarcinilor de manipulare ale subsistemelor logistice, dispozitive de prindere a semifabricatelor, prehensiune, manipulare etc.).

g). sub aspectul complexității în operații, domeniul cuprinde 10 pînă la 48 operații pe reper ; ponderea maximă o dețin reperele finalizate după 10-11 operații ; sub aspect calitativ însă, complexi-

tatea este redusă numărul maxim de operații distincte fiind 5 : frezări, strunjiri, burghieri, tarodări și control dimensional (fig. 5.5 - 5.9) ;

h). numărul maxim de prinderi (bazări) necesar finalizării prelucrării mecanice este de 2 (45 %) cca jumătate din numărul reperelor analizate necesitând numai o singură bazare ;

i). direcțiile de prelucrare prezintă omogenitate în sensul că sînt strict carteziene (X-Y-Z) cca. 36 % din repere necesitând prelucrări după o singură direcție, 36 % după două, iar restul după toate cele 3 ;

j). sub aspectul distribuției operațiilor pe repere se poate constata că 36,3 din repere necesită burghieri și tarodări, 27,2 % strunjiri, burghieri și tarodări, 27,2 % frezări, burghieri și tarodări, iar restul toate cele patru operații ; toate reperele necesită burghieri și tarodări, 45,6 % după o singură direcție, 27,2 % după două iar restul 27,2 % după 3 direcții ;

k). distribuția mărimilor (diametrelor orificiilor) prelucrărilor pe reperele analizate poate fi urmărită în tab.8 ; se constată că ponderea maximă o deține intervalul de prelucrare cuprins între $\emptyset 1,5 - \emptyset 3,5$ respectiv M2 - M4 ;

l). sub aspectul ponderii operațiilor în ansamblul general al tehnologiei, se remarcă o pondere de peste 70 % a burghierilor și tarodărilor ; frezările și strunjirile sînt relativ rare, motiv pentru care la ora actuală aceste operații se soluționează pe mașini universale dispozitivate adecvat-fig.5.5, 5.6 și 5.7. De asemenea găuririle și filetările se realizează tot pe mașini universale dispozitivate, deservite individual - fig.5.8 și 5.9. Această soluție atrage după sine o creștere a cheltuielilor de producție și o productivitate relativ scăzută a muncii.

5.4. Concluzii reieșite, direcții de raționalizare

Aspectele particulare ale eșantionului studiat coroborate cu informațiile furnizate de beneficiar privind tehnologia actuală de prelucrare mecanică a găsiurilor pentru aparate, permit decelarea următoarelor aspecte concluzionale și direcții posibile de acțiune ;

a). majoritatea operațiilor constau în prelucrări mecanice convenționale cu scule standardizate ;

b). extensia relativ redusă a domeniului puterilor de aşchiere specifice pe operații (max. 0,5 kW) face posibilă și necesară utilizarea unor unități tipizate de puteri mici adecvate (găurire și/sau filetare). Intrucît la ora actuală există deja astfel de uni-

tăți de fabricație indigenă (IMUAS - Baia Mare, I.M. Bistrița, ICSIT-Titan București etc.) beneficiarul are la dispoziție mai multe posibilități de soluționare. Totodată, s-au propus și alte variante de unități acționate prin arbori flexibili, realizabile prin autototare.

c). prelucrarea mecanică a șasiurilor de aparate este susceptibilă de modernizare tehnologică prin următoarele alternative posibile la îndemâna producătorului :

- prelucrarea șasiurilor pe mașini-agregate cu structură modularizată realizate cu unități de lucru tipizate indigene, fig.5.10, 5.15 ;

- prelucrarea în posturi flexibile de lucru, realizate cu unități tipizate indigene și deservire individuală - fig.5.16, 5.17;

- prelucrarea pe linii tehnologice automate cu structură flexibilă (serii foarte mari) ;

- prelucrarea în celule sau insule de fabricație concepute cu posturi de lucru deservite de manipulatoare flexibile ;

- prelucrarea pe agregate sau posturi concepute pe baza unor unități de lucru cu arbori flexibili (sau alte soluții) prin autototare etc.

d). dată fiind multitudinea variantelor posibile, selecția respectiv decizia optimă pentru fiecare caz în parte, nu poate fi decât multicriterială ;

e). criteriile de optimizare trebuie să țină cont cel puțin de următoarele aspecte : eficiența economică, precizia de prelucrare, capacitatea productivă, flexibilitatea, fiabilitatea, nivelul de economisire a energiei electrice etc.

× In anexa tezei sînt redată figurile 5.1 și tabelul
× × centralizator nr.8.

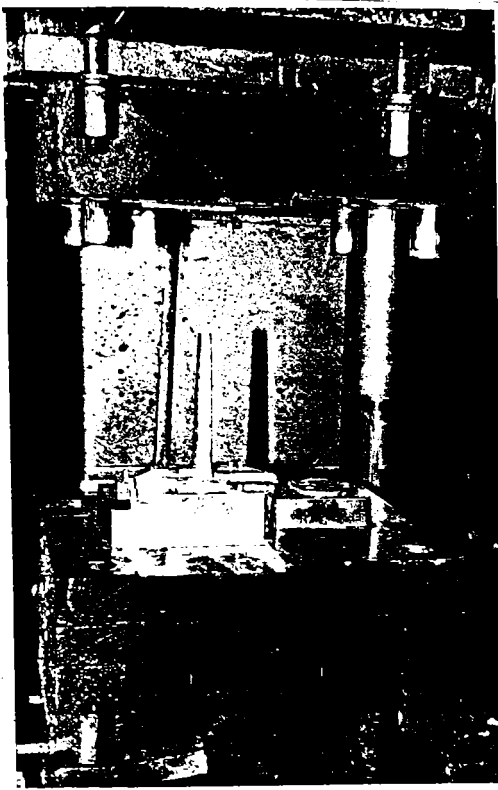


Fig. 5.2



Fig 5.3

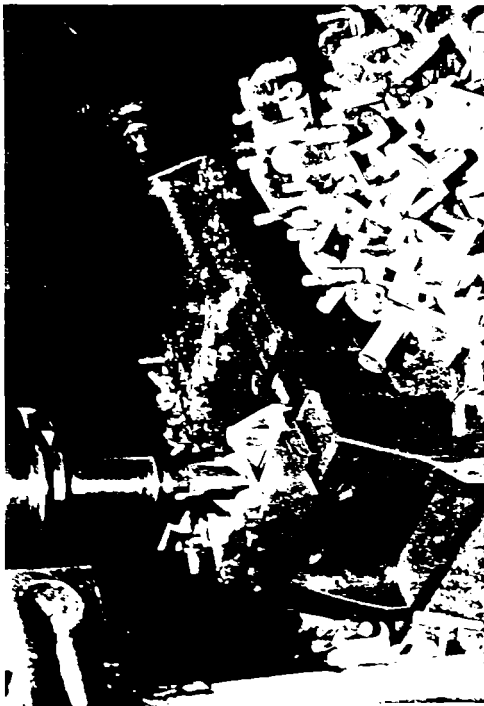


Fig.5.5



Fig.5.4

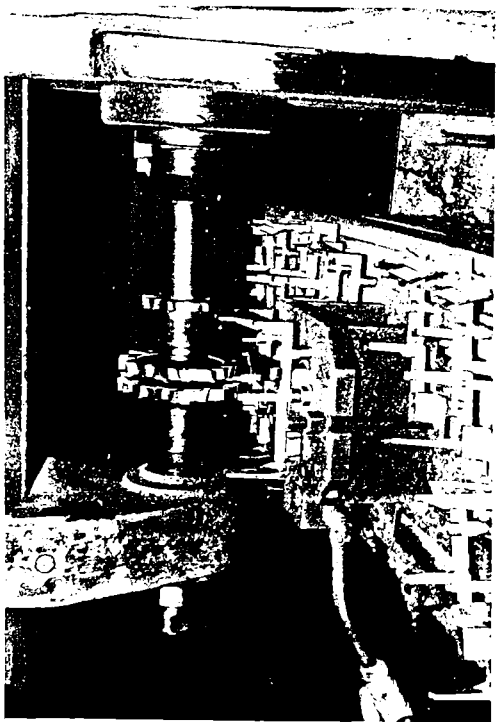


Fig.56

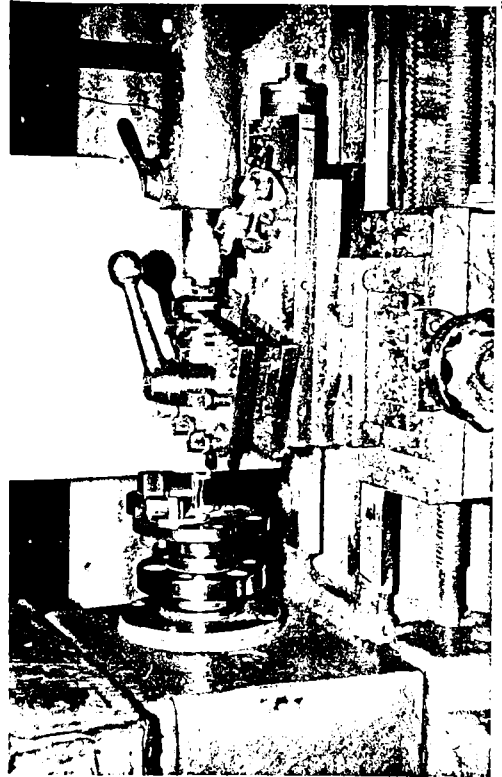


Fig.57



Fig.58



Fig.59

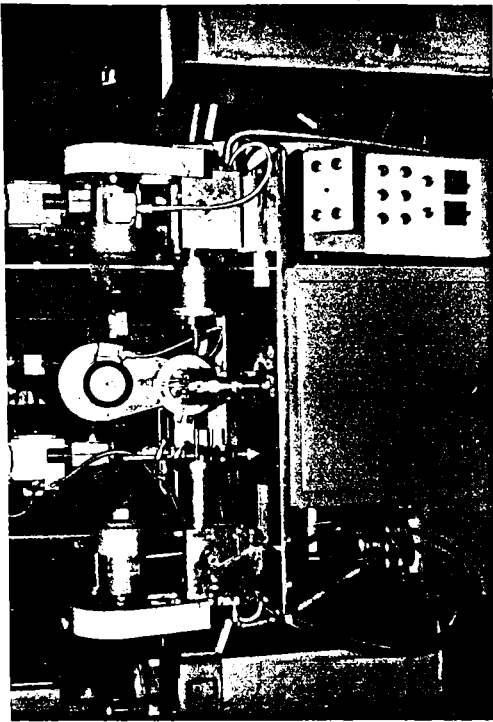


Fig. 5.10

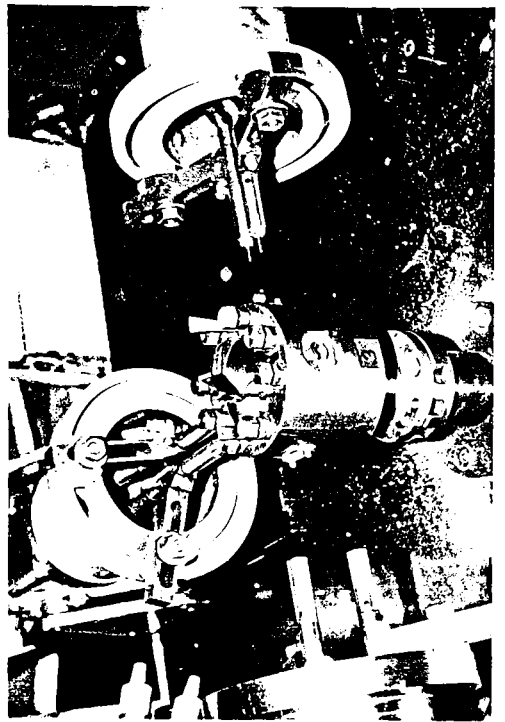


Fig. 5.11

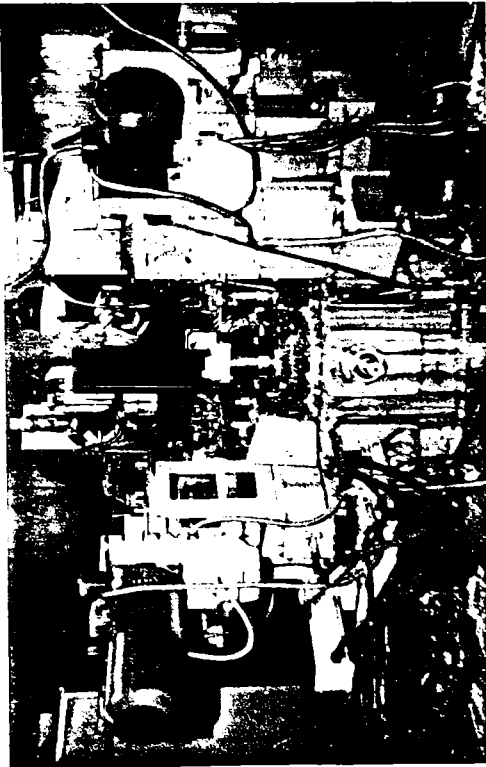


Fig 5.12

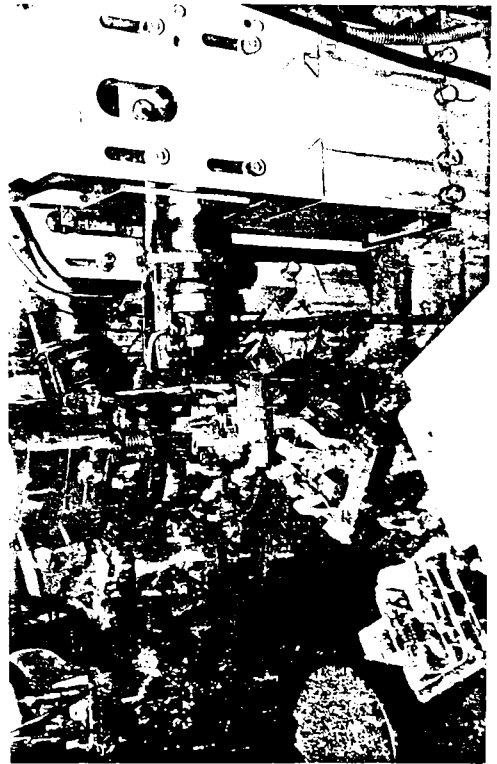


Fig. 5.13



Fig.5.14



Fig. 5.15

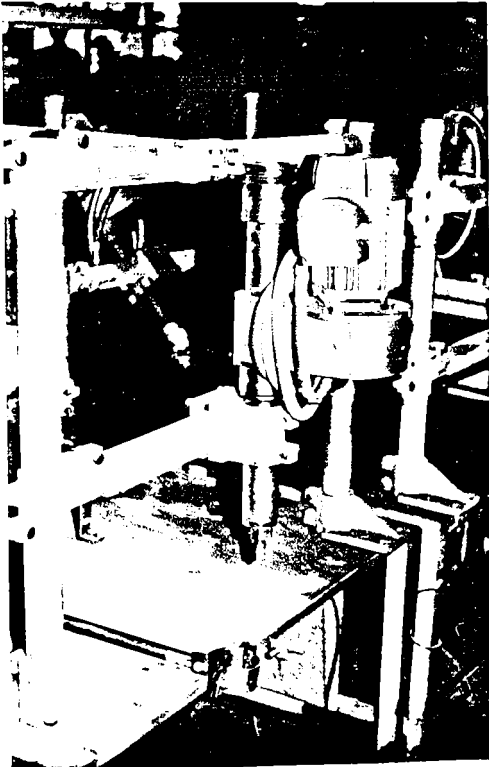


Fig.5.16

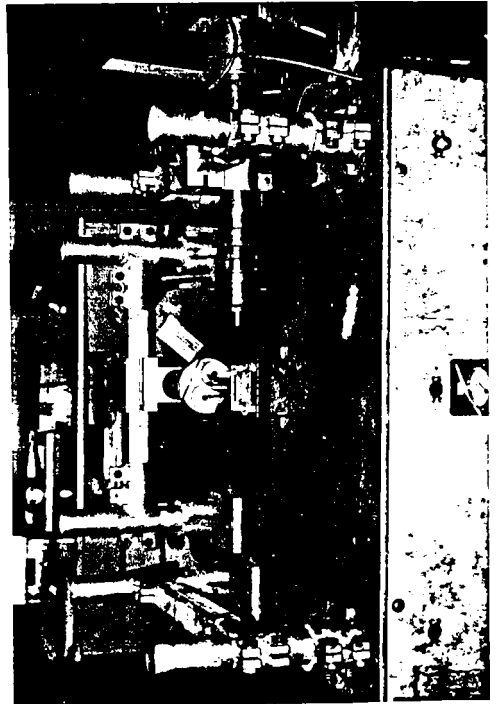


Fig. 5.17

Capitolul 6

STUDIUL, CERCETAREA SI PROIECTAREA PROCESULUI TEHNOLOGIC DE PRELUCRARE MECANICA A SASIURILOR PENTRU APARATE ELECTRICE DE MASURAT.

6.1. Unități de lucru tipizate existente.

O primă alternativă de soluționare a problemei prelucrării mecanice o constituie conceperea de mașini speciale de tipul agregatelor sau a posturilor de prelucrare pe principiul modularizat. Soluția a fost examinată de autor în lucrarea [36] și se bazează pe utilizarea unor unități de lucru realizate în țară. Primele unități realizate la IMUAS - Baia Mare sînt cele de găurire și tarodare de tip UEPB respectiv UEPT. Compunerea de principiu a unității UEPB constă în următoarele subansambluri funcționale - fig.6.1 :

- grup de antrenare motor-transmisie prin curele sincrone ;
- pinolă cu avans pneumatic ;
- bloc de comandă pneumatic ;
- bloc de control hidraulic al vitezei de avans ;
- broșe port-scule amovibile.

Caracteristicile tehnice principale ale unităților UEPB 5 și UEPB 10 recomandabile pentru sarcina de fabricație dată sînt :

	UEPB 5	UEPB 10
- Diametrul maxim de găurire [mm]	5	10
- Turația minimă a sculei $\left[\frac{\text{rot}}{\text{min}} \right]$	280	180
- Turația maximă a sculei $\left[\frac{\text{rot}}{\text{min}} \right]$	9000	4500
- Viteza de avans $\left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$	0,3-0,9	0,3 - 0,9
- Cursa de lucru [mm]	60	80
- Puterea motorului electric [kW]	0,37	0,55
- Masa netă [kg]	22	37

Pentru realizarea operațiilor de filetare s-au folosit unitățile de tarodare produse de aceeași întreprindere de tipurile UEPT 5 și UEPT 10. Compunerea acestor unități este similară cu cea a unităților de burghiere, cu mențiunea că au în plus, un inversor mecanic al sensului de rotație. Practica a demonstrat însă funcționarea defectuoasă a acestui inversor, motiv pentru care beneficiarul a recurs la modificarea principiului de inversare pe cale electrică [36] .

În vederea extinderii domeniului de prelucrare (nr.orificiilor) unitățile de lucru pot fi echipate cu capete multiaxe (2-4 axe) avînd distanțe între axe reglabile în intervalul 16-72 [mm].

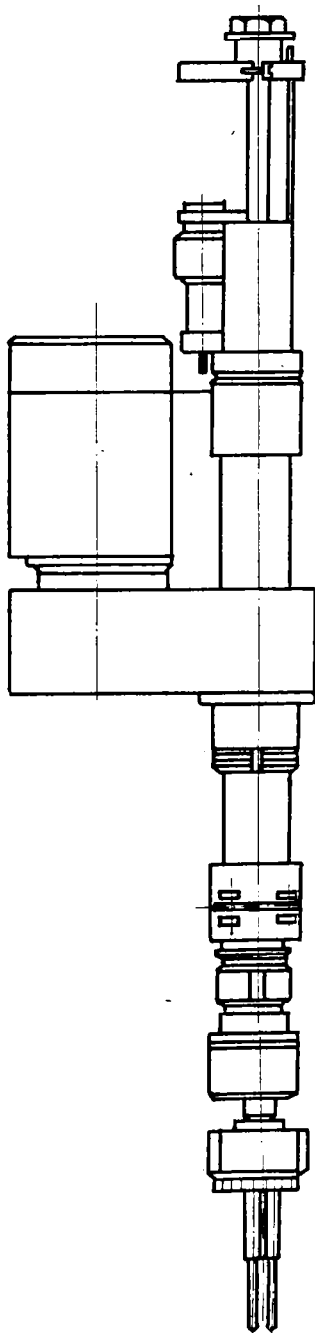


Fig.6.1

Principalele avantaje ale utilizării acestor tipuri de unități ar fi :

- posibilitățile sporite de amplasare în spațiu datorită sistemului flexibil, modularizat de asamblare pe coloane ;

- acoperirea domeniului sarcinii de fabricație cu maximum două tipodimensiuni ;

- posibilitatea concentrării operațiilor pe unitate prin utilizarea capetelor multiax ;

Concomitent însă, se pot semnaliza și unele dezavantaje :

- nivelul ridicat al vibrațiilor întreținute de structura puțin rigidă influențează precizia de prelucrare ;

- fiabilitatea scăzută a părții pneumatice care influențează considerabil capacitatea de producție de regim ;

- lipsa unor sisteme de reglare fină a poziției în spațiu a unităților de reglaj [36].

Seria unităților de lucru poate fi extinsă și asupra utilizării altor tipuri asimilate pe parcurs în țară. Este vorba despre unitățile pneumatice automate de găurit și filetat proiectate de ICSITMFS-București și asimilate în fabricație la Întreprinderea Mecanică Bistrița [36].

Unitățile pneumatice automate de găurit și unitățile pneumatice automate de filetat fac parte din grupa mașinilor care utilizează ener-

gia aerului comprimat în vederea realizării unor operații de găurire, respectiv filetare în cadrul unor agregate.

Unitățile pneumatice automate de găurit (fig.6.2) și filetat (fig.6.3) se utilizează în cadrul liniilor de transfer semi-automate simple, cât și în cele de mare complexitate, utilizând dispozitivele de găurit și filetat existente, plus o serie de dispozitive de prindere. Comenzile în cadrul unității plus niște circuite suplimentare de comandă fac ca agregatele realizate să devină complet automate.

Datorită flexibilității de adaptare a unităților, agregatele, de găurit și filetat pot fi demontate, iar unitățile componente pot fi refolosite pe alte agregate, dacă s-au schimbat cerințele producției.

Unitățile pneumatice automate de găurit și filetat își dovedesc superioritatea și din punct de vedere al economiei de timp în nenumărate aplicații industriale. Ele se pot utiliza individual sau în combinație cu orice număr de alte unități. Blocul de comandă al unităților este unic. Un semnal pneumatic pornește și comandă ciclul de găurire sau filetare. În timpul ciclului, se produce un alt semnal care, prin circuite adecvate, acționează alte unități, mese indexabile, dispozitive sau, prin semnalul de comandă (pilotare), poate produce semnalul de încheiere al ciclului.

Agregatele sînt construite în funcție de configurația piesei, numărul și poziția găurilor, ordinea operațiilor de găurire și filetare, natura găurilor (înfundate, în trepte, prin tuburi, pereți subțiri etc.).

Materialul pieselor de găurit poate fi oțel, aluminiu, aliaj de aluminiu, lemn.

Principalele subansamble componente ale unităților pneumatice automate de găurit sînt :

- blocul de comandă-distribuitor cu sistem de admisie a aerului în motorul pneumatic rotativ ;
- sistem-reglabil de limitare a cursei ;
- sistem de comandă-telecomandă ;
 - comandă mecanică
 - comandă manuală
- motor pneumatic rectiliniu ;
- motor pneumatic rotativ ;
- subansamble-reductoare planetare ;
- mandrină de găurit ;
- frînă hidraulică - pentru reglarea avansului.

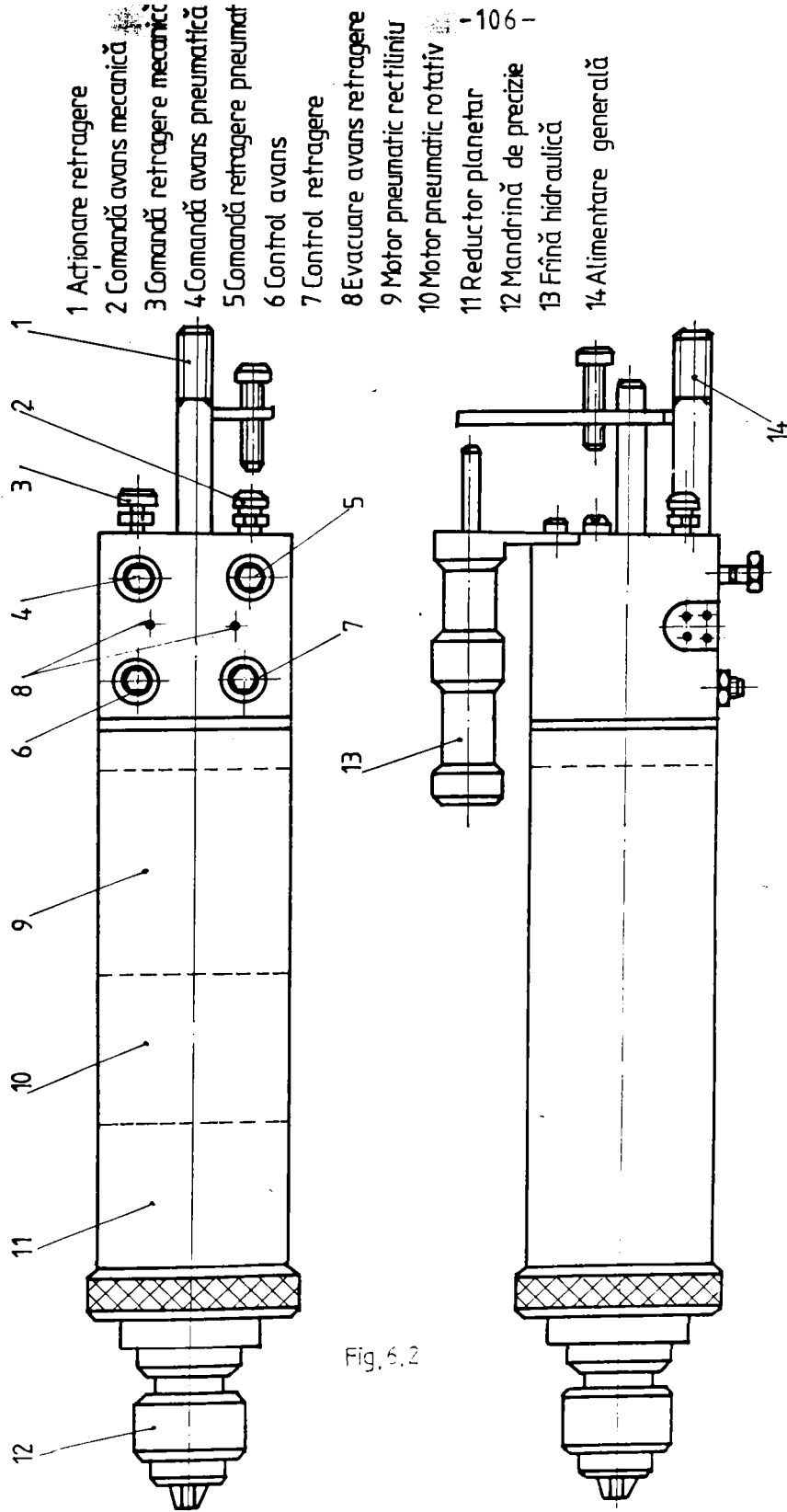
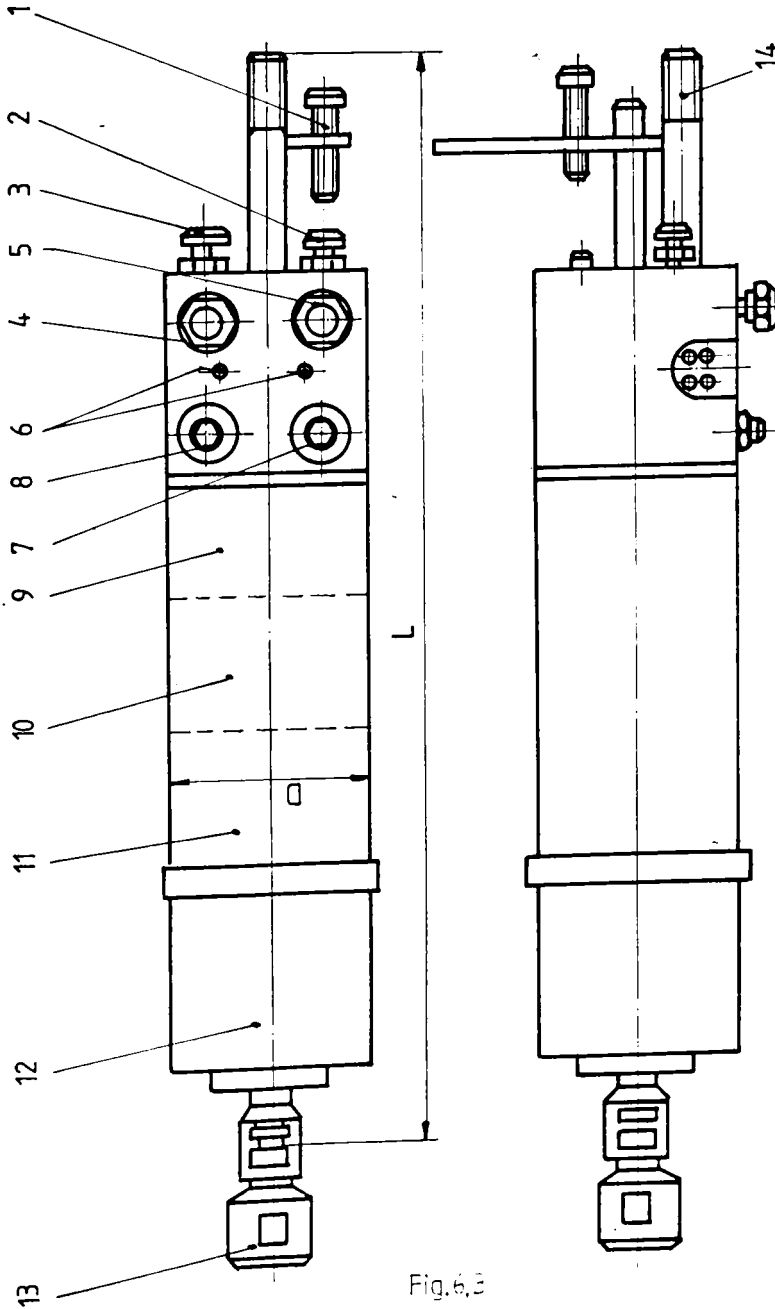


Fig. 6.2

UNITATE PNEUMATICĂ AUTOMATĂ DE GĂURIT



- | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------|
| 1. Acționare retragere | 5 Comandă retragere pneumatică | 9 Motor pneumatic rectiliniu | 13 Mandrină |
| 2. Comandă retragere mecanică | 6 Evacuare avans retragere | 10 Motor pneumatic rotativ | 14 Alimentare generală |
| 3 Comandă avans manuală | 7 Control retragere | 11 Reductor planetar | |
| 4 Comandă avans pneumatică | 8 Control avans | 12 Inversor planetar | |

UNITATE PNEUMATICĂ AUTOMATĂ DE FILETAT

Fig. 6,3

Unitățile pneumatice automate de filetat se compun din aceleași subansamble, cu deosebirea că posedă în plus :

- subansamblul inversor planetar ;
- mandrină de filetat.

Unitățile pneumatice automate de găurit au următoarele caracteristici tehnice :

Tabelul 7

Nr. crt.	Cod	Capacitatea de găurire în oțel D (mm)	Forța de avans (N)	Pute-rea (CP)	Cursa max. de avans (mm)	Lungimea de reglare a avansului (mm) (Cursa frinei)	Turația (rot/min)	Consum de aer (m ³ /min)	Greutatea (kg)
1.	UPG5-12000	1					12000		
2.	UPG5-3800	4					3800		
3.	UPG5-2800	5,5	840	0,5	70	20/40	2800	0,8	4,5-5
4.	UPG5-1500	7					1500		
5.	UPG5- 850	8					850		
6.	UPG8-2800	6					2500		
7.	UPG8-1600	8					1600		
8.	UPG8- 950	9	1400	0,8	80	20/40	950	1,1	8-8,5
9.	UPG8- 550	10					550		
10.	UPG8- 350	12					350		

Caracteristicile tehnice sînt date la $P_{max} = 6,3$ bar.

Unitățile pneumatice automate de filetat au următoarele caracteristici :

Tabelul 8

Nr. crt.	Cod	Capacitatea de filetare în oțel (mm)	Pute-rea (CP)	Cursa max. de avans (mm)	Turația (rot/min)	Consum de aer (m ³ /min)	Greutatea (kg)
1.	UPF5-600	M6	0,5	722	600	0,8	4,8-5,3
2.	UPF5-350	M8			350		
3.	UPF8-550	M8	0,8	100	550	1,1	11,5-12
4.	UPF8-250	M10			250		

Caracteristicile tehnice sînt date la $P_{max} = 6,3$ bar.

Prețul informativ pentru unitățile pneumatice de găurit este cuprins între valorile 7500-12000 lei, în funcție de tipul unității. Pentru unitățile automate de filetat, prețul variază între valorile 9500-14000 lei, în funcție de tipul unității [36].

Alături de unitățile de lucru propriu-zise, mai sus menționate, în compunerea mașinilor agregate sau a liniilor tehnologice mai intră și alte tipuri de tipizate: mese rotative indexate, batiuri, montanți, coloane, aparataj hidraulic și/sau pneumatic de comandă, tipizate electrice etc. cuprinse în nomenclatorul ICSIT-Titan București, ICSITMFS București precum și al unităților economice afiliate acestora.

6.2. Studiul, cercetarea și proiectarea unor unități de lucru antrenate cu arbori flexibili [36].

6.2.1. Proiectarea unității de găurire-filetare

Având în vedere unele deficiențe ale utilizării unităților tipizate, anterior menționate, și ținând cont de consumurile de aer comprimat relativ ridicate ale unităților pneumatice ($0,8 - 1,1 \frac{\text{Nm}}{\text{min}}$), beneficiarul potențial a solicitat proiectarea unor unități electromecanice care să elimine neajunsurile prezentate.

În acest scop, a fost concepută și proiectată o unitate de găurire antrenată prin intermediul unei transmisii mecanice cu arbori flexibili de fabricație indigenă (I.O.R.-București) utilizați în aparatura de tehnică dentară [36]. În cadrul cercetării s-a confirmat corelarea parametrilor cinetostatici ($n_{\text{max}} = 15.000 \text{ rot/min}$; $M_{\text{tmax}} = 2 \text{ [da Ncm]}$) ai arborelui flexibil cu cerințele regimurilor de aşchiere aferente prelucrării familiei de şasiuri.

Concepția constructivă și funcțională a unității proiectate poate fi urmărită în fig.6.4.

Unitatea primește mișcarea de rotație la arborele 2 prin intermediul unei transmisii cu arbore flexibil 1. Acesta o transferă mandrinei 5 prin intermediul unui reductor cicloidal (planetar) 3 care, datorită unui raport de transmitere total $i = 5,09$, asigură reducerea turației înalte a arborelui flexibil concomitent cu amplificarea momentului de torsiune. Avansul liniar se realizează pneumatic prin intermediul cilindrului 6. Controlul (reglarea) vitezei de avans se realizează cu ajutorul microregulatorului de viteză hidraulic 11. Unitatea poate ocupa diferite poziții în spațiu prin montarea corespunzătoare pe montantul 20. Acesta, poate realiza mișcări de reglaj ($\pm T_y$; $\pm T_z$; $\pm R_z$) pentru reglarea fină a po-

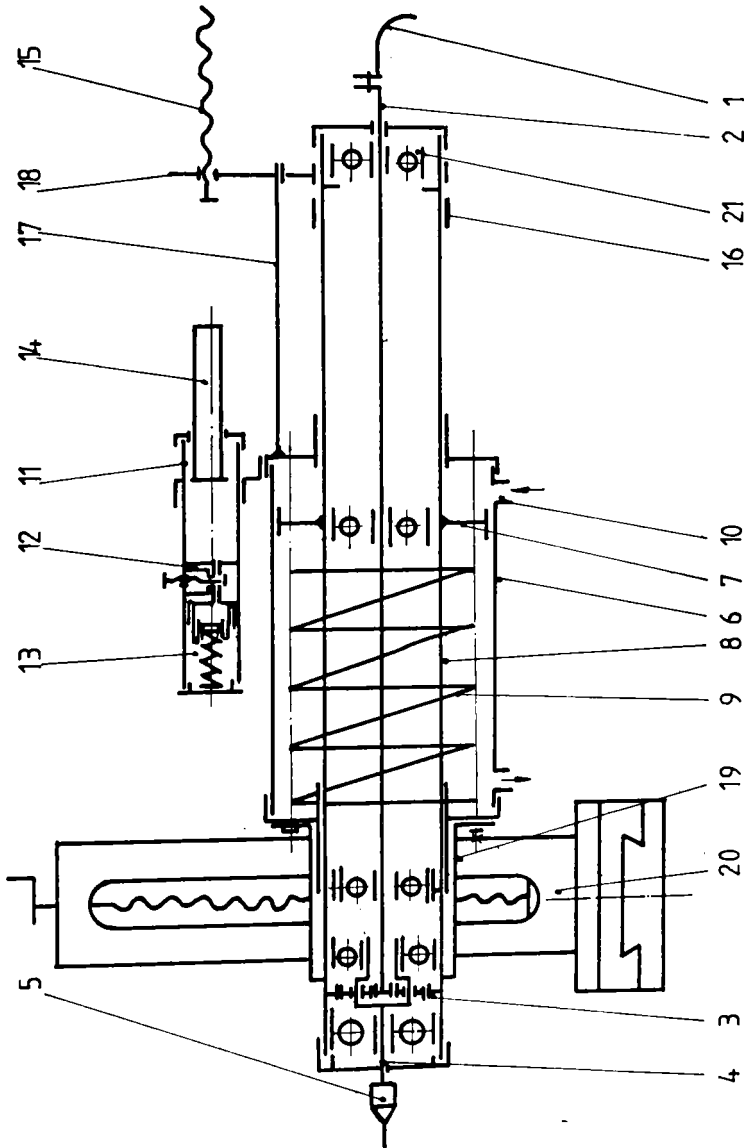
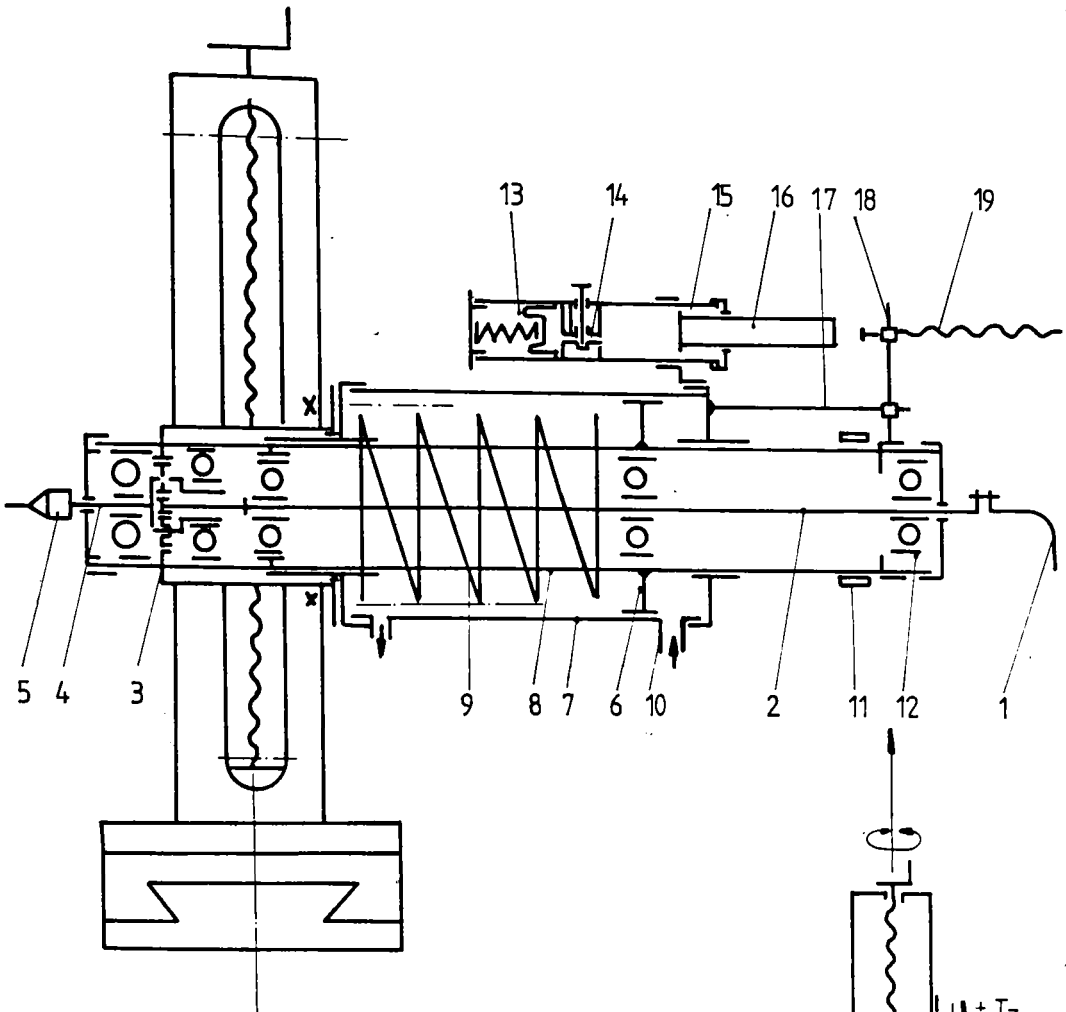


Fig.6.4 a

ziției sculelor în raport cu semifabricatele (fig.6.4,b).

Principalele caracteristici tehnice ale unității sînt :

- | | | |
|---|----------|----------------|
| - diametrul maxim de găurire | [mm] | 6 (oțel) |
| - viteza unghiulară maximă | s^{-1} | 800 |
| - domeniul vitezelor de avans | [mm/s] | max.10 |
| - raport de transmitere reductor planetar | - | 5,09 |
| - masa netă | [kg] | 10 |
| - dimensiuni de gabarit | [mm] | 75 x 130 x 800 |



CARACTERISTICI TEHNICE :

- Diametrul maxim al găurii prelucrate $\phi_{max} = 6\text{mm}$ în oțel
- Turația max. de antrenare _ _ _ _ _ 8000 rot/min
- Viteza de avans tehnologic _ _ _ _ _ min: 0mm/s
max: 10mm/s
- Raportul de transmitere _ _ _ _ _ 5 ; 0,9
reductor planetar
- Masa netă _ _ _ _ _ cca : 8 [Kg]
- Dimensiuni de gabarit _ _ _ _ _ 75x130x60 [mm]
BxHxL max.

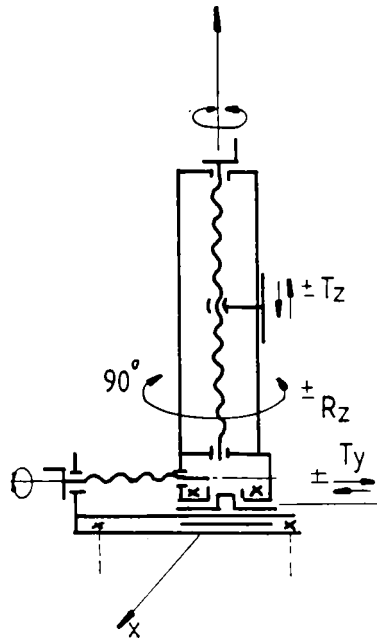


Fig. 64 b

Unitatea astfel concepută a fost proiectată în faza de execuție și înregistrată ca inovație de către autor [33]. Unele subansambluri componente au fost testate în laboratorul Catedrei de Organe de mașini și mecanisme a Facultății de mecanică (reductorul planetar, transmisia cu arbore flexibil, mandrină de găurire acționată cu arbore flexibil) - fig.6.5. Problema centrală în cazul arborilor flexibili este fiabilitatea (durata de viață) a acestora. Programul de cercetare al autorului vizează și urmărirea comportării arborilor flexibili în diferite regimuri de lucru simulate pe un stand de încercări.

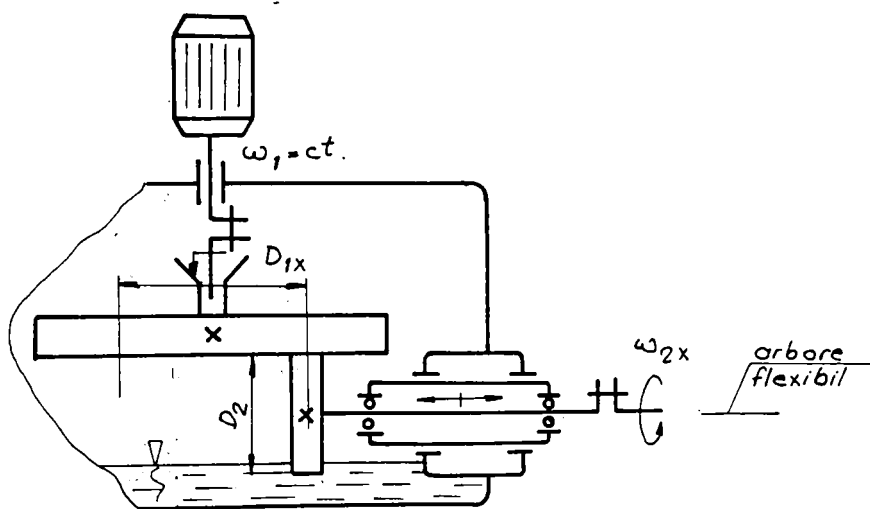


Fig.6.5

6.2.2. Proiectarea modulului de antrenare cu 3-6 prize de putere pentru agregate cu arbori flexibili [36].

În vederea integrării unităților de găurire în agregate sau posturi de lucru flexibile s-au conceput module de antrenare a arborilor flexibili. Acestea, în general, preiau mișcarea de la un motor electric asincron trifazat de uz general (fig.6.5 și fig.6.6) și o transmit apoi arborilor flexibili printr-o transmisie cu raport de transmitere variabil. S-au conceput două alternative distincte: una cu 3 prize de mișcare de tip variator frontal cu roți de fricțiune și reglarea continuă a vitezei unghiulare la ieșire (fig.6.5), iar cealaltă cu max.6 prize de putere (mișcare) realizată cu roți de fricțiune pe principiul cutiilor de avansuri (Norton) (fig.6.6). Ambele module permit cuplarea aceluiași tip de arbore flexibil prin dispozitive de cuplare rapidă. Modulele astfel concepute au fost proiectate și în-

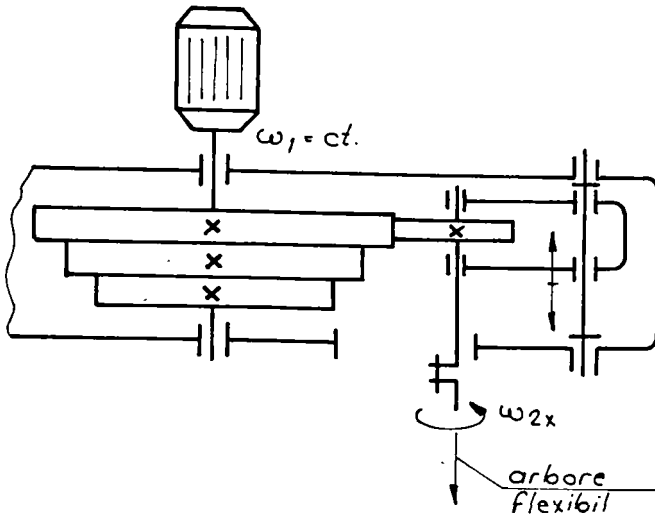


Fig.6.6

registrate ca inovații de către autor [32]. Subansamblurile cu roți de fricțiune din ambele variante constructive au fost testate individual în laboratorul de "transmisii mecanice" al Catedrei de Organe de mașini și mecanisme a Facultății de mecanică.

Principalele caracteristici tehnice ale modulelor de antrenare sînt următoarele :

- | | |
|---|---------------------------|
| - tipul motorului electric : | asincron trifazat |
| - puterea motorului electric [kW] ; | 0,37 |
| - turația motorului electric $\left[\frac{\text{rot}}{\text{min}}\right]$: | 3000 |
| - numărul prizelor de cuplare [-] | 3-6 |
| - turația de ieșire a prizei $\left[\frac{\text{rot}}{\text{min}}\right]$: | |
| - minimă | 6000 |
| - maximă | 10000 |
| - capacitatea de reglare a turațiilor : | continuu
sau în trepte |

6.2.3. Mașină agregat de găurire cu structură flexibilă [36].

Unitățile de lucru anterior prezentate vor intra în compunerea unor mașini agregate cu 3-5 posturi de găurire avînd structura adaptabilă funcție de necesitățile impuse de tehnologia reperului prelucrat.

Utilizarea agregatelor similare în cazul unei producții de serie diversificate este însoțită de următoarele dezavantaje principale :

- robustețea și, ca atare, consumul ridicat de metal pe unitatea de produs sau de putere, în cazul unităților de lucru acționate electromecanic ;

- randamentul energetic scăzut în cazul folosirii unităților de lucru pneumatice (turbine pneumatice) ;

- consumul ridicat de aer comprimat de ordinul 3-5 m/min la o mașină conduce la necesitatea unor baterii de compresoare de mare capacitate, nejustificate energetic și economic pentru majoritatea beneficiarilor potențiali ;

- readaptarea relativ greoaie pentru alte sarcini de producție, caracterizată prin timpi de reechipare ridicați și costuri importante ;

- gradul de refolosire al elementelor componente ale mașinilor, mediu de cca.40-60 % etc.

Construcția și funcționarea unui agregat construit cu unități acționate prin arbori flexibili poate fi urmărită în fig.6.7. Pe o placă suport (1) se amplasează elementele componente ale agregatului funcție de tehnologia impusă de reper. Principial aceste elemente pot fi : panoul de comandă electric (2), montanții (3) ai unităților de găurire (4), elemente și coloane de susținere (5), (7), (8) ale grupului de antrenare (6) precum și dispozitivul de prindere (9) al semifabricatului. Mișcarea de rotație a burghiilor este transferată de la un motor electric prin intermediul grupului de antrenare la unități cu ajutorul arborilor flexibili (10). Aceștia asigură o manevrabilitate ridicată și o multitudine de poziții de lucru ale unităților de găurire, fapt ce conferă structurii o flexibilitate ridicată de adaptare la necesitățile diverse precum și o refolosire integrală a componentelor.

În raport cu multitudinea posibilităților de acțiune aflate la îndemâna beneficiarului pus în fața sarcinii de producție analizate, soluția de mai sus prezintă unele elemente de noutate care constituie totodată și avantaje :

a). utilizarea unor unități de găurire de construcție simplă, fiabilă, cu posibilități sporite de reglare a poziției în spațiu, care nu împletează asupra rigidității ansamblului și deci implicit și asupra preciziei de prelucrare ;

b). utilizarea, pentru realizarea mișcării de rotație (principale) a sculei, a unui motovariator cu roți de fricțiune cilindro-frontal-amplificator de turație și reducător de cuplu cu prize multiple de mișcare ce se pot cupla opțional ;

c). utilizarea unui sistem de prindere simplu, rigid cu elemente

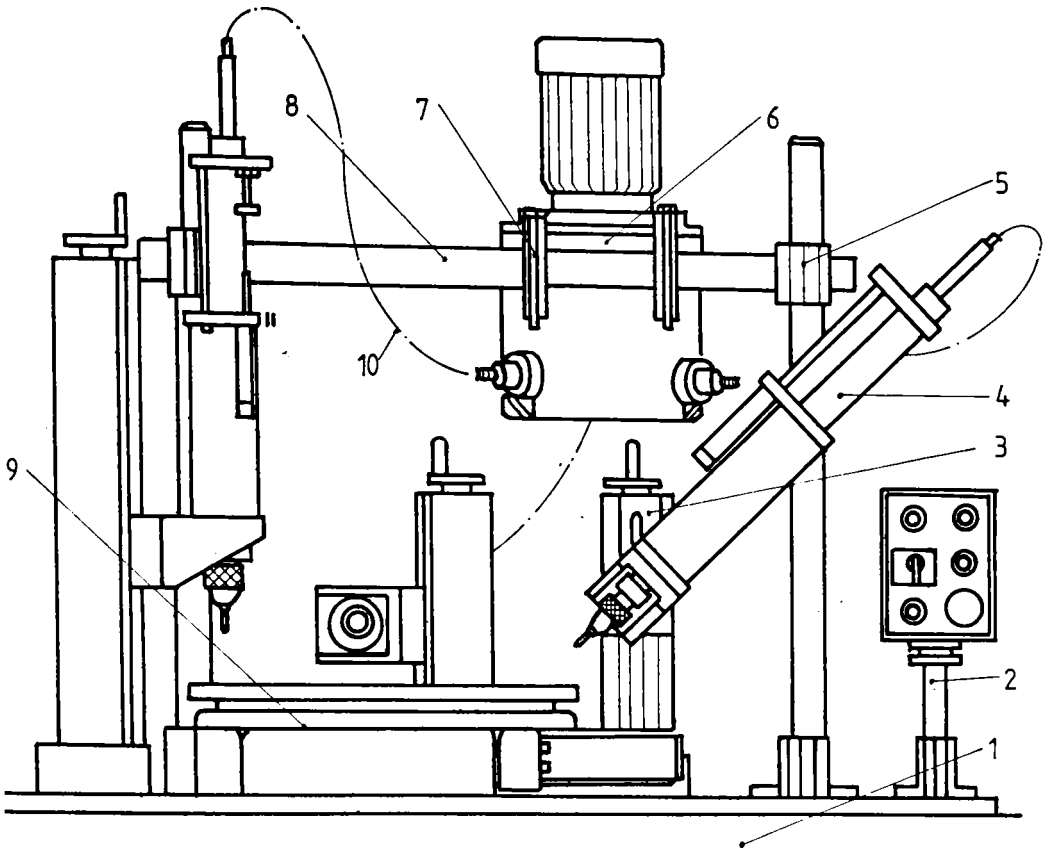


Fig.6.7

de amortizare a vibrațiilor încorporate și posedând o mare flexibilitate de adaptare spațială (sistemul Philips) [111] ;

d). utilizarea judicioasă a aerului comprimat (numai pentru mișcarea de avans liniar) și, de aici, consumul foarte redus comparativ cu al altor unități similare (motoare pneumatice rotative) ;

e). folosirea acționării electromecanice pentru mișcarea principală de așchiere, cu randament energetic bun (peste 0,75) și având o fiabilitate foarte ridicată ;

f). adaptabilitatea și capacitatea de reutilizare foarte ridicate în cazul schimbării semifabricatelor și, implicit, a tehnologiei de găurire ;

g). permite modernizarea echipamentului și a proceselor tehnologice de prelucrare mecanică în sensul creșterii flexibilității acestora concomitent cu obținerea unor efecte economice importante.

Elementele componente încorporate în structura concepută după modelul anterior prezentat au fost puse la dispoziția beneficiarului în baza unui contract de cercetare științifică [36].

6.3. Studiul, cercetarea și proiectarea unui sistem logistic flexibil destinat deservirii automatizate a posturilor de lucru.

În conformitate cu concluziile reieșite din literatura de specialitate, un potențial foarte ridicat de flexibilizare rezidă în subsistemele logistice aferente subsistemelor de prelucrare. În multe cazuri, timpii auxiliari de deservire a posturilor de lucru măresc considerabil durata totală a ciclului de prelucrare și micșorează sensibil capacitatea de producție.

Pentru deservirea agregatelor sau posturilor flexibile de prelucrare s-a conceput și proiectat un sistem logistic de transfer al semifabricatelor cu flexibilitate mărită [36].

Schema de principiu a sistemului logistic conceput poate fi urmărită în fig. 6.8 a și b. Sistemul a fost astfel conceput încât să permită adaptarea rapidă în cazul unor tehnologii flexibile din domeniul prelucrării mecanice a șasiurilor de aparate electrice de măsurat. După cum reiese și din figură, sistemul conține două subsisteme: subsistemul manipulator pentru dispozitivele însoțitoare (port semifabricat) respectiv subsistemul de transfer (transport) al paletelor port dispozitiv. (Anexele A3-A4)

Principalele caracteristici tehnice ale subsistemului manipulator conceput sînt:

- Sarcina maximă manipulată [N] 30
 - Cursele de deplasare [mm]:
 - pe axa X 4750
 - pe axa Y (micropoziționare) 150
 - pe axa Z 300
 - Viteza de deplasare (toate direcțiile) [$\frac{m}{sec}$] 0,26
 - Tipul și poziția obiectelor manipulate cilindric, verticală
 - Diametrul maxim de prehensiune [mm] 40
 - Puterea instalată totală [kW] 2,1
 - Precizia de poziționare [mm] ± 0,2
 - Dimensiuni de gabarit [mm] 10680 x 1400 x 2850
 - Regimul de lucru automat
- (comandă prin procesor)

Pentru subsistemul transportor cu lanț se pot menționa următoarele caracteristici:

- Puterea motorului electric de antrenare [kW] 3,5
- Viteza unghiulară a motorului electric [s^{-1}] 150

- Raportor mediu de transmitere al variatorului [-] 1
- Gama de reglare a variatorului [-] 6
- Raportul de transmitere al reductorului melcat [-] 22
- Viteza de avans liniar a lanțului $\left[\frac{m}{sec}\right]$ 0,2 - 1,2
- Dimensiuni paletă [mm] 300 x 500
- Regim de lucru automat
- Elemente de inițiere a ciclurilor : senzori de proximitate

6.4. Studiul, cercetarea și proiectarea unor variante tehnologice flexibile modernizate pentru sarcina de producție a I.A.E.M. Timișoara [36].

Pentru cazul de fabricație propus spre analiză de către beneficiarul potențial, s-au studiat mai multe variante tehnologice posibile și aflate la îndemâna acestuia fără eforturi deosebite (importuri, investiții capitale etc.). Soluțiile vizează tehnologii cu caracter de serie mică și mijlocie cu dotări bazate fie pe unități de lucru indigene achiziționate sau achiziționabile fie pe autodoțări [36].

Bazat pe concluziile reieșite din analiza sarcinii de fabricație efectuată în cap.5 al lucrării, s-au propus următoarele variante tehnologice pentru uzinarea șasiurilor de aparate :

- tehnologia de prelucrare pe mașini agregate construite cu unități tipizate indigene (V_1) ;
- tehnologia de prelucrare pe mașini agregate construite cu unități acționate prin arbori (V_2) ;
- tehnologia de prelucrare în posturi de lucru flexibile de servite individual fără transferul mecanizat al semifabricatelor (V_3) ;
- tehnologia de prelucrare pe linii tehnologice flexibile de transfer (cu sisteme logistice automatizate) (V_4).

Pentru toate variantele analizate s-au efectuat următoarele determinări analitice : stabilirea itinerariilor tehnologice pe principiul concentrării maxime a operațiilor în vederea asigurării unei capacități ridicate de producție și a unui indice de încărcare ridicat al unităților ; calculul regimurilor de așchiere optime, calculul timpilor de prelucrare, transfer și totali, în vederea determinării capacității de producție de regim, calculul puterii instalate și a consumului energetic specific (pe reper ; calculul consumului specific de aer comprimat ; determinarea cheltuielilor tehnologice specifice ; estimarea suprafeței utile ocupate de ma-

șini. Toate aceste determinări au fost făcute pentru fiecare reper al familiei luate în studiu. Concluziile, împreună cu schemele de prelucrare au fost redată în fig. 6.9 (Anexele A5 - A40).

6.5. Algoritm, ordinogramă și program în limbaj BASIC pentru proiectare tehnologică asistată de calculator a procesului tehnologic de găurire pe mașini agregat cu structură flexibilă.

Având în vedere existența unui volum destul de ridicat al operațiilor de rutină (calcul de regimuri de așchiere, norme de timp, calcul energetic, economice etc.) precum și necesitatea apelării frecvente a unor date memorate în literatură, s-a conceput un program pentru simplificarea și scurtarea pregătirii tehnologice în cazul fabricației flexibile.

Astfel în cazul modificării unui reper din sarcina de producție, se impune consumarea unui timp esențial pentru reechiparea sistemelor de lucru. Scurtarea acestui timp conduce la creșterea nivelului de flexibilitate.

Programul conceput conduce la scurtarea esențială a timpului de consumat de tehnologi în astfel de situații, și realizează următoarele :

- alegerea timpului optim al lichidului de răcire ungere ;
- calculul regimurilor optime de așchiere pentru găurire și lărgire ;
- calculul consumului energetic pe operație ;
- determinarea timpului de bază.

Programul a fost realizat în conformitate cu metodologia tabulară propusă de firma vest-germană de scule așchietoare STOCK.

Datele inițiale ale programului sînt : tipul materialului (m_1); numărul orificiilor de prelucrat (t_1) ; numărul orificiilor de un anumit tip (g_1) ; diametrul găurii (d_1) ; diametrul burghiului (d_2); lungimea de prelucrat (l_1). Datele de ieșire sînt : tipul burghiului (cod DIN) ; tipul lichidului de răcire-ungere ; avansul (s_1) ; turația (n_1) ; limitele vitezei de așchiere (v_1-v_4) ; viteza de așchiere economică teoretică (v_3) ; momentul de torsiune (m_6) ; timpul de bază (tb_1) ; consumul energetic (w_2) ; timpul total de prelucrare (tt_1) ; consumul energetic total (w_1).

În figura 6.4c este redată ordinograma logică iar apoi în continuare "listingul" programului întocmit pentru calculatorul SPECTRUM. (Anexele A41 - A50).

ANALIZA COMPARATIVA A VARIANTELOR TEHNOLOGICE STUDIATE

7.1. Prezentarea generală a metodei de analiză

În cadrul lucrării s-a apelat la o metodologie consacrată din teoria deciziilor [16]. În acest sens s-a efectuat o analiză comparativă folosind una dintre metodele de decizie multiatribut din literatura de specialitate comentate de autor în cap.3.1.5. În vederea aplicării în bune condițiuni a metodei și a eliminării la maximum a gradului de subiectivism al acestora s-a recurs la consultarea largă a specialiștilor în domeniul respectiv. Părerile acestora, exprimate prin intermediul unor tehnici de sondare a opiniei consacrate (matricea importanței relative), au fost prelucrate statistic și introduse în algoritmul conceput. Totodată se face precizarea că algoritmul, pus la punct sub formă literală, generală, permite oricând modificarea valorilor numerice ale unor parametri de intrare, funcție de punctele de vedere particulare ale decidentului utilizator.

Metodologia utilizată de autor se bazează pe următoarea succesiune de secvențe :

- stabilirea mulțimii finite a variantelor tehnologice raționale pentru sarcina de producție dată ;
- stabilirea criteriilor (atributelor) de evaluare a variantelor tehnologice ;
- sondarea opiniei grupului de specialiști în vederea ponderării judicioase a criteriilor ;
- construirea modelului matematic (algoritmul) ;
- transpunerea algoritmului sub forma schemei logice și transcrierea în limbaj BASIC ;
- selectarea, cu ajutorul calculatorului electronic a variantei optime.

7.2. Criterii (atribute) cardinale de evaluare a variantelor tehnologice flexibile.

Criteriile cardinale propuse de autor în vederea comparării și deciziei asupra variantei tehnologice optime sînt după cum urmează :

- precizia de prelucrare realizabilă prin varianta tehnologică;
- capacitatea de producție ;
- flexibilitatea ;
- nivelul ergonomic ;
- fiabilitatea ;

- mentenabilitatea ;
- consumul de energie specific ;
- eficiența economică.

Precizia de prelucrare reprezintă gradul de corespondență [54], concordanță dintre precizia efectivă rezultată din procesul tehnologic de prelucrare dimensională a piesei și cea prescrisă pe desenul de execuție. Precizia de prelucrare va fi cu atât mai mare cu cât gradul de corespondență va fi mai mare.

Din acest motiv se poate considera că diferențele dintre precizia efectivă și cea prescrisă a piesei constituie erorile de prelucrare. Cu cât erorile de prelucrare sînt mai mici cu atât precizia de prelucrare este mai mare.

Principalii factori care influențează precizia de prelucrare sînt redați în literatura de specialitate și abordați individual [54].

Indicele preciziei de prelucrare poate fi definit analitic pe baza celor de mai sus, prin relația :

$$P_{p_j} = 1 - \frac{\varepsilon_{T_j}}{\delta_T} [-] \in [0,1] \quad \text{și} \quad \varepsilon_{T_j} \leq \delta_T \quad (54)$$

unde :

- ε_{T_j} - eroarea totală de prelucrare a variantei tehnologice j [mm] ;
- δ_T - cîmpul de toleranță mediu prescris al piesei [mm] .

Eroarea totală de prelucrare ε_T este o funcție exprimată în general prin :

$$\varepsilon_T = F(\varepsilon_f^{sf}, \varepsilon_b, \varepsilon_f, \varepsilon_f^{mu}, \varepsilon_s, \varepsilon_s^u, \varepsilon_R, \varepsilon_r, \varepsilon_{mu}^t, \varepsilon_{sf}^t, \varepsilon_s^t, \varepsilon_v) \quad (55)$$

unde :

- ε_f^{sf} - eroarea de formă geometrică a semifabricatului [mm] ;
- ε_b - eroarea de bazare în dispozitivul de lucru [mm] ;
- ε_f - eroarea de fixare (instalare) în dispozitiv [mm] ;
- ε_f^{mu} - eroarea de formă geometrică datorată impreciziei mașinii unelte [mm] ;
- ε_s - eroarea dimensională datorită uzurii sculei [mm] ;
- ε_R - eroarea totală datorită rigidității STE [mm] ;
- ε_r - eroarea de reglare a sculei [mm] ;
- ε_{mu}^t - eroarea datorită deformațiilor termice ale MU [mm] ;
- ε_{sf}^t - eroarea datorită deformațiilor termice ale semifabricatului [mm] ;

- ε_s^t - eroarea datorită deformațiilor termice ale sculei așchietoare [mm] ;
 ε_v - eroarea de prelucrare datorită vibrațiilor STE [mm] .

Deoarece erorile prezentate mai înainte sînt sistematice sau întîmplătoare, iar unele situații concrete le pot schimba caracterul sau le pot anula, determinarea erorii totale de prelucrare se face prin însumare statistică, respectiv :

$$\varepsilon_T = \sqrt{\sum_{k=1}^n (\lambda_k \varepsilon_k)^2 + \sum_{j=1}^m \varepsilon_{sj}} \quad [\text{mm}] \quad (56)$$

- ε_k - erori întîmplătoare [mm] ;
 λ_k - abaterea medie pătratică a erorii întîmplătoare respective [-] ;
 n - numărul erorilor întîmplătoare [-] ;
 ε_{sj} - erori sistematice [mm] ;
 m - numărul erorilor sistematice [-] .

Capacitatea de producție - reprezintă producția maximă de o anumită sortimentație și calitate, care se poate realiza într-un sistem de producție în decursul unui interval dat de timp, în condiții tehnico-organizatorice optime, fără a lua în considerare "locurile înguste" [52]. După cum se menționează în literatură, în industriile cu flux discontinuu (industria constructoare de mașini și aparate etc.), spre deosebire de ramurile cu flux continuu (industria energetică, metalurgică etc.), apare un decalaj considerabil între posibilitățile potențiale productive maxime și utilizarea lor efectivă. Acest fapt necesită diferențierea între capacitatea de producție tehnică (maximă) și capacitatea de producție de regim. Aceasta din urmă va fi luată în discuție la compararea variantelor tehnologice și, din motive metodologice, va fi denumită capacitate de producție a variantei j " C_{pj} " admitînd drept unitate de măsură $\left[\frac{\text{buc.}}{\text{u.t.p.p.}} \right]$. Calculul acestei capacități pentru fiecare variantă tehnologică analizată se va face conform relației [52]:

$$C_{pj} = \frac{n_u F_d K_{Nj} 3600}{N_{Tj}} \quad \left[\frac{\text{buc}}{\text{u.t.p.p.}} \right] \quad (57)$$

- n_u - numărul de utilaje de același tip luate în analiză [-] ;
 F_d - fondul de timp disponibil al utilajelor $\left[\frac{\text{ore}}{\text{u.t.p.p.}} \right]$;
 K_{Nj} - coeficientul mediu de îndeplinire a normelor de timp pentru varianta analizată j [-] ;

N_{Tj} - norma tehnică de timp la operația de fabricare a reperului discutat în varianta tehnologică j $\left[\frac{\text{sec.}}{\text{buc.}} \right]$;

u.t.p.p. - unitatea de timp a perioadei de plan [u.t.] .

Intrucît studiile și cercetările efectuate se referă la un număr limitat de repere (8 repere) puse la dispoziție de beneficiarul potențial, analiza sub aspectul capacității se va referi numai la latura cantitativă a acesteia. În literatura de specialitate însă se fac aprecieri și asupra capacității calitative ca fiind un indicator de flexibilitate [60]. Se face precizarea oportună, de altfel, conform căreia, toate variantele luate în studiu sînt caracterizate printr-un anumit nivel de flexibilitate sporit în raport cu caracterul sarcinii de producție.

Flexibilitatea variantelor tehnologice analizate presupune, în mod concret, estimarea doar a laturii flexibilității de adaptare a sistemelor la modificări ale sarcinii de fabricație. Cealaltă latură a flexibilității (de utilizare) abordată de autor în cap. al lucrării este luată în considerare implicit pentru întregul spectru de cca. 40-50 repere, cu asemănări tehnologice ale beneficiarului potențial. Eșantionul de 8 repere a fost constituit pe considerente statistice, respectiv pe dispersii relativ ridicate a seriilor de fabricație aferente. Astfel, flexibilitatea de utilizare [12] a oricărei variante studiate în raport cu oricare reper este estimată prin probabilitatea ca oricare reper al grupei să poată fi uzinat cu aceeași dotare tehnică de principiu. Intrucît gradul de refolosire al structurilor concepute este foarte ridicat (peste 90 %) și flexibilitatea de utilizare va fi foarte ridicată (peste 0,95). Fiind comună tuturor variantelor analizate, nu influențează selecția multicriterială și, ca atare, nu s-a mai luat în studiu.

Latura care diferă sensibil însă de la o variantă tehnico-organizatorică la alta, este cea a flexibilității de adaptare. Cuantificarea acesteia se face, după cum s-a precizat în cap. 2.3, prin gradul flexibilității de adaptare G_{AC} și G_{AT} , după cum exprimarea este valorică sau temporală.

Studiul comparativ concret se va baza pe expresia temporală a gradului de flexibilitate :

$$G_{ATj} = e - \frac{T_{Rj}}{T_{R0}} \quad [-] \quad (58)$$

T_{Rj} și T_{R0} reprezintă timpii de reechipare necesari în cazul variației sarcinii de fabricație pentru varianta tehnologică j respectiv varianta standard, ideală (stabilită convențional).

În tabelele 9 A62 și A63 sînt prezentate principalele rezultate

obținute de autor în cadrul analizei unui caz de producție dat.

Fiabilitatea sistemelor de fabricație se poate aprecia pe baza fiabilității de ansamblu a dotării tehnice aferente. Această proprietate acceptă exprimări calitative și cantitative. Sub aspect calitativ se înțelege aptitudinea unui produs/sistem de a funcționa fără defecțiuni într-un interval de timp dat, în condiții specificate. Definierea calitativă se bazează pe noțiunea de defectare (cădere), care constă în pierderea totală sau parțială, instantanee sau progresivă a aptitudinii produsului de a-și îndeplini funcțiile cu performanțele nominale.

Deoarece momentul apariției unei defecțiuni sau timpul de funcționare până la apariția unei defecțiuni este o variabilă aleatoare, exprimarea cantitativă a fiabilității se face statistic, pe baza datelor de observație în etapele de proiectare, fabricare și exploatare a produselor și echipamentelor.

În cadrul analizei efectuate s-a folosit indicatorul $R(t)$ (funcția de fiabilitate) definită ca probabilitatea ca un produs/sistem să funcționeze fără defectare în intervalul $(0, t)$ în condiții determinate. S-au folosit următoarele relații de calcul din literatura de specialitate :

$$R_j(t) = e^{-\lambda t} \quad [-] \quad (59)$$

$$R_{js}(t) = \prod_{k=1}^n R_k(t) \quad [-] \quad (\text{legarea în serie}) \quad (60)$$

$$R_{jp}(t) = 1 - \prod_{k=1}^n [1 - R_k(t)] \quad (\text{paralel}) \quad (61)$$

$$R_{jm}(t) = R_{ss1}(t) \cdot R_{spz}(t) \dots R_{spm}(t) \quad (62)$$

în care :

$k = 1, 2, 3 \dots r$ numărul de componente legate în serie sau paralel ale sistemului (echipamentului tehnologic) j analizat ;

ss, sp - subsisteme cu conexiune internă de tip serie sau paralel ;

$R_{js}(t)$ - fiabilitatea utilajului aferent variantei j cu conexiuni de tip serie a componentelor ;

$R_{jp}(t)$ - fiabilitatea utilajului aferent variantei j cu conexiuni de tip paralel.

$R_{jm}(t)$ - fiabilitatea utilajului aferent variantei tehnologice j cu conexiuni de tip mixt ale componentelor.

Mentenabilitatea - se poate exprima atât calitativ (aptitudinea unui produs (sistem) în condiții date de utilizare, de a fi menținut (întreținut) sau restabilit (reparat) pentru a-și îndeplini funcția globală specificată) cât și cantitativ pentru produse (sisteme) reparabile [52]. Mentenabilitatea este determinată de : accesibilitate, rezervabilitate și operațiile de tip "service". În cazul analizei efectuate s-a considerat drept indicator al mentenabilității timpul mediu de reparare (restabilire) " m_{tr} " al sistemului. Astfel :

$$m_{trj} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n t_{rk} \left[\frac{\text{ore}}{\text{ciclu reparatie}} \right] \quad (63)$$

unde :

n - numărul ciclurilor de reparare într-o perioadă dată [-];
 $\sum t_{rk}$ - timpul total de reparare în perioada analizată ore ;

Pe baza informațiilor de mai sus, poate fi determinată disponibilitatea sistemelor care cuprinde ambele laturi. Aceasta se cuantifică sintetic prin coeficientul de disponibilitate C_D [-] :

$$C_D = \frac{m_{tf}}{m_{tf} + m_{tr}} \quad (64)$$

în care :

m_{tf} reprezintă media timpului de bună funcționare exprimat în [ore].

Se precizează însă că analiza disponibilității are sens numai în perioada de funcționare economică a produsului (sistemului) când curba ratei defectărilor înregistrează un palier orizontal [53]. În cazul unor produse (echipamente, sisteme) foarte fiabile sau nereparabile coeficientul de disponibilitate își pierde sensul. Relația care sintetizează cele menționate este :

$$A(t) = R(t) + [1 - R(t)] \cdot M(t) \quad (65)$$

în care : $A(t)$ - funcția de disponibilitate ; $M(t)$ - funcția de mentenabilitate ; $R(t)$ - funcția de fiabilitate. Analiza relației permite tragerea unor concluzii importante în legătură cu politica de mentenanță preventivă respectiv permite determinarea structurii optime a disponibilității sistemului după criteriul costului minim cu fiabilitatea și mentenanța.

Eficiența economică a implementării variantelor tehnologice noi presupune în esență obținerea unor efecte economice de timp economiilor sau beneficiului în raport cu o bază de comparație [52]. Determinarea eficienței tehnologiilor noi se desfășoară în general în următoarele etape : 1). stabilirea sistemului de indicatori (criterii) ne-

cesari în luarea deciziei, ținând seama de particularitățile măsurilor de tehnologie modernă, nouă studiate ; 2). alegerea unei baze de comparație pentru variantele analizate ; 3). determinarea cheltuielilor și efectelor pentru variantele de tehnologie nouă, în concordanță cu sistemul de indicatori stabilit ; 4). determinarea eficienței variantelor de tehnologie nouă ; 5). luarea deciziei optime în problema studiată [52].

Indicatorii de eficiență luați în studiul variantelor tehnologice au fost cei prezentați la paragrafele anterioare.

S-a apelat în primul rând la indicatorii tehnici (precizia de prelucrare obținută, capacitatea de producție, consumul energetic specific, fiabilitatea, mentenabilitatea) apoi la cei tehnico-organizatorici (flexibilitatea, nivelul ergonomic) și, în final, la cei cu structură pur economică. Indicatorii de eficiență economică pot fi ai eficienței absolute (durata de recuperare a investiției, cheltuielile recalulate etc.) sau comparative ca relație între diferența de cheltuieli și diferența de efecte generate de înfăptuirea unei serii de variante tehnologice.

Sub aspectul variantei de bază s-a ales tehnologia actuală de prelucrare existentă la beneficiar. S-a pornit de la premisa conform căreia oricare dintre variantele propuse posedă performanțe superioare față de cea existentă.

Metodologia aplicată a fost abordată de autor în cap.2 și constă în determinarea unui indicator de eficiență comparativă, prin "suma algebrică a efectelor economice" [85], obținute ca urmare a implementării unei tehnologii noi, și, în caz mai general, a unui sistem flexibil de fabricație.

În urma aplicării metodologiei prezentate s-au calculat costurile pe bucată ale variantelor propuse și s-au determinat economiile obținabile în raport cu varianta actuală. S-au avut în vedere următoarele aspecte generatoare de economii și în consecință, de eficiență economică :

- timpul de pregătire-încheiere ;
- forța de muncă auxiliară ;
- capacitatea de producție (timpul de mașină) ;
- investițiile necesare.

Nivelul ergonomic al locurilor de muncă aferente sistemelor de fabricație propuse se va evalua cu ajutorul metodei RNUR (Renault) din literatură [52]. Conform acestei metode se face evaluarea analitică a unui loc de muncă pe patru domenii în funcție de 8 factori de evaluare și 27 de criterii de influență. Fiecare criteriu

de influență este evaluat în funcție de o scară cu cinci niveluri de apreciere, pornind de la nivelul 1 (favorabil) până la nivelul 5 (nefavorabil). În final, pe baza punctajului obținut se poate trasa curba de profil ergonomic a locului de muncă analizat. Aceasta poate fi analitică (detaliată) sau globală (folosind mediile aritmetice ale nivelurilor criteriilor componente). În cadrul lucrării s-a folosit nivelul ergonomic mediu drept criteriu de studiu și s-a calculat ca o medie aritmetică rezultată din profilul global.

Consumul energetic specific presupune calculul puterii mecanice (de așchiere, avans, transport) necesare uzinării fiecărui reper prin fiecare variantă tehnologică. Se structurează astfel repere (loturi) mai mult sau mai puțin energo-consumatoare, programarea fabricației putând fi influențată și sub aspectul acesta. Serii mici sau mijlocii cu consumuri specifice reduse pot fi programate conjunctural în perioade ale zilei sau anului avantajoase sub aspect energetic (în afara vîrfurilor de sarcină etc.).

Atribuirea concretă de valori presupune determinarea funcției de corelație între valoarea absolută în unități fizice a fiecărui criteriu și utilitatea (adecvarea, relevanța) în raport cu fiecare variantă. Astfel de aprecieri au fost făcute de autor în cap. În lipsa unor informații certe obținabile numai prin cercetări statistice (de regresie) se poate lucra prin omogenizarea rezultatelor (normalizare) conform unor metodologii expuse în [1b].

7.3. Stabilirea coeficienților de importanță

În consens cu majoritatea metodelor de decizie multicriterială atributele (criteriile) nu sînt echiponderale (nu au aceeași importanță). În consecință, se apelează frecvent la vectorul coeficienților de importanță :

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_n) \text{ cu } \sum_{i=1}^n p_j = 1 \text{ ,}$$

care exprimă importanța (ponderea) acordată de decident fiecărui criteriu. Evaluarea acestor coeficienți, ținînd seama de importanța relativă a criteriilor, se poate face prin mai multe metode cum ar fi : metoda vectorului propriu, metoda celor mai mici pătrate, metoda entropiei, metoda LINMAP etc. În cadrul lucrării s-a utilizat metoda vectorului propriu pe bază de punctaje fără a se exclude însă și alte metode.

În acest sens, s-a trecut la întocmirea unei "matrici de importanță relativă a atributelor sau criteriilor, pe bază de punctaje. Completarea acestei matrici s-a făcut de către grupul de specialiști anchetați. Matricea este de tipul :

$$B = \begin{vmatrix} \frac{p_1}{p_1} & \frac{p_1}{p_2} & \dots & \frac{p_1}{p_n} \\ \frac{p_2}{p_1} & \frac{p_2}{p_2} & \dots & \frac{p_2}{p_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{p_n}{p_1} & \frac{p_n}{p_2} & \dots & \frac{p_n}{p_n} \end{vmatrix} \quad (66)$$

Elementele b_{ij} ale matricii B au proprietățile :

$$b_{ij} = \frac{1}{b_{ji}} \quad (67)$$

$$b_{ij} = \frac{b_{ik}}{b_{jk}} \quad i, j, k = 1, 2, \dots, n \quad (68)$$

Calculînd :

$$BP^T = mP^T \quad (69)$$

unde P^T este vectorul coloană

$$P^T = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_n \end{bmatrix} \quad (70)$$

rezultă $(B - nE)P^T = 0$, unde E este matricea unitate. Vectorul P^T este vector propriu al matricii B. Valorile lui P^T se obțin astfel:

a). se pornește de la matricea B estimată de decident (grup de specialiști) și se găsesc valorile proprii ale acesteia, rezolvînd ecuația caracteristică :

$$\det(B - \lambda E) = 0 \quad (71)$$

b). se rezolvă ecuația

$$BP^T = \lambda_{\max} P^T \quad (72)$$

unde λ_{\max} este cea mai mare valoare proprie.

Pentru stabilirea importanțelor relative p_i/p_j din matricea B s-a acceptat următoarea convenție :

- criteriul C_i mai important decît C_j - intensitatea importanței egală cu 1 ;

- criteriul C_i mai puțin important decît C_j - intensitatea importanței egală cu 0.

Forma concretă a matricii - test cu care s-a lucrat în ancheta anterior menționată este redată în tabelul 9. Insușind punctajul obținut de fiecare criteriu pe verticală și raportînd valoarea

MATRICE TEST

pentru evaluarea coeficienților de importanță p_j
în cadrul deciziei multicriteriale

Tabel nr 9

Denumire		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
Precizia de prelucrare	C_1	1	0	0	0	0	0	0	0
Capacitatea de producție	C_2	1	1	0	0	0	0	0	1
Flexibilitatea	C_3	1	1	1	0	1	0	0	1
Nivel ergonomic	C_4	1	1	1	1	1	1	1	1
Fiabilitatea	C_5	1	1	0	0	1	0	0	1
Mentenabilitatea	C_6	1	1	1	0	1	1	0	1
Consum energie specific	C_7	1	1	1	0	1	1	1	1
Eficiența economică	C_8	1	0	0	0	0	0	0	1
Total punctaj criteriu j		8	6	4	1	5	3	2	7
Clasament (ierarhizare)		I	III	V	VIII	IV	VI	VII	II
Coeficient de importanță p_j		8/36	6/36	4/36	1/36	5/36	3/36	2/36	7/36

Sensul
comparării

Punctaj: - mai important : 1
- mai puțin important : 0

acestui număr total de decizii (puncte) s-au obținut rapid valorile coeficienților de importanță p_j cu relația :

$$p_j = \frac{\sum \text{punctaj crit. } j}{\text{Total punctaj}} \quad [-] \quad (73)$$

Valorile astfel obținute s-au introdus apoi în algoritmul de selectare a variantei tehnologice optime.

7.4. Algoritm, ordinogramă și program de calcul în limbaj BASIC pentru selectarea variantei tehnologice optime.

Se consideră o mulțime finită de variante tehnologice $V = V_1, V_2, \dots, V_m$ și o mulțime de criterii $C = C_1, C_2, \dots, C_n$. Pentru fiecare criteriu C_j , $j = 1, 2, \dots, n$, se asociază fiecărei variante V_i , $i = 1, 2, \dots, m$, un vector reprezentînd rezultatul evaluării acelei variante în raport cu criteriul C_j . Acești vectori formează liniile matricei "consecințelor" A [1b] :

$$A = \begin{array}{c|cccc} \text{Cr} \backslash \text{Var.} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \hline V_1 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ V_2 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ V_m & a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \\ p_j & p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{array} \quad (74)$$

Problema de decizie multicriterială astfel formulată urmează a fi soluționată cu ajutorul "funcțiilor de utilitate" (valoare, pertinentță). Pentru studiul acestora este însă necesară omogenizarea prealabilă a datelor a_{ij} ale matricei A prin procedeul de "normalizare".

"Normalizarea" constă în transformarea matricei consecințelor A într-o matrice R cu elementele cuprinse în intervalul $[0, 1]$. Aceasta se va face după cum urmează :

- pentru criteriile (atributele) care urmăresc maximul :

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_j^{\max}} \quad [-] \quad \text{unde } a_j^{\max} = \max_i a_{ij} \quad (75)$$

- pentru criteriile care urmăresc minimul :

$$r_{ij} = 1 - \frac{a_{ij}}{a_j^{\max}} [-] \text{ unde } r_{ij} \in [0,1] \quad \forall i=1, 2, \dots, m \quad (76)$$

Se impune însă precizarea conform căreia normalizarea s-a aplicat numai în cazul criteriilor exprimate în unități de măsură fizice (capacitatea de producție, nivelul ergonomic, consumul de energie specific și eficiența economică).

Se definește apoi funcția de valoare sau de utilitate

$f : V \rightarrow R$ a cărei expresie analitică este :

$$V_i \equiv f(V_i) = \frac{\sum_{j=1}^n p_j r_{ij}}{\sum_{j=1}^n p_j} \longrightarrow "V_i" \in [0,1] \quad (77)$$

pentru cazul utilizării metodei "ponderării simple aditive" .

Funcția f atașează o valoare fiecărei variante cu ajutorul căreia se face apoi ierarhizarea acestora. Varianta optimă va fi cea pentru care $f(V_i)$ este maxim. Se lucrează numai cu matricea R a valorilor normalizate. O altă metodă de lucru posibilă ar fi "metoda ponderării aditive ierarhice" [1b]. În această metodă mulțimea criteriilor se presupune a fi ierarhizată pe mai multe niveluri, problemă abordată de autor în lucrarea [28]. Sensibilitatea metodei de decizie multicriterială crește pe măsura creșterii rigurizității "evaluării" criteriilor.

În consecință, algoritmul general al determinării variantei tehnologice optime presupune următoarea succesiune de secvențe :

- a). definirea variantelor tehnologice studiate ;
- b). codificarea (simbolizarea) variantelor ;
- c). definirea criteriilor (atributelor) de evaluare a utilității și ponderarea acestora ;
- d). codificarea criteriilor ;
- e). calculul elementelor matricii de evaluare (a consecințelor) pentru fiecare variantă și criteriu ;
- f). omogenizarea matricii prin normalizare ;
- g). calculul indicilor de valoare utilă (pertinență) pentru fiecare variantă prin diferite metode de sinteză ;
- h). ierarhizarea variantelor pe metode de sinteză.

Principalele metode utilizate în deciziile multicriteriale [28] presupun sinteza funcțiilor de valoare conform următoarelor reguli :

- sinteză aritmetică (SBR. "MEDAR") :

$$V_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij} [-] \quad \forall i=1, m ; j=1, n \quad (78)$$

- sinteză ponderată aditivă (SBR. "MEPOND") :

$$V_i = \sum_{j=1}^n p_j r_{ij} [-] \quad \forall i=1, m \quad j=1, n \quad (79)$$

- sinteză ponderată pătratică (SBR."MEGGEOM") :

$$V_i = \left[\sum_{j=1}^n (p_j r_{ij})^2 \right]^{1/2} \quad [-] \quad \forall i=\overline{1,m} ; j=\overline{1,n} \quad (80)$$

- sinteză multiplicativă (SBR."MEMULT") :

$$V_i = \prod_{j=1}^n r_{ij} [-] \quad \forall i=\overline{1,m} ; j=\overline{1,n} \quad (81)$$

- adoptarea criteriului cu dominanță maxim sau minim :

$$V_i = \text{MAX } r_{ij} \quad . \quad \text{ptr. } j = \overline{1,n} \quad \text{și } i = \overline{1,m} \quad (82)$$

sau

$$V_i = \text{MIN } r_{ij} \quad \text{ptr. } j = \overline{1,n} \quad \text{și } i = \overline{1,m} \quad (83)$$

- sinteză cu interacțiune (SBR."PESOPT") :

$$V_i = \beta \text{MAX } r_{ij} + (1+\beta) \text{MIN } r_{ij} \quad \forall i=\overline{1,m} ; j=\overline{1,n} \quad (84)$$

unde : $0 \leq \beta \leq 0$

Ordinograma generală respectiv cele aparținînd subrutinelor mai sus menționate sînt prezentate în fig.7.1 și anexele A51-A60.

Aplicațiile concrete au fost realizate cu ajutorul calculatorului personal TIM-S în limbaj conversațional tip BASIC.

Aplicațiile au fost efectuate pentru o familie de repere din producția curentă a I.A.E.M. Timișoara în cadrul unui contract de cercetare [36]. S-a analizat un număr de patru alternative tehnologice flexibile, modernizate față de cea actuală. Funcție de seriile de fabricație respectiv de sistemul criterial expus anterior s-au făcut calculele pentru toate reperele familiei. Aplicînd metodele de decizie cu ponderare s-au obținut variantele optime pentru fiecare reper conform tabelelor nr. 11 și 12 (A63, A64, A65).

Precizia metodei depinde în măsură directă de precizia de evaluare a coeficienților de importanță respectiv a consecințelor (sau a "randamentelor obiectivelor").

Schema de principiu a studiului comparativ al variantelor tehnologice în vederea deciziei multicriteriale asupra variantei optime

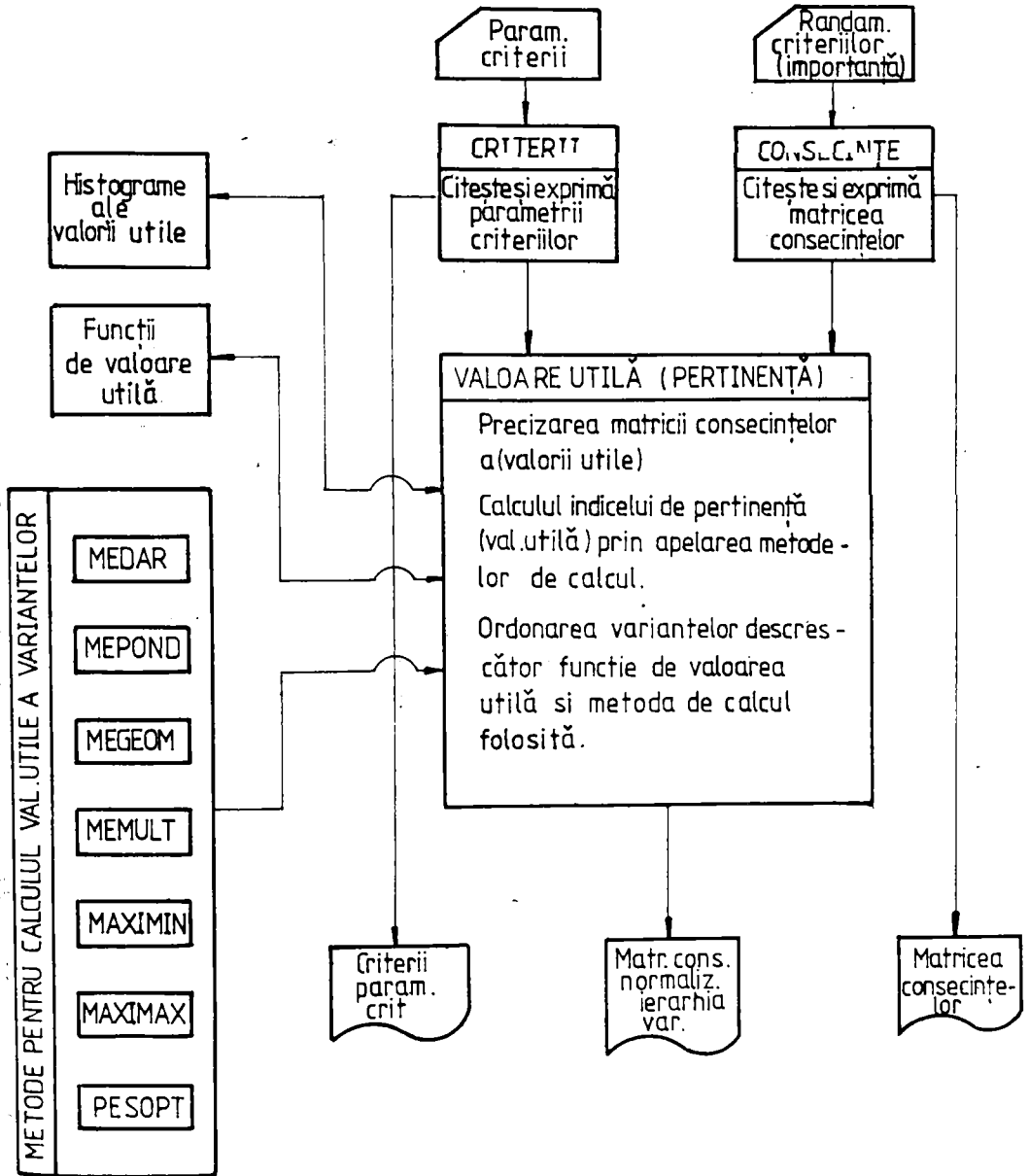


Fig. 7.1

CONCLUZII FINALE, CONTRIBUTII ORIGINALE

În conformitate cu obiectivele impuse prin titlul tezei de doctorat, principalele contribuții ale autorului se structurează după cele două direcții fundamentale ale cercetării, teoretică și aplicativă.

1. Analiza stadiului implementării tehnologiilor flexibile pe plan mondial s-a efectuat prin cercetarea documentației și a literaturii de specialitate pe un număr de peste 60 cazuri concrete de aplicare a sistemelor flexibile de fabricație. Cercetarea statistică efectuată a permis punerea în evidență a principalelor tendințe sub aspectul configurației și geometriei pieselor, al capacităților de producție, al dotărilor tehnice și al sistemelor logistice aferente. Principiul unanim acceptat "atît de productiv cît este posibil și atît de flexibil cît este necesar", denotă rezervele majorității constructorilor de sisteme, rezerve axate pe criterii de natură economică, problema centrală rămînînd cea a rentabilității. Domeniul cu maximă aplicabilitate îl constituie industria constructoare de mașini unelte ; tipul preponderent al reperelor uzinate este cel prismatic, cu gabarite mijlocii (250-1000 mm) ; dotările tehnice se bazează pe utilizarea centrelor de prelucrare cu comandă numerică. Rentabilitatea sistemelor instalate crește cu scăderea duratei de recuperare a cheltuielilor cu investițiile.

2. Implementarea tehnologiilor flexibile este determinată de existența unor premise necesare aplicării lor în condiții optime. Cercetările întreprinse, au permis decelarea principalelor condiții sau premise necesare atît pentru cazul proiectării unor tehnologii flexibile (sisteme) noi cît și pentru situația mai frecventă a modernizării tehnologiilor existente prin flexibilizare. Accentuînd premisele de natură teoretică, fără a le exclude pe cele de natură tehnico-organizatorică, s-au analizat în detaliu aspectele legate de abordarea sistemică a producției industriale, aspectele informaționale specifice fabricației flexibile (clasificarea și codificarea pieselor), analiza unei sarcini de producție. S-au realizat totodată o sinteză a principalelor concepții actuale cu privire la noțiunea de flexibilitate. S-au evidențiat condițiile respectiv principiile de bază pentru realizarea aptitudinii de flexibilitate. Acestea sînt : variabilitatea structurilor, programabilitatea, integrabilitatea, adecvarea și adaptabilitatea fabricației la sarcini de producție variabile.

3. Succesul unui studiu de flexibilizare rezidă în îndeplinirea dezideratelor majore ale producției actuale : creșterea parametrilor cantitativi și calitativi în condiții de eficiență economică. Controlul simultan al multitudinii factorilor care conlucrează poate fi realizat numai printr-o modelare matematică judicioasă a fenomenelor și proceselor.

S-au abordat în lucrare principalele modele utilizate pînă la ora actuală : modele bazate pe teoria sistemelor optimale, modele bazate pe analiza valorii utile, modele bazate pe analiza matricială a fluxurilor de producție precum și modelele economice. A fost selectată, perfecționată și particularizată metoda bazată pe analiza valorii utile a variantelor tehnologice în vederea aplicării pe un caz de producție dat.

S-a conceput un algoritm original bazat pe acest model, care să permită decelarea, prin calcul automatizat, a soluției tehnologice optime dintr-o mulțime finită de alternative posibile aflate la dispoziția producătorului.

4. Investigarea unei bogate prospectoteci a permis decelarea avantajelor fabricației flexibile. În acest scop au fost reliefate unele aplicații semnificative de pe plan mondial. Trecerea în revistă a acestora, prin surprinderea compunerii de principiu și a parametrilor tehnico-funcționali, pune la dispoziția tehnologilor și proiectanților de sisteme flexibile de fabricație modele concrete și funcționale.

S-a procedat la o prezentare sistematică, succintă, în ordinea descrescătoare a anvergurii : sisteme și linii tehnologice flexibile cu comandă numerică, celule, posturi, utilaje și dispozitive flexibile.

5. Pornind de la premisa certă, conform căreia tehnologia de grup generează flexibilitatea, s-a procedat, în cadrul unui contract de cercetare științifică, la studiul unei sarcini concrete de producție din cadrul I.A.E.M. Timișoara. Analiza s-a efectuat asupra unei familii (eșanțion) de 11 piese tip șasiu pentru aparate electrice de măsurat, prelevată din programul general de fabricație. Aplicarea principiului "transparenței" tehnologice și constructive a permis autorului tragerea unor concluzii și formularea direcțiilor ulterioare de raționalizare și modernizare tehnologică prin flexibilizarea fabricației.

6. În baza analizei efectuate, s-a procedat apoi la studiul, cercetarea și proiectarea procesului tehnologic de prelucrare mecanică a șasiurilor aparținătoare familiei stabilite. Principalele contribuții originale ale autorului în acest moment se referă la : stabilirea itinera-

riilor tehnologice optime în patru alternative în raport cu tehnologia actuală ; studiul unităților de lucru tipizate existente pe plan național ; studiul, cercetarea și proiectarea unei variante bazate pe utilizarea arborilor flexibili, variantă nouă pe plan național, care încorporează soluții tehnice atestate prin patru certificate de inovator ; studiul, cercetarea și proiectarea unui sistem logistic flexibil compus dintr-un manipulator portal comandat prin microprocesor și un transportor cu lanț pentru recircularea paletelor port-dispozitiv.

7. Dată fiind ponderea foarte ridicată a operațiilor de burghiere și tarodare, s-au întocmit un algoritm și un program în limbaj BASIC pentru determinarea rapidă a parametrilor regimurilor de așchiere, alegerea tipului optim al sculei, al lichidului de răcire-ungere, calculul consumului specific de energie electrică etc.

8. Caracteristicile esențiale precum și schemele de principiu ale alternativelor au fost sintetizate pe fișe pentru fiecare reper și toate variantele tehnologice analizate.

9. Dată fiind situația foarte frecventă, în care, la dispoziția producătorului, se găsesc mai multe alternative tehnologice, apare problema selectării soluției optime. Problema poate fi soluționată științific numai printr-o metodă de decizie multicriterială. Metoda originală folosită de autor se bazează pe analiza multicriterială a valorii utile (pertinenței) a alternativelor, cuantificarea acesteia și ierarhizarea variantelor. Autorul a conceput un sistem de 8 criterii raționale a căror importanță relativă (pondere) a fost determinată statistic. În lucrare se aplică metoda ponderării aditive pe cazul de producție studiat pentru fiecare reper în parte. Algoritmul propus permite analiza multicriterială pentru m alternative cu n criterii pe baza unui program în limbaj BASIC pe calculatorul personal TIM-S.

10. Ansamblul format din tripletul : analiza sarcinii de producție, elaborarea variantelor tehnologice posibile, selectarea multicriterială a variantei optime, propus și aplicat de autor, constituie un model practic aflat la dispoziția utilizatorului în orice problemă de proiectare sau modernizare tehnologică.

Se menționează că o parte din studiile efectuate au fost comunicate și publicate la diferite sesiuni științifice, iar o altă parte au fost înregistrate ca inovații.

Bibliografie

1. Ackoff, L ș.a. - Bazele cercetării operaționale. Editura tehnică, București, 1976.
- 1b. Andrașiu, A. ș.a. - Metode de decizii multicriteriale. Editura tehnică, București, 1986.
2. Arnold, W.,
Nicklau, R. - Flexible Fertigungssysteme - Antwort auf Kostendruck und kleinere Losgrößen, Werkst. u. Betrieb 114 (1981) - RFG.
3. Bezner, H. - Machining of various axle tubes on a flexible transfer line. In IPE nr. 3/1981, R.F.G.
4. Bîrlea, St. - Inițiere în cibernetică sistemelor industriale, Editura tehnică, București, 1975.
5. Boldur, Gh. ș.a. - Cercetarea operațională cu aplicații în economie, EDP, București, 1979.
6. Boldur-Lătescu, Gh. ș.a. - Analiza sistemelor complexe, Editura științifică și enciclopedică, București, 1982.
7. Buttler, U. - Flexibility and high productivity in CNC machining of small gearbox housings. In IPE nr. 3/1982.
8. Călin, S. - Sisteme automate complexe, Editura tehnică, București, 1973.
9. Ciolan, I. - Optimizarea deciziilor în investiții, Editura Academiei RSR, București, 1975.
10. Ciucu, G. ș.a. - Statistica matematică și cercetarea operațională, E.D.P., București, 1976.
11. Cojocaru, G. ș.a. - Organizarea și conducerea întreprinderilor din industria ușoară, EDP București, 1980.
12. Cojocaru, G.,
Kovács, Fr. - Roboții în acțiune, vol. I și II, Editura Facla, Timișoara, 1986.
13. Delgrosso, C. - Controls for flexible manufacturing systems - their aims and purpose. In IPE 1/1983 - RFG.
14. Drăgănescu, M. - A doua revoluție industrială. Microelectronica, automatica, informatica - factori determinanți, Editura tehnică, București, 1980.

15. Elmaghraby, S.E. - Proiectarea sistemelor de producție. Editura tehnică, București, 1969.
16. * * * - Enciclopedia conducerii întreprinderii, Editura științifică și enciclopedică, București, 1981.
17. Eikhoff, P. - Identificarea sistemelor, Editura tehnică, București, 1977.
18. Faure, R. ș.a. - Indreptar de matematică modernă, Editura științifică, București, 1969.
19. Fetzer, K. - Voraussetzungen beim verketteten von Bearbeitungscentren zu Flexiblen Fertigungssystem, Werkstatt und Betrieb 115(1982)-R.F.G.
20. Goebel, H ș.a. - Flexible integrated machining system for the complete machining of different work pieces. In IPE nr.2/1981.
21. Hammer, H. - Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch flexible Automatisierung beim Bohren und Fräsen. In Z w F 78 (1983), RFG.
22. Herman, P. - Flexible Fertigung VDI-Z 124 (1982), RFG.
23. Herman, P. - Flexible Fertigungs Konzepte. VDI-Z 123, (1981), R.F.G.
24. Hohan, I. - Tehnologia și fiabilitatea sistemelor. Editura didactică și pedagogică, București, 1982.
25. Huber, R.F. - Flexible manufacturing system (FMS)- who needs it ? In Production 5/1981-Anglia.
- Hutchinson, G.K. - Flexible Fertigungssysteme und Simulation. In Z w F 78 (1983), R.F.G.
26. Ioanovici, Fr. jr. - Tehnologie și echipament flexibil destinate prelucrării mecanice a reperelor de tip gasiu pentru aparate electrice de măsurat - comunicată la Conferința a V-a de procese și utilaje de prelucrare la rece, Timișoara, 20-21 noiembrie, 1986.
27. Ioanovici, Fr. jr. - Realizări în domeniul aplicării tehnologiei flexibile - Referat de doctorat, 1986.
28. Ioanovici, Fr. jr. - Aspecte analitice ale aplicării tehnologiei flexibile - Referat de doctorat, 1984.
29. Ioanovici, Fr. jr. - Premise pentru aplicarea în condiții optime a tehnologiilor flexibile- Referat de doctorat, 1985.

30. Ioanovici, Fr. jr. Dehelean, N. - Mașină agregat de găurire cu structură flexibilă - inovație înregistrată cu certif.nr.670/27.09.1987 - MEI.
31. Ioanovici, Fr. jr. Ciupe, St. Diș Teodor - Fixator vertical FV - 160 destinat echipării celulelor flexibile de sudare - inovație înregistr.cu certif. nr.394/24.06.1988 - MEI.
32. Ioanovici, Fr. jr. Dehelean, N. - Modul de antrenare destinat agregatelor flexibile de prelucrare - inovație înregistr.cu certif.nr.669/27.09.1987, MEI.
33. Ioanovici, Fr. jr. Dehelean, N., Negrescu, D., Uzun, I. - Unitate de găurit \varnothing 6 antrenată cu arbore flexibil - inovație înregistr.cu certif.nr.668/27.09.1987, MEI.
34. Ioanovici, Fr. jr. Toth, G. - Cap reversibil de filetat - inovație înregistr.cu certif.nr.693/13.X.1987-M.E.I.
35. Ioanovici, Fr. jr. - Microregulator hidraulic de viteză destinat unităților de găurire cu arbore flexibil - inovație înregistr.cu certif.nr.
36. Ioanovici, Fr. jr. - Studii, cercetări și experimentări în vederea implementării unui sistem flexibil de fabricație destinat prelucrării mecanice a reperelor de tip șasiu pentru aparate electrice de măsurat. Protocol elaborat în cadrul contractului nr.38/18.02.1986 între IPTVT și IAEM - Timișoara.
37. Ioanovici, Fr. jr. - Pertinența unei transmisii mecanice - criteriu științific de selecție a variantei optimale - publicată în volumul I al lucrărilor Simpozionului național MTM-1984 - Robotizarea în industrie, Timișoara, 1984.
38. Inaba, S. - Experiența introducerii sistemului flexibil de fabricație (FMS) și efectul său într-o fabrică constructoare de mașini. Editura tehnică, București, 1984.
39. Jacobi, W. - Automation in automobile body manufacture with consideration given to flexibility. In IPE 3/1982- RFG.

40. Kaebernick, H. - Grenzen des Industrierobotereinsatzes in einer flexiblen Fertigungszelle ohne Sensorführung. In Z w F 78 (1983)-RFG.
41. Kaufmann, A. - Metode și modele ale cercetării operaționale, Editura științifică, București, 1976.
42. Kenn, H. - Anforderungen an flexible Produktionsmittel aus der Sicht des Anwenders VDI - Bericht 440 - 1983 (RFG).
43. Kovács, Fr., Cojocaru, G. - Manipulatoare, roboți și aplicațiile lor industriale, Editura Facla Timișoara, 1983.
44. Lange, O. - Introducere în cibernetica economică. Editura științifică, București, 1967.
45. *** - L'atelier flexible de RVI. Le nouvel automatisme nr.31/1982.
46. Lutz, W., Wagner, R. - Fertigungsbeschreibende Systemordnung, Maschinenmarkt, 74 nr.2/1968, RFG.
- 46a. Marcea, N., Păunescu, D. - Organizarea fabricației mașinilor unelte pe familii de piese. la Uzina mecanică din Cugir, în Construcția de mașini XX nr.3/1968.
- 46b. Maynard, H.B. - Manual de inginerie industrială (II), Editura tehnică, București, 1976.
- 46c. Mitrofanov, P.S. - Tehnologia de grup în construcția de mașini, Editura tehnică, București, 1962.
- 46d. Modrich, G. - Production Pilot Plant of a Flexible Manufacturing System for Machining and Testing Prismatic Work-pieces. In I.P.E. nr.2/1983.
47. Morillas, G. ș.a. - Une methode de simulation pour planifier la production d'un atelier. Le nouvel automatisme nr.31/1982.
48. Olteanu, I. ș.a. - Dimensionarea optimă a întreprinderilor industriale, Editura politică, București, 1974.
49. Opitz, H. - Organizarea tehnologiei de grup. In : Caiet selectiv IDT - Organizarea științifică a producției nr.2/1968.
50. Petrescu, P. ș.a. - Elemente de analiza valorii, Editura Academiei RSR, București, 1981.
51. Picoș, C. - Tehnologia construcției de mașini, E.D.P., București, 1981.
52. Popa, H. - Economia și organizarea producției, vol. I și II, Lito IPT, 1984.

53. Popovici, A. ș.a. - Cu privire la formarea liniilor flexibile multiobiect, în Construcția de mașini nr.5/1978.
54. Popovici, C., Savii, Gh. - Tehnologia construcției de mașini, E.D.P., București, 1976.
55. Rafiroiu, M. - Modele de simulare în construcții, Editura tehnică, București, 1982.
56. Rafiroiu, M. - Metode și modele ale cercetării operaționale în construcții, Editura tehnică, București, 1980.
57. Rempp, H. - Einsatz Flexibler Fertigungssysteme. In Werkstatt u. Betrieb nr.115 (1982)- RFG.
58. Rind, K. - O problemă de alegere a pieselor pentru linia de fabricație în flux variabil. In: Der Maschinenbau, RDG, 9/1970.
59. Ropohl, G. - Flexible Fertigungssysteme. Krausskopf Stuttgart, 1971.
60. Rümmler, G. - Comparația între variantele unei tehnologii de producție, in Der Maschinenbau, RDG nr.9/1970.
61. Savas, E.S. - Conducerea cu calculatoare a proceselor industriale. Editura tehnică, București, 1969.
62. Savii, Gh. ș.a. - Flexibilitatea în fabricația mașinilor, Editura Facla, Timișoara, 1977.
63. Savii, Gh. ș.a. - Principii de organizare a întreprinderilor. Structura și relațiile în cadrul unei forme organizatorice. In : Probleme ale organizării științifice a producției și a muncii, Timișoara, 1969.
64. Savii, Gh., Ioanovici, Fr. jr. - Considerații asupra studiului sistemelor flexibile de fabricație pe baza metodei analizei valorii. Sesiunea de comunicări, I.M.Cugir, 1984.
65. Schultz, H. - Tendenzen beim Einsatz Flexibler Fertigungssysteme, Werkst u. Betrieb 116 (1983).
- 65b. Scharf, P. - Strukturen flexiblen Fertigungssysteme Krausskopf-Verlag, Mainz, 1976.
66. Spur, G. ș.a. - Flexible Fertigungssysteme. Produktionsanlagen der Flexible Automatisierung. Z W F nr.76 (1982) R.F.G.

67. Stănciulescu, F. - Dinamica sistemelor mari. Editura Academiei RSR, București, 1982.
68. Ștefănescu, A.
Zidăroiu, C. - Cercetări operaționale, EDP București, 1981.
69. Tașnadi, Al. ș.a. - Metode de decizii multicriteriale, Editura tehnică, 1986.
70. Teodorescu, D. - Modele stochastice optimizate. Editura Academiei RSR, București, 1982.
71. Tuffentsammer, K. - Wann Teilefamilie, wau Fertigungsfamilie? In : Werkzeugmaschine international, nr.1/1971.
72. *** - Transfersysteme im Bosch FMS für die Montage - und Verkettungstechnik Flexible Automation editată de firma Bosch- RFG.
73. Vasilescu, T.,
Mazilu, M. - Sisteme flexibile de mașini unelte pentru prelucrarea prin așchiere a familiilor de piese. In : Construcția de mașini nr.8-9/1982.
74. Vettin, E. - Analyse der Konzeptionen Flexibler Fertigungssysteme, VDI-Z 121 (1979), RFG.
75. Vogt, M. ș.a. - A flexible computer-controlled production system. In IPE nr.4/1980, RFG.
76. Walk, G. - Flexibles Fertigungssystem für Rotations teile. In Werkst.u Betrieb 105 (1972).
77. Warnecke, H.J. - Materialfluss. In Werkst.u Betrieb 74/1982.
78. Warnecke, H.J. ș.a. - Einlegegeräte zu automatische Werkstück-handhabung. Krausskopf Verlag, Mainz, 1973.
79. Winston, P.H. - Inteligența artificială, Editura tehnică, București, 1981.
80. Wurstner, E. - ANC production unit to increase the flexibility of productionsystems. In IPE nr.3/1981, R.F.G.
81. Würntze, G. ș.a. - The sawing centre - a flexible system for the material shop. In IPE nr.2/1983, RFG.
82. Xu Yingchao - A modular fixturing system (MFS) for flexible manufacturing. The FMS Magazine 5/1983.
83. Zadeh, L.A. ș.a. - Teoria sistemelor. Editura tehnică, București, 1980.

B. Reviste tehnice de specialitate :

84. KEM (Konstruktion Elemente Methoden) - Konradin Verlag D-7022 Leinfelden, RFG - Colecția anilor 1978-1987.
85. Construcția de mașini. Colecția anilor 1977-1987.
86. The Flexible Manufacturing Systems Magazine-Bedford, nr.5-6 1983, Anglia.
87. International Equipment News, AB Purmerend, Olanda. Colecția anilor 1977-1987.
88. NC Fertigung - Fachmagazin für Metallbearbeitung und Automation nr.1,3,4/1986 - RFG.
89. VDI-Z (Entwicklung, Konstruktion, Produktion) nr.4/1987 - RFG.
90. MI - Moderne Industrie Roboter (Automation, Verkettung, Periferie) nr.6/1985, 4/1986, 9/1985, 6/1985.
91. Verfahrens Technik - RFG nr.4/1986.
92. Industrie Service RFG - nr.5/1986, 3/1983.
93. Betriebs technik (Flexible Automation für Fertigung, Montage und Transport), Ausgabe V., decembrie 1985, 6/1987 - RFG.
94. Moderne fertigung - nr.8/1985 Landsberg, RFG.
95. Werkstatt und Betrieb (1977-1982) și nr.2/1983 - RFG.
96. Industrial and production Engineering (IPE) - colecția anilor 1980-1987, RFG.
97. Industrie anzeiger nr.91/1986, RFG.
98. Antriebstechnik - RFG. Colecția anilor 1977-1987.
99. ZWF (Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung) - Carl Hanser
100. f+h (fördern und heben, Fördertechnik und Materialfluss-Systeme für Produktion, Lager und Transport). Colecția anilor 1977-1987, R.F.G.
101. Kontrolle (Qualitätssicherung in der Produktion). Colecția anilor 1983-1987.

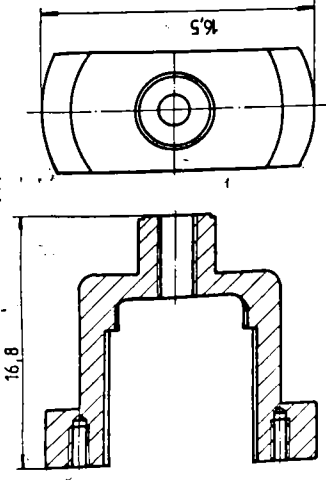
C. Documentație tehnică de la firmele :

102. Otto Suhner GmbH - D7880 Bad Säckingen - RFG.
103. Burkhardt und Weber GmbH + Co K G Werkzeugmaschinenfabrik D-7410 Reutlingen 1, RFG.
104. Robert Bosch GmbH - 7000 Stuttgart, R.F.G.
105. IMUAB - Bv. Muncii nr.250, Sector 3, București, RSR.
106. Werner und Kolb Werkzeugmaschinen 1000 Berlin, R.F.G.
107. The Cross Company - 48026 Michigan - S.U.A.
108. Electronica San Giorgio - Elsag S.p.A. - Genova, Italia.
109. Mikron Haesler CH-2017 Boudry - Elveția.
110. Scharman GmbH & Co - D - 4050 Munchengladbach, R.F.G.

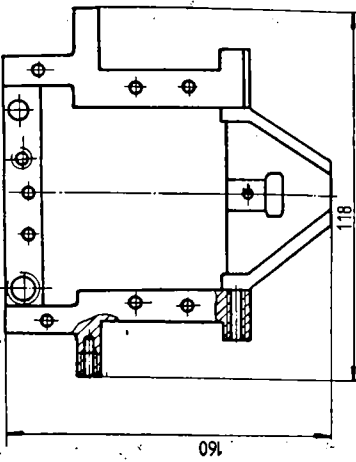
111. Philips Maschinenfabriec Alkmaar - Olanda.
112. Emag Maschinenfabrik GmbH - D - 7335 Salach, R.F.G.
113. Grasso GmbH - R.F.G.
114. Deutsche Gardner-Denver GmbH - 7081 Westhausen/Württ, R.F.G.
115. Bernhard Steinel Werkzeugmaschinen fabric GmbH, und Co. - D - 7220 Willingen, R.F.G.
116. Alfing Kessler Werke D-7083 Wasseralfingen - R.F.G.
117. Lindenmayer - Präzision GmbH, D-7958 Laupheim, R.F.G.
118. Franz Schäfer, Ing.HTL - 2503 - Biel - Bienne, Elvetia.
119. Diedesheim GmbH & Co - 6950 Mosbach, R.F.G.
120. Hüller Hille GmbH - 7410 Ludwigsburg, R.F.G.
121. Linvar, Leicester LE 47 LL, England.
122. Kaufeldt - Si 126- 12 Stockholm, Sweden.
123. Trumpf GmbH + Co, Maschinenfabrik Stuttgart, RFG.
124. VFW Werke GmbH Division Sondertechnik-2800 Bremen, R.F.G.
125. Arboga System AB; 73200 Arboga, Sweden.
126. Tunkers GmbH, 4030 Rattlingen, R.F.G.
127. Schmid & Wezel 6920 Sinsheim - Hilsbach, R.F.G.
128. Gemo, D-415 Krefeld 11 - R.F.G.
129. Hahn & Kolb, Stuttgart, R.F.G.
130. Desoutter Limited, London NW9 6 AND, Anglia.
131. Sugino Machine Limited, Tokyo 105, Japonia.
132. Sira S.p.a., 20136 Milano, Italia.
133. Dr.Staiger, Mohilo + Co GmbH., D-7060 Schorndorf, R.F.G.
134. Laser Optronic, 8000 München 50, R.F.G.
135. CITROEN INDUSTRIE U.K., Warwickshire CV 32 5 EL, Anglia.
136. CATIC Service Engineering, China.
137. Trumpf Machine Tools Ltd., Herts Al 40 LB, Anglia.
138. CINCINNATI MILACRON U.K.Co., Birmingham B 240 QU, Anglia.
139. British Robotic Systems Limited, London SW1 W OBG; Anglia.
140. EWAB, S 592-00 Vadstena, Sweden.
141. CERA Ltd, Miteam, Anglia.
142. SMT - Pullmax Limited, Middlesex TW12 2 HR, Anglia.

CUPRINSE IN SARCINA DE PRODUCTIE A
IAEM-TIMISOARA

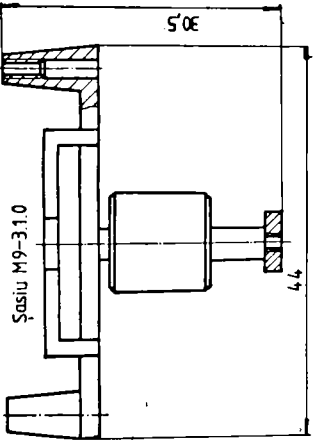
Şasiu M172-231A



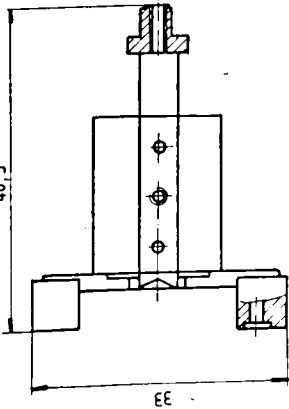
Şasiu T2CA43-1.1



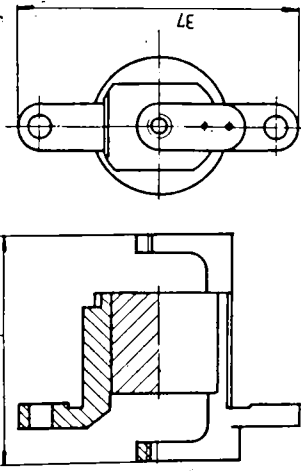
Şasiu M9-31.0



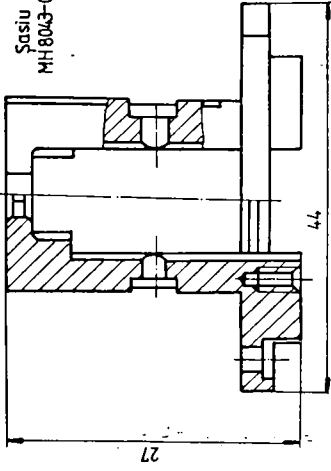
Şasiu M192-21310



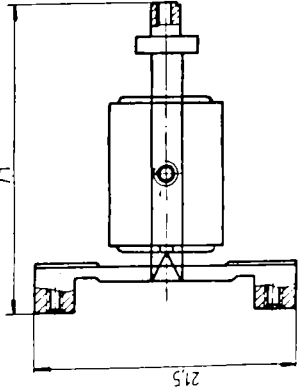
Şasiu PJ-5.04.3.045



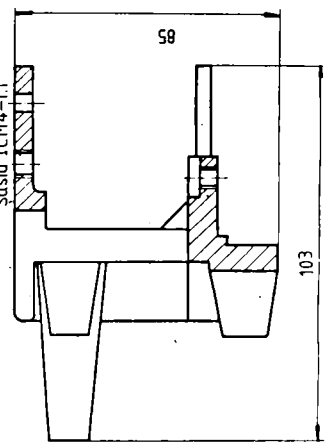
Şasiu
MH8043-001



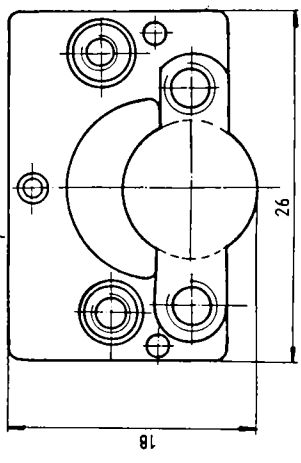
Şasiu M196-21310



Şasiu ICM4-11



Şasiu MP.40-133



UNEI SARCINI DE PRODUCIE DIN CADRUL
IAEM - TIMISOARA

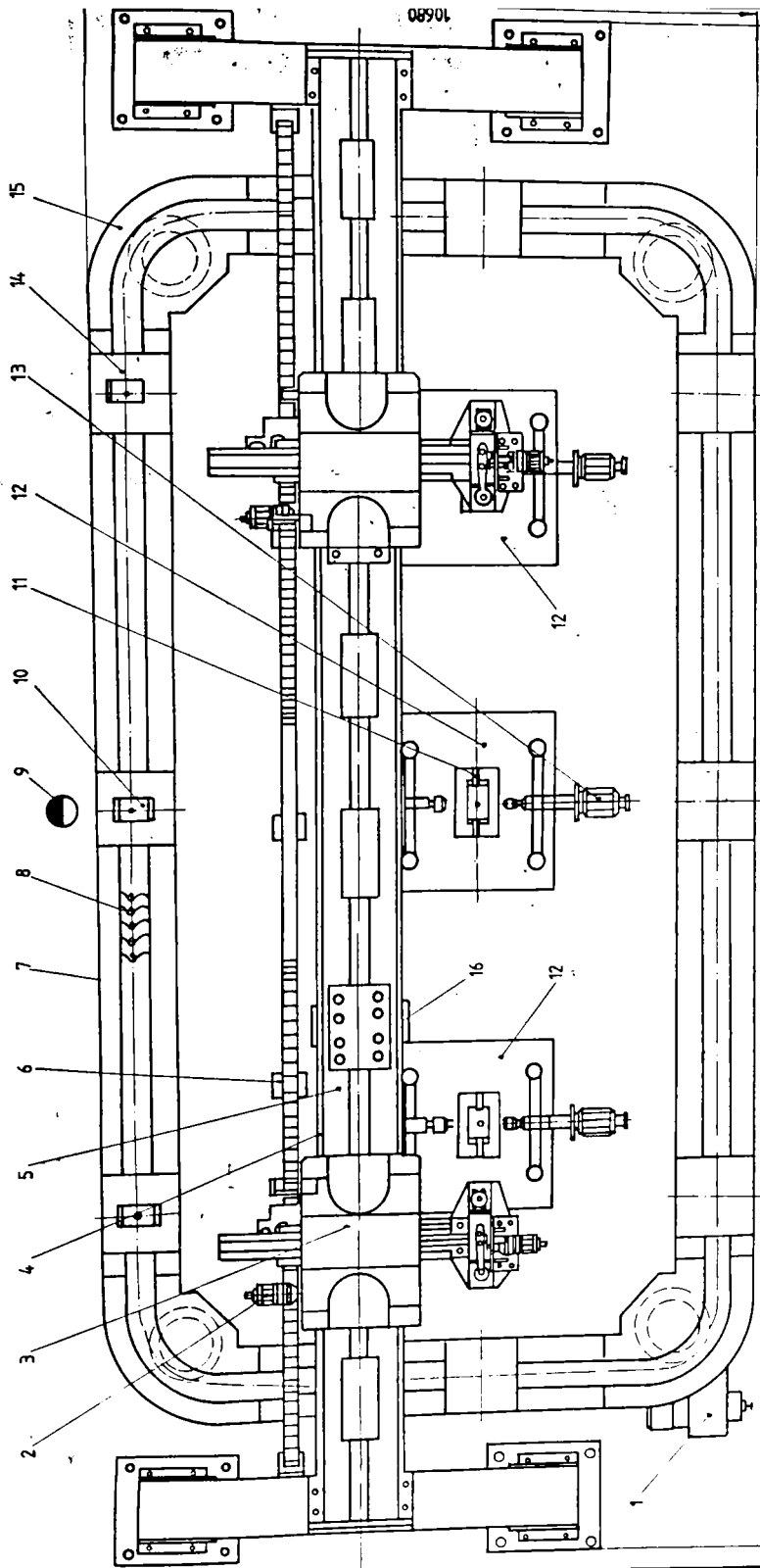
Tabelul 8-A2

(Studiul tehnologic al prelucrării mecanice a unei familii de repere de tip șasiu pentru aparate)

NR CRT	OPERATIA		PREZARE		GĂURIRE										FILETARE						CONTROL PRELUCRARI NR DE PUNDE PROCESARE	TOTAL OPERATI GABARIT MAXIM mm	NR DIRECTIONE PRELUCRARE	CONSERVARE SPECIFIC mm	PRELUCRARE MAY mm				
	COD ȘASIU	PT. STUDIU	DAEM	DAEM	STRĂVIRE	φ1	φ1.5	φ2.5	φ3	φ3.5	φ4.5	φ5	φ6	φ7	CONTROL INTERMEDIAR	M1.4	M2	M2.5	M3	M4						M5	M6	CONTROL	NR DE PUNDE PROCESARE
1	S101	M172-231	30000																				X	2	12	16.9	2	0.077	0.22
2	S102	M196-2131	4000																				X	1	11	32.1	2	0.04	0.3
3	S103	M192-2131	3000																				X	1	11	40.3	2	0.09	0.5
4	S104	M9-310	60000																				X	1	12	44	1	0.1	0.7
5	S105	ZMF42-132	5000																				X	1	10	22	1	0.09	0.4
6	S106	IMTE-21	3000																				X	1	14	40	1	0.1	0.9
7	S107	MH-8043	70000																				X	2	16	38	3	0.2	1
8	S201	T2CA43-11	250000																				X	2	48	103	3	0.45	3
9	S202	1CM4-1	400000																				X	2	34	44	3	0.42	2.7
10	S208	PJ-5043045	5000																				X	1	11	37	1	0.04	0.5
11	S109	MP40-133	70000																				X	2	13	26	2	0.03	0.45
FORJARE RELATIVĂ OPERATI %				3.15	2.10	2.63	4.2	6.84	5.26	11.05	1.05	10.52	2.10	1.57	105	105	1.05	3.78	3.15	7.36	3.68	10.52	9.47	10.5	1.03				

LEGENDA
 PRELUCRĂRI FINALE, GĂURI STRĂPUNSE
 GĂURI ÎN FUNDATE
 GĂURI TEHNOLOGICE

PRELUCRĂRI DUPĂ DIRECȚIA
 Z
 Y
 X



10680

10.680

LEGENDĂ

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1 Grup antrenare sistem transfer | 9 Post de încărcare-descărcare palete |
| 2 Grup antrenare manipulator | 10 Dispozitiv însoțitor piesă |
| 3 Modul de translație | 11 Dispozitiv de fixare |
| 4 Ghidaje longitudinale | 12 Post flexibil de lucru |
| 5 Cale de rulare | 13 Unitatea de lucru (UEPB-UEPT) |
| 6 Suport susținere | 14 Paleți port dispozitiv |
| 7 Sistem de transfer | 15 Modul de întoarcere |
| 8 Lant cu elisă specială | 16 Montant |

LINEE TECHNOLOGICĂ AUTOMATĂ FLEXIBILĂ PENTRU GĂURIRE
FILETARE SASIU APARAT ELECTRIC DESERVITĂ DE MANIPULATOR
PORTAL COMANDAT PRIN PROCESOR

Fig. 6.8a-A3

CICLOGRAMA
de lucru a manipulatorului portal implementat în linia tehnologică flexibilă
LTF-00 pentru preluat șasiuri

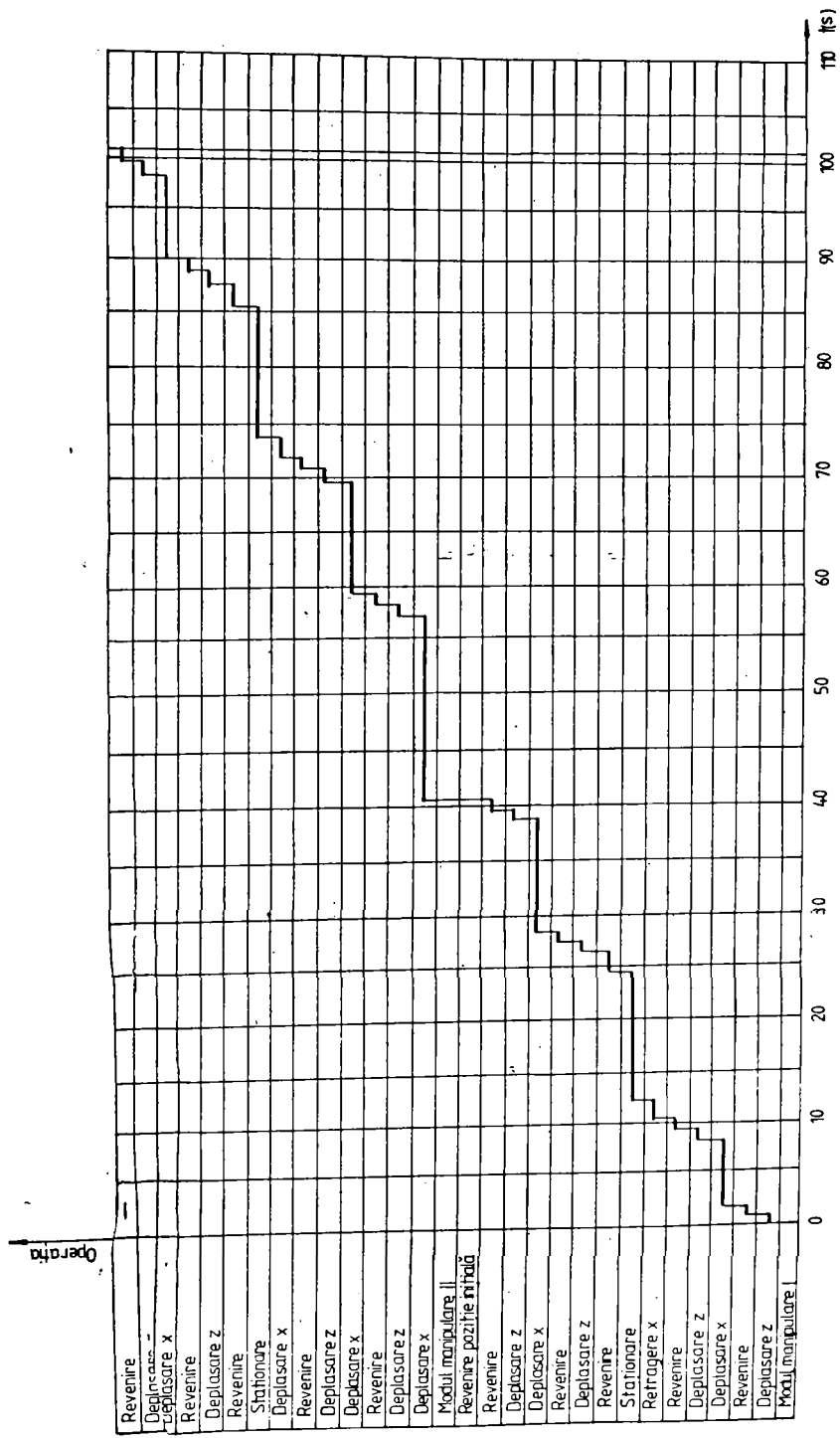
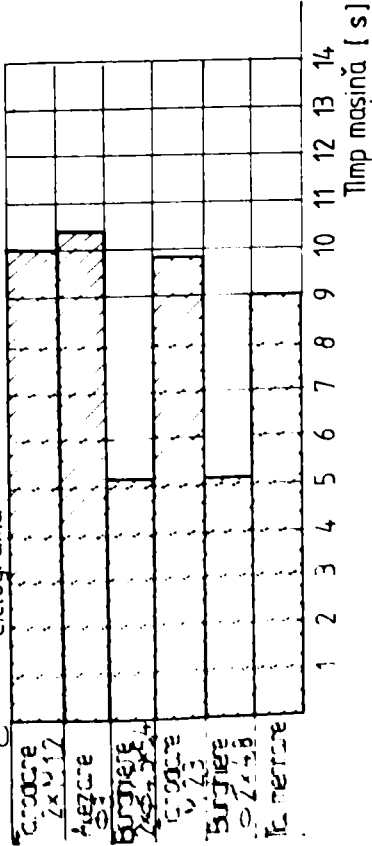


Fig. 6.8 b-A4

Schema de preluare a sașiului M 96-2.1.3.10
pe agregat realizat pe unități tipizate Indigene UEPB10 și UEPT 10

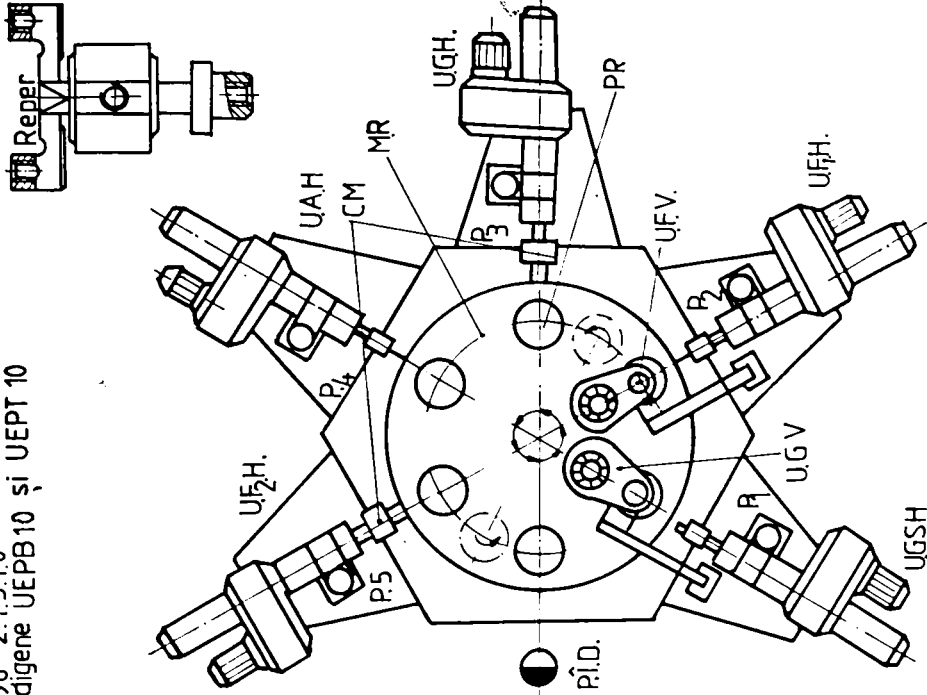
Ciclogramă



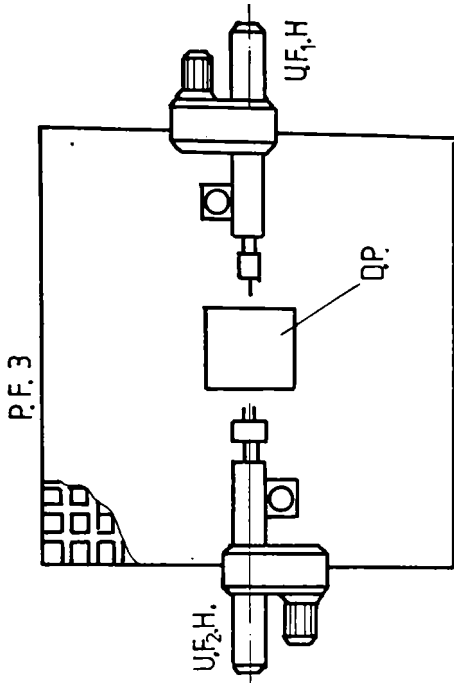
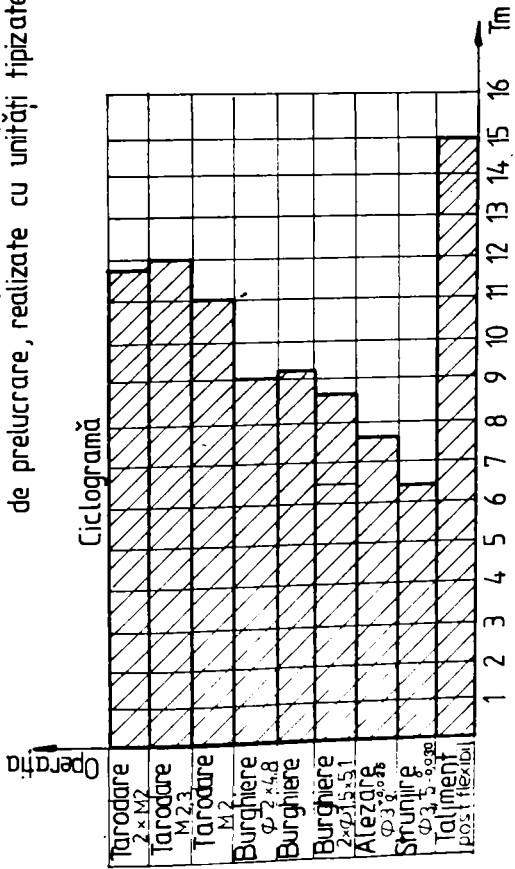
Op. Caract	Burghiere		Strunire		Tarodare	
	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea
P1	φ2x4,8 φ1,5x4	UGSH UGV	φ35 ±0,030	UGSH	M23 M2	UFH, U.F.V.
P2						
P3	2xφ15x51	UGH				
P4			φ3 ±0,025	UAH		
P5					2xM2	U.F.H.

Caracteristici tehnice

Regim de lucru automat
Puterea instalată totală: 12,5 [KW]
Suprafața utilă: ≈6,9[m²]
Capacitatea de producție de regim: 14,5 [buc/oră]
[tehnologii tehnologice specifice: 9,23 [lei/buc]
Consumul specific de aer comprimat: 0,0046 [Nm/buc]
Consumul specific de energie electrică: 10,68 KW/buc]

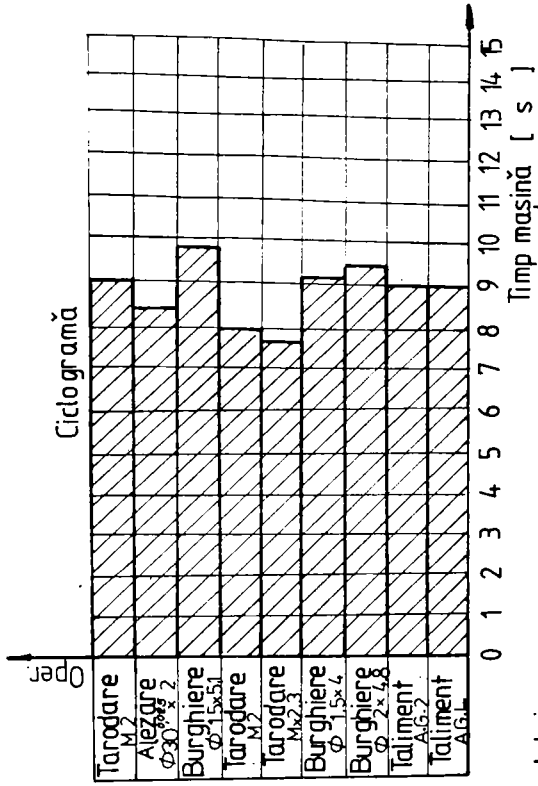


Schema de prelucrare a șasiului MI 96 21310 pe posturi flexibile de prelucrare, realizate cu unități tipizate indigene UEPT 5 și UEPT 5 [2]



Op. / Post flexibil	Burghiere		Strunjire / Alezare		Tarodare	
	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea
P F 1	—	—	$\phi 3,3 - 0,020$	U S H	—	—
P F 2	$\phi 1,5 \times 4$	UG.V	$\phi 3,5 - 0,025$	U A H	—	—
	$\phi 2 \times 4,8$	UG.H	—	—	—	—
	$2 \times \phi 1,5 \times 5,1$	UG.H	—	—	—	—
P F 3	—	—	—	—	M 2	U F V
	—	—	—	—	M 2,3	U F H
	—	—	—	—	2 x M 2	U F H

Schema de prelucrare a șasiului MI 96-2.1.3.1.0 pe agregate realizate cu unități acționate cu arbori flexibili [2.]



Agregat	Operatie Post	Caract	Burghiere		Tarodare	
			Strunjire	Unitatea	Alezare	Unitatea
A G.1	P.1	—	Dimensiuni	UGSH UGV	—	—
			φ ₁ φ ₂	φ350,030	—	—
	P.2	—	—	—	M2,3 M2	UEH. UEV
A G.2	P.1	—	Dimensiuni	—	—	—
			2 x φ	15 x 5,1	UGH	—
	P.2	—	—	—	φ ₃₀ p25 2 x M2	UAH UEH
	P.3	—	—	—	—	—

Caracteristici tehnice

Regim de lucru: automat

Puterea instalată: totală 8 [KW]

Suprafata utilă: ≈ 5,2 [m²]

Capacitatea de producție de regim: 364 [$\frac{\text{buc}}{\text{ora}}$]

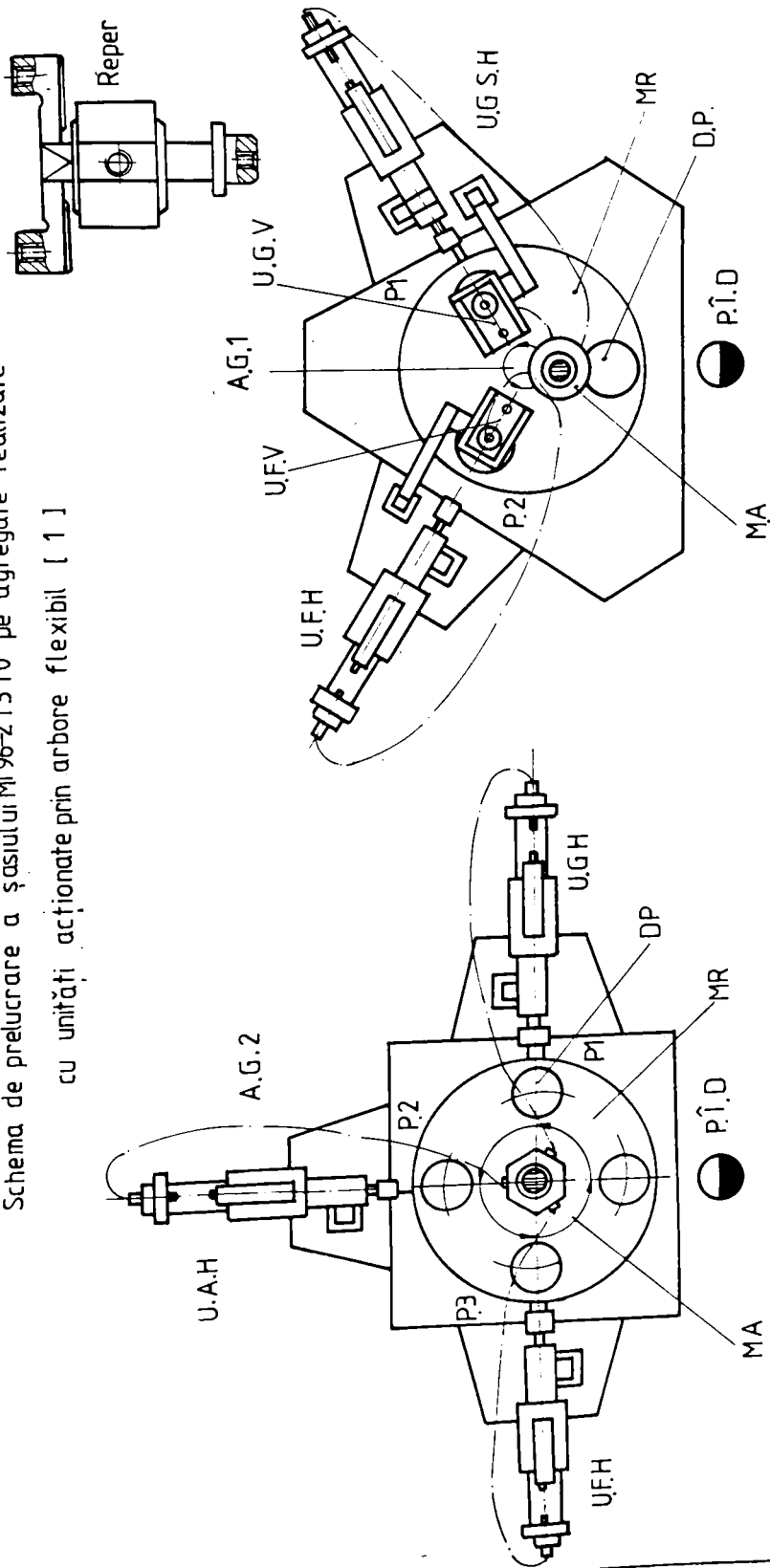
Cheltuieli tehnologice specifice : 8,2 [lei buc]

Consumul specific de aer comprimat : 0,0048 [$\frac{\text{Nm}^3}{\text{buc}}$]

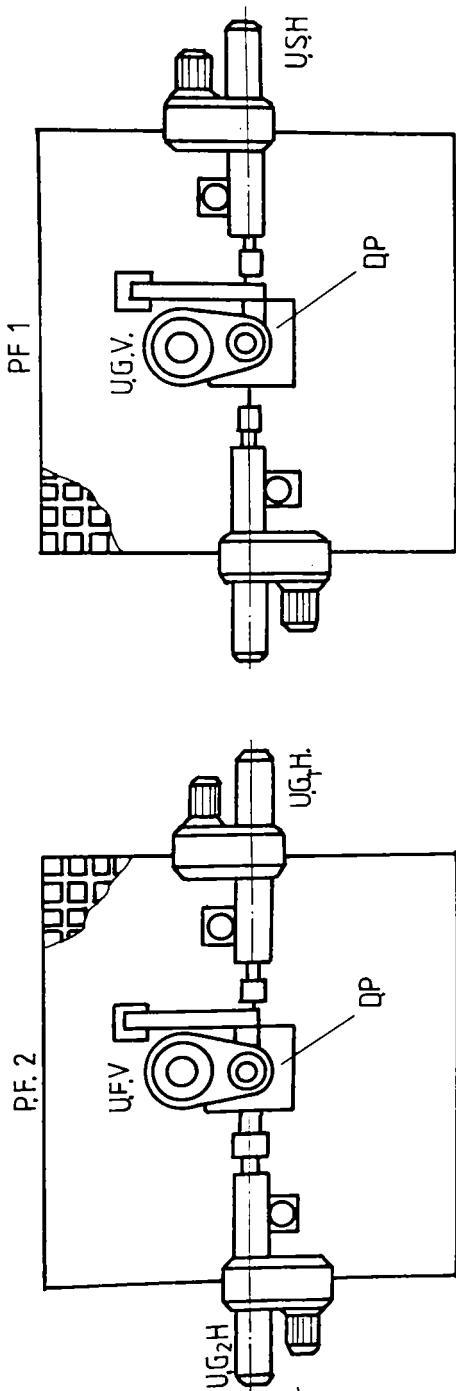
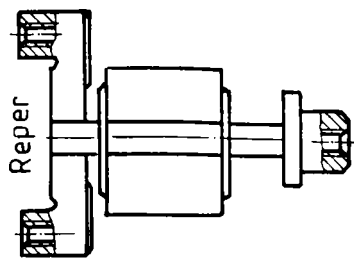
Consumul specific de energie electrică : 0,45 [$\frac{\text{KW}}{\text{buc}}$]

A7

Schema de prelucrare a șasiului MI 96-21310 pe agregate realizate
cu unițiți acționate prin arbore flexibil [1]



Schema de prelucrare a șasiului MI 96-2.1.3.1.0 pe posturi flexibile
de prelucrare realizate cu unități tipizate indigene UEPB5 și UEPT5 [1]



Caracteristici tehnice

Regim de lucru: manual

Puterea instalată totală: 12 [KW]

Suprafața utilă: 4,5 [m²]

Capacitate de producție de regim: 133,82 $\left[\frac{\text{buc}}{\text{ora}} \right]$

Cheltuieli tehnologice specifice: 6,67 lei/buc

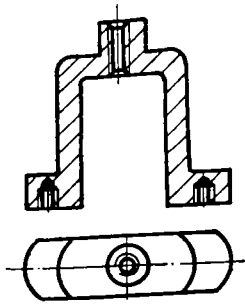
Consumul specific de aer comprimat: 0,006 $\left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{buc}} \right]$

Consumul specific de energie electrică: 0,46 $\left[\frac{\text{KW}}{\text{buc}} \right]$

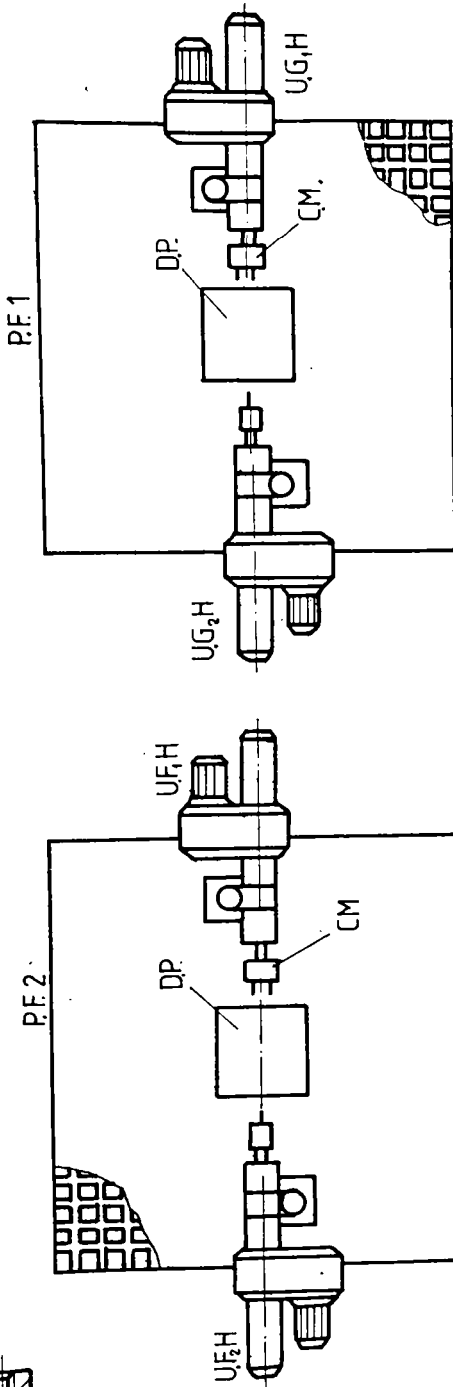
A 9.

Fila 1/2

Schema de prelucrare a șasiului MI 72-2.3.1. A
 în posturi flexibile realizate cu unități tipizate indigene UE PB10 și UE PT 10



Reper

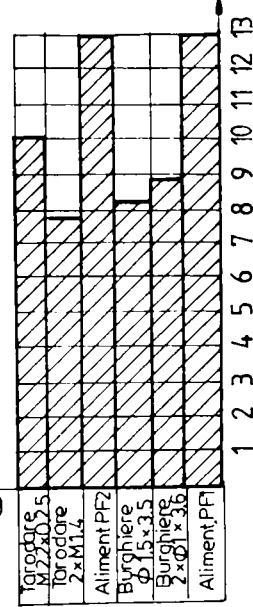


Caracteristici tehnice

Regim de lucru: manual
 Puterea instalată totală : 6 [KW]
 Suprafața utilă: ≈ 4, 8 [m²]
 Capacitatea de producție de regim:
 156, 25 [buc/oră]
 Cheltuieli tehnologice specifice :
 5, 44 [(lei/buc)]
 Consum specific de aer comprimat:
 0, 0047 [Nm³/buc]
 Consum specific de energie electrică:
 0, 155 [KW/buc.]

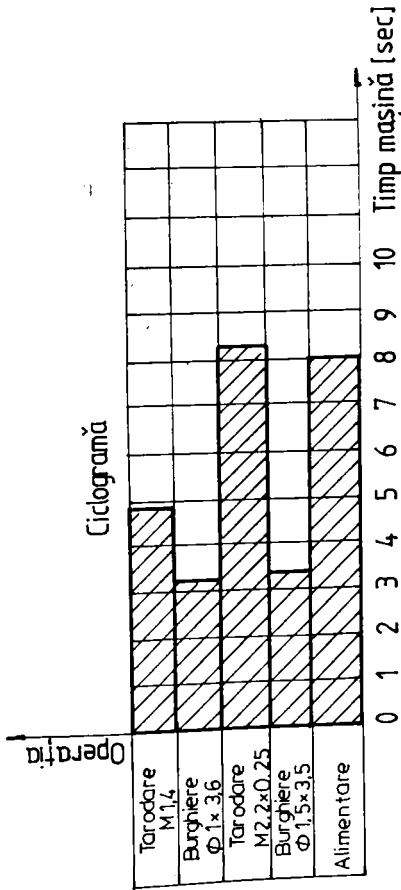
Operația

Op./echip Post. flexibil	Burghiere Dimens.	Unit.	Tarodare Dimens.	Unit.
PF1	2 x φ1 x 36	UG ₁ H	—	—
PF2	φ1,5 x 3,5	UG ₂ H	2 x M1,4	UF ₁ H
	—	—	M2, 2 x 0, 25	UF ₂ H



Timp de mașină [sec.]

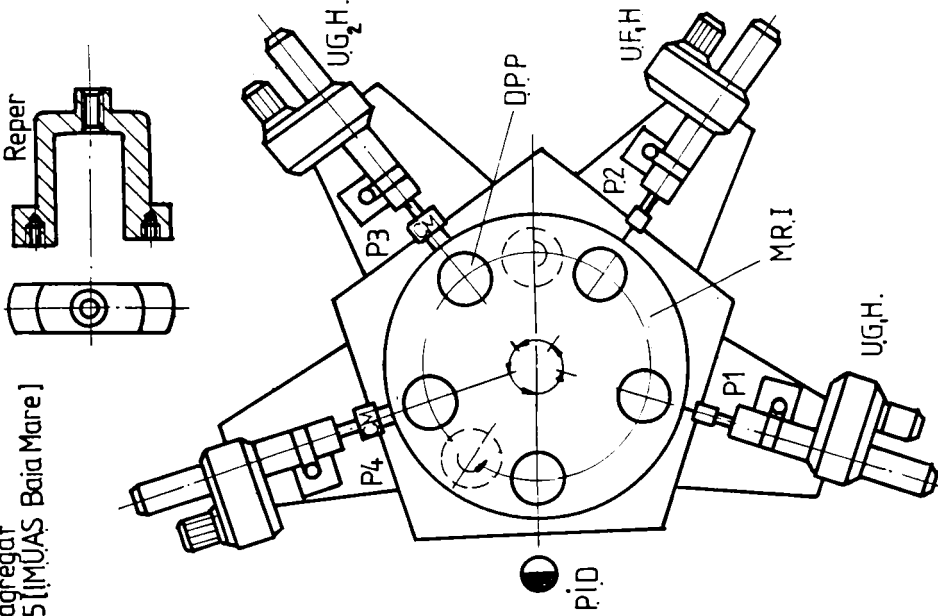
Schema de prelucrare a sasiului M172-231.A de agregat UEPB-5 si UEPT-5 (MUAS Baia Mare) realizat cu unități fizizate indigene



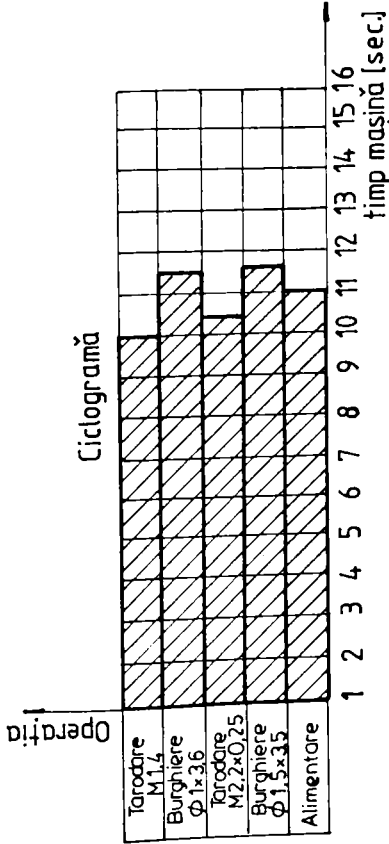
Post	Burghierea		Tarodare	
	Dimensiuni	Tip, unitate	Dimensiuni	Tip, unitate
P1	1,5 x 3,5	UG ₁ H	—	—
P2	—	—	M2,2 x 0,25	UF ₁ H
P3	2 x Ø1 x 3,6	UG ₄ H	—	—
P4	—	—	2 x M1,4	UF ₂ H

Caracteristici tehnice

- Regim de lucru: automat
- Puterea instalată totală: 8 [KW]
- Suprafata utilă: ≈ 4[m²]
- Capacitatea de producție de regim: 434, 25 [buc/oră]
- Cheltuieli tehnologice specifice: 8,22 [lei/buc]
- Consumul specific de aer comprimat: 0,00329[Nm³/buc]
- Consum specific de energie electrică: 0,48 [KW/buc.]



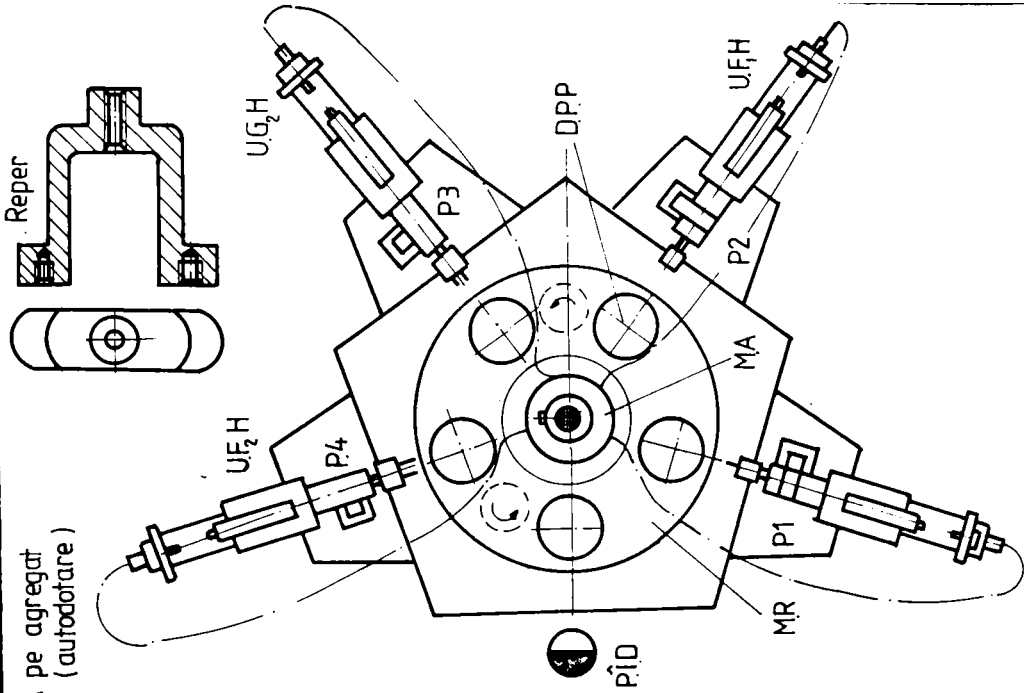
Schema de prelucrare a șasiului M1.72 - 2.31.A pe agregat realizat cu unități acționate prin arbore flexibil (autodotare)



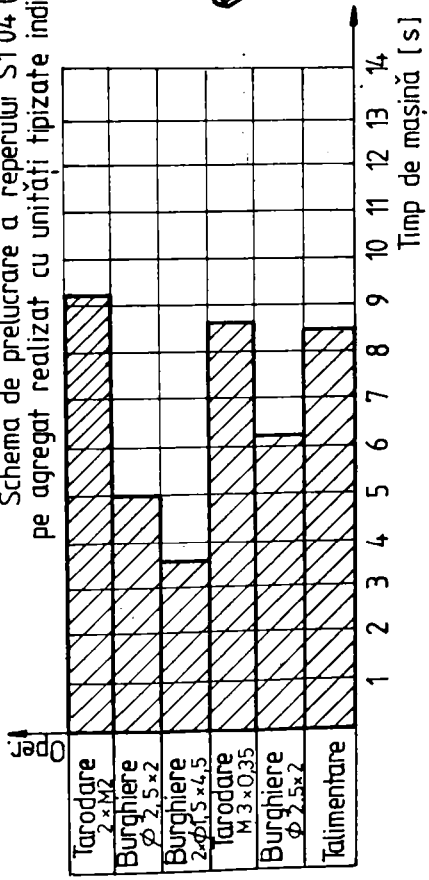
Op./echip Post	Burghiere		Tarodare	
	Dimensiuni	Tip unit	Dimensiuni	Tip unit.
P1	φ 1,5x3,5	UG,H	—	—
P2	—	—	M2,2x0,25	UFH
P3	2xφ 1x3,6	UG,H	—	—
P4	—	—	2xM1,4	UF ₂ H

Caracteristici tehnice

- Regim de lucru: automat
- Puterea instalată totală : 4[KW]
- Suprafata utilă : 3[m²]
- Capacitatea de producție de regim : 307,16 [buc/oră]
- Cheltuieli tehnologice specifice : 6,70[lei/buc]
- Consum specific de aer comprimat : 0,0045[Nm³/buc.]
- Consumul specific de energie electrică : 0,18[KW/buc]



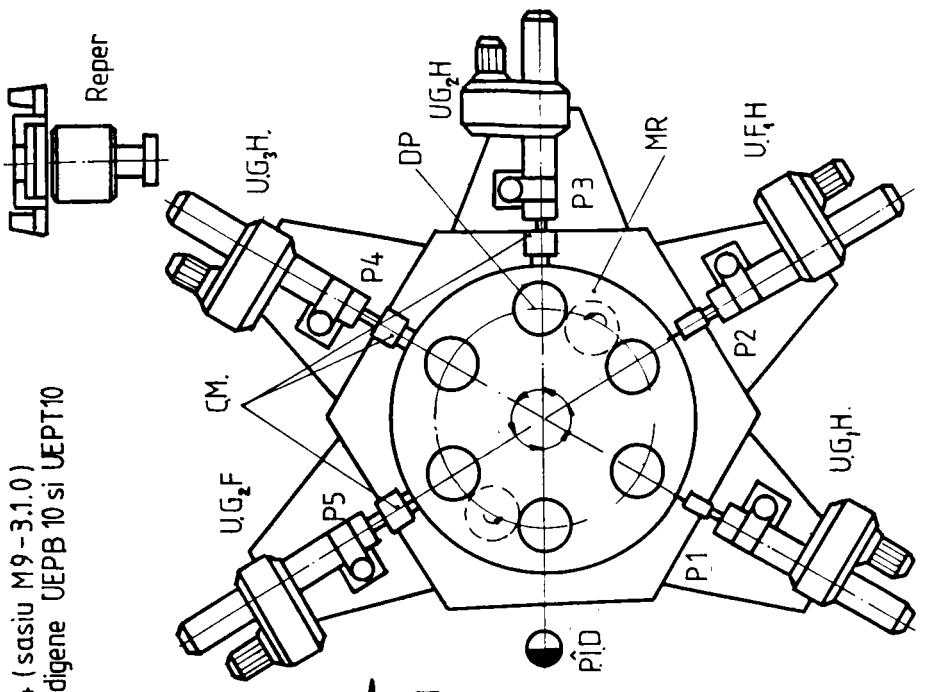
Schema de prelucrare a reperului S104 (sasiu M9-3.1.0)
pe agregat realizat cu unități tipizate indigene UEPT10



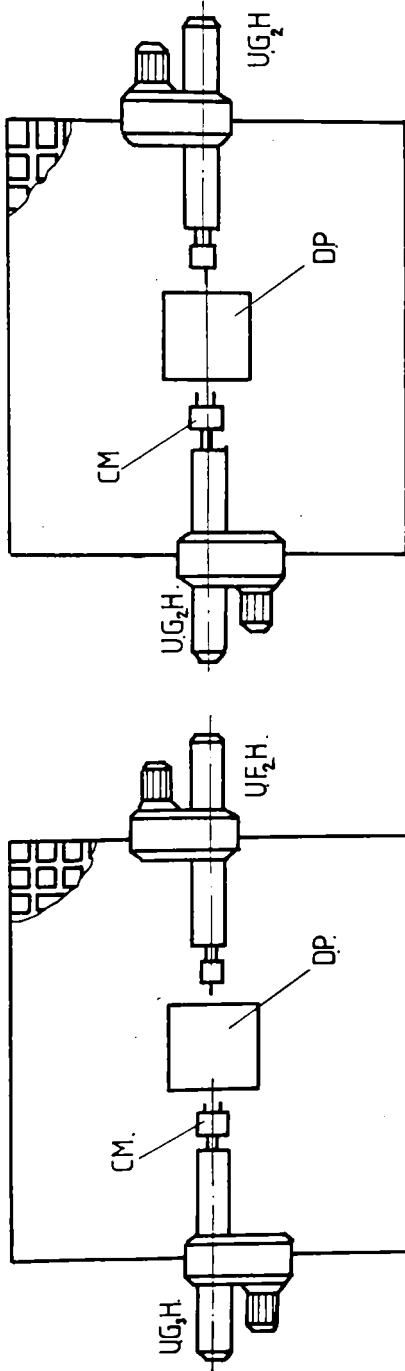
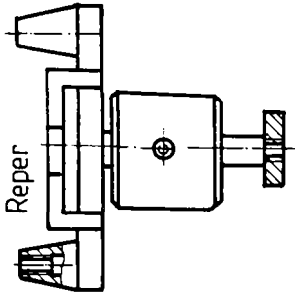
Op/ caract.	Burghiere		Tarodare	
	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea
P1	φ 2,5x2	UG ₁ H.	—	—
P2	—	—	M3x0.35	UG ₁ H.
P3	φ 1,5x4.5 φ 1,3x2	UG ₂ H.	—	—
P4	φ 1,5x4.5 φ 2,5x2	UG ₁ H.	—	—
P5	—	—	2xM2 M3x0.35	UG ₁ H.

Caracteristici tehnice

- Regim de lucru: automat
- Puterea instalată totală: 9,5 [KW]
- Suprafața utilă: ≈ 5 m²
- Capacitatea de producție de regim: 390 [buc/oră]
- Cheltuieli tehnologice specifice: 6,68 [lei/buc]
- Consumul specific de aer comprimat: 0,0037 [Nm³/buc.]
- Consumul specific de energie electrică: 1,1 [KW/buc.]



Schema de prelucrare a șasiului M9-3,1,0 pe posturi
flexibile de prelucrare realizate cu unități fizizate indigene
UEPB5 și UEPT5



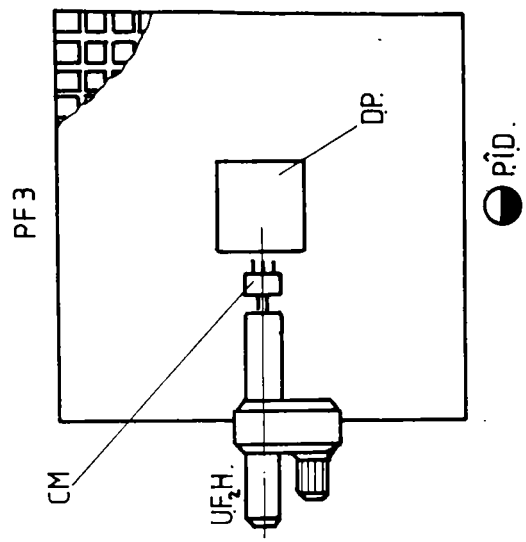
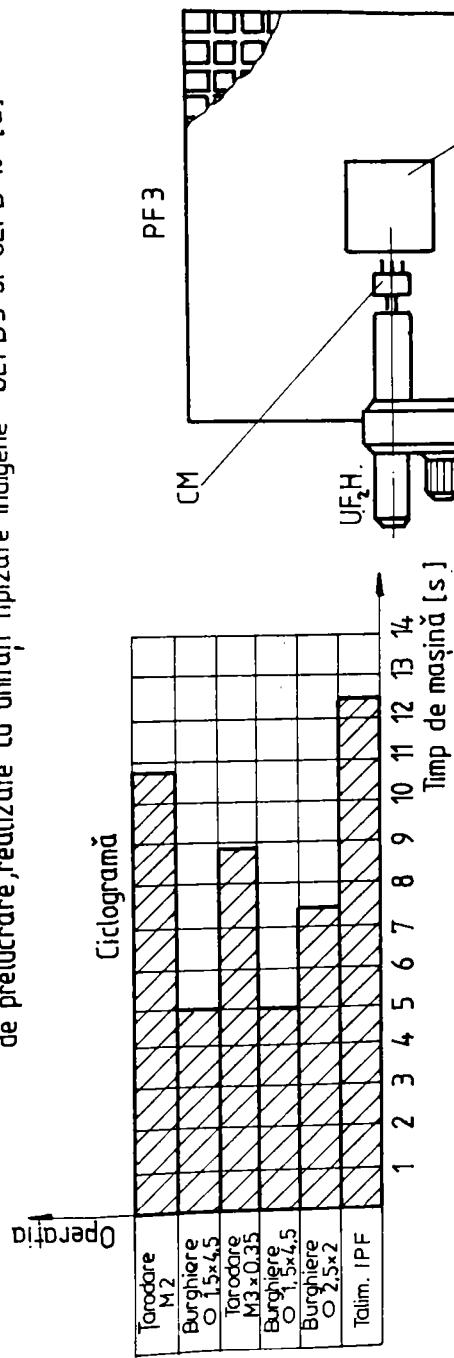
● P.Î.D

Caracteristici tehnice

- Regim de lucru: manual
- Puterea instalată totală: 7,5 [KW]
- Suprafața utilă : 756 m²
- Capacitatea de producție de regim : 154 [buc/oră]
- Cheltuieli tel iologice specifice : 4,7 [(lei/buc]
- Consumul specific de aer comprimat: 0,0045[Nm³/buc]
- Consumul specific de energie electrică : 0,75 [KW /buc]

● P.Î.D

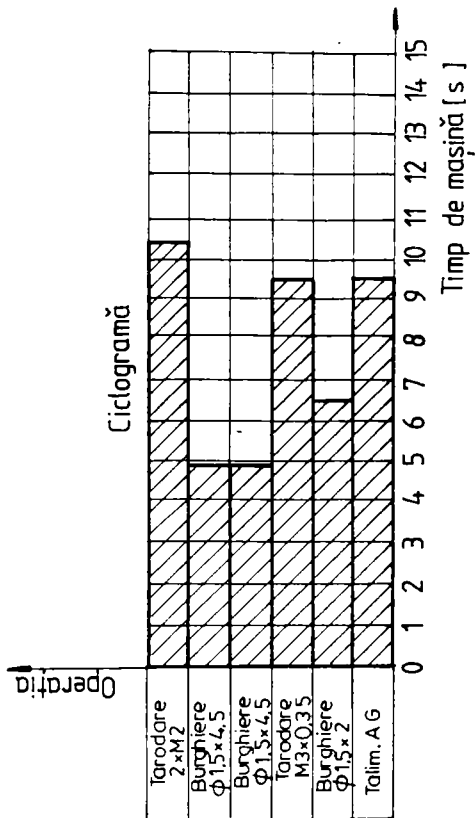
Schema de prelucrare a șasiului M9-3.10 pe posturi flexibile de prelucrare, realizate cu unificări tipizate indigene UEPB5 și UEPB 10 [2]

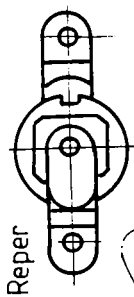


Op. caract. Post. flexibil	Burghiere		Tarodare	
	Dimensiuni	Unificatarea	Dimensiuni	Unificatarea
P.F.1	ϕ 2,5x2	U.G. ₁ H.	—	—
	ϕ 1,5x4,5 ϕ 2,5x2	U.G. ₂ H.	—	—
PF2	—	—	M3x0,35	U.F. ₁ H.
	ϕ 1,5x4,5 ϕ 1,3x2	U.G. ₃ H.	—	—
PF3	—	—	2xM2 M3x0,35	UFH

Schema de prelucrare a șasiului M9—3,1,0 pe agregat realizat cu unități acționate cu arbore flexibil [2]

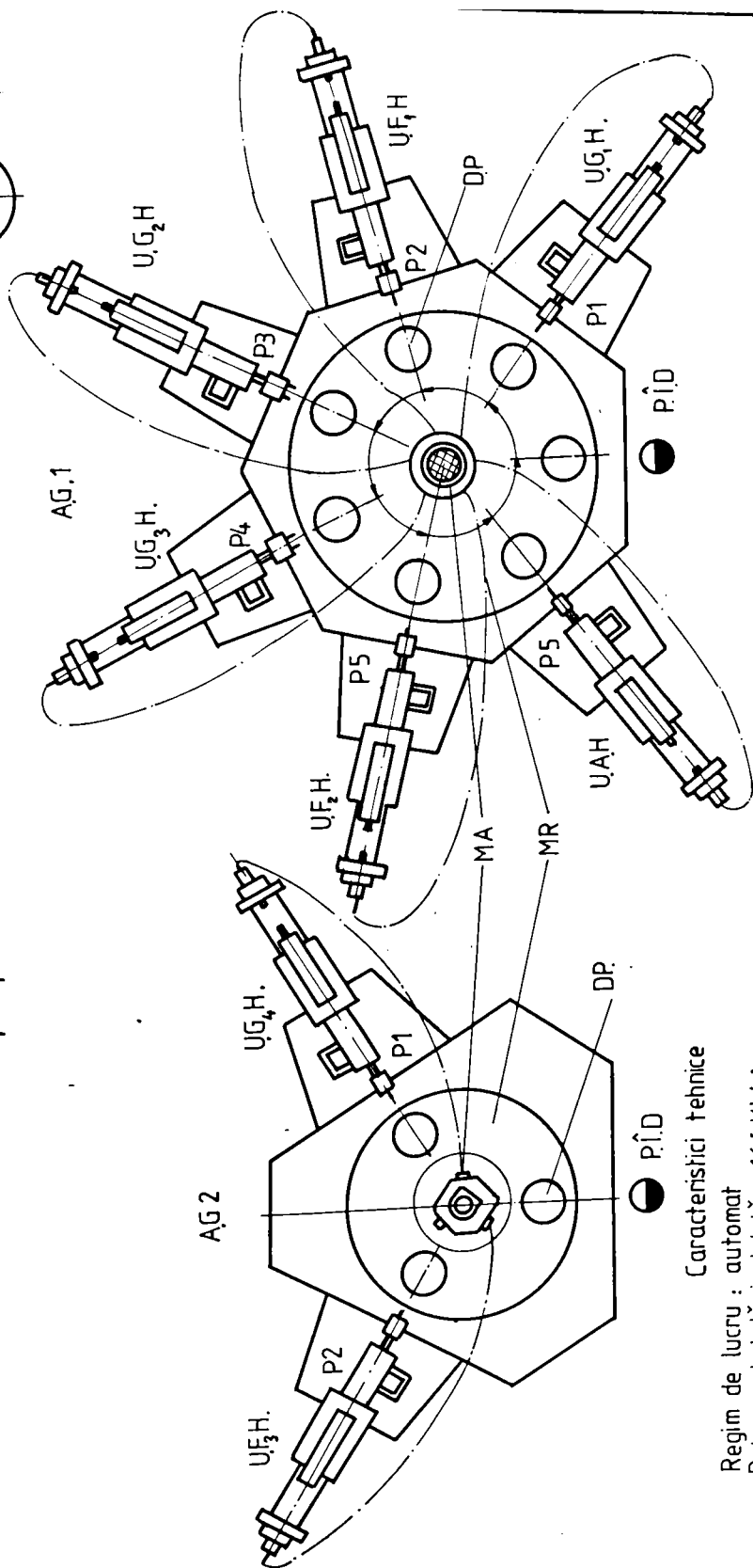
Op./caracteristică	Burghiere		Tarodare	
	Dimensiuni	Uni-tatea	Dimensiuni	Uni-tatea
Agregat AG1	P1	$\phi 2,5 \times 2$	—	—
	P2	—	M3x0,35	UF ₁ H
AG2	P1	$\phi 1,5 \times 4,5$ $\phi 1,3 \times 2$	—	—
	P2	$\phi 1,5 \times 4,5$ $\phi 2,5 \times 2$	—	—
		P3	—	2xM2 M3x0,35





Reper

Schema de prelucrare a șasiului PJ-5.043.045 pe agregate realizate cu unități acționate prin arbore flexibil [1]



Caracteristici tehnice

Regim de lucru : automat

Purerea totală instalată : 16 [KW]

Suprafata utilă: $\approx 5,7$ [m²]

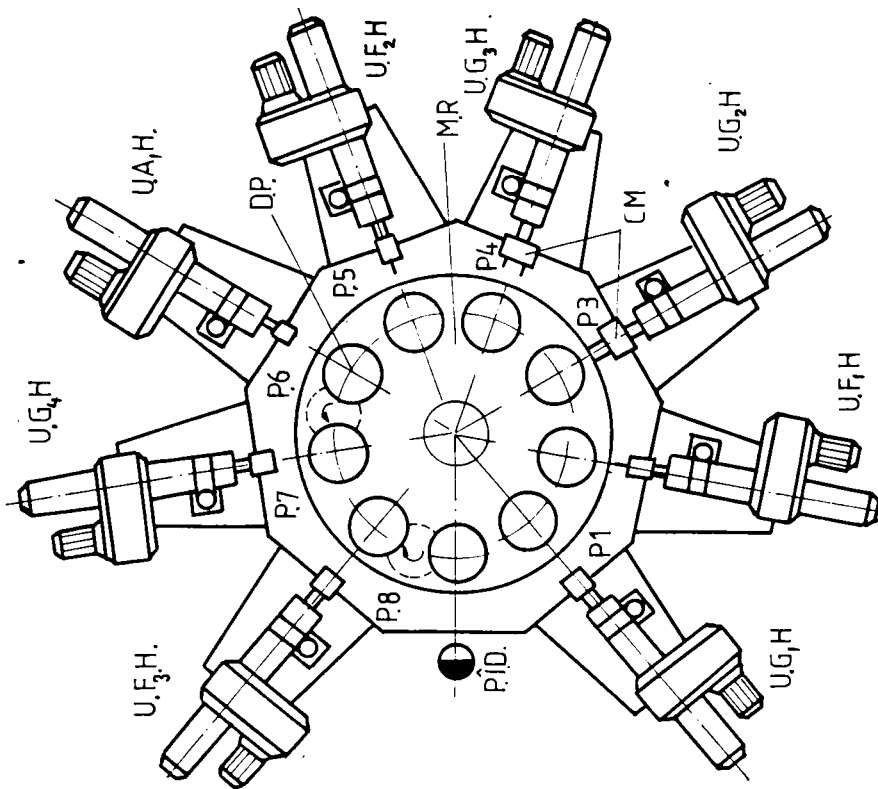
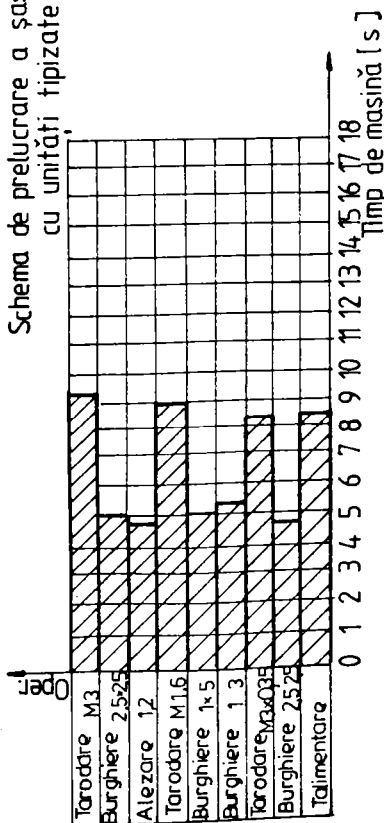
Capacitatea de producție de regim: 367 [buc./oră]

Cheltuieli tehnologice specifice: 13,05 [lei./buc]

Consumul specific de aer comprimat: 0,0053 [Nm³]

Consum specific de energie electrică: 0,81 [KW / buc]

Schema de prelucrare a șasiului PI-5043.045 pe agregat realizat cu unități tipizate indigene UEPIB 10 și UEPT 10



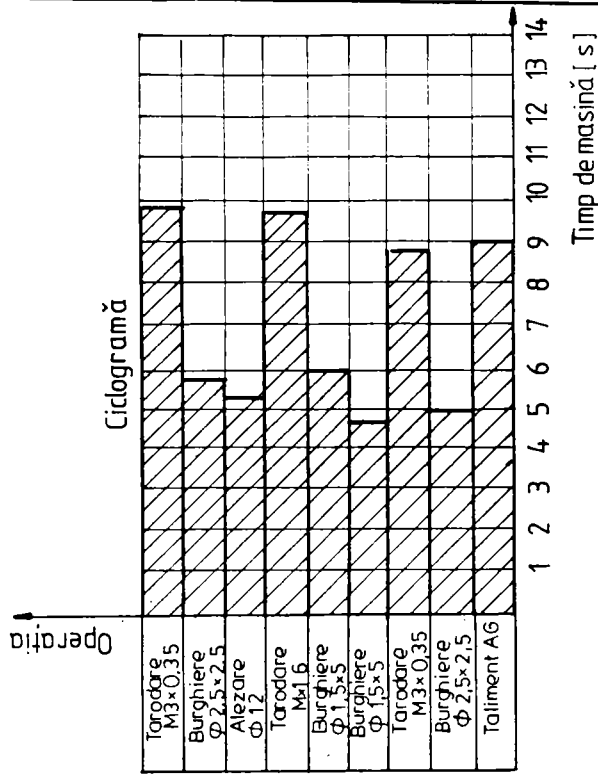
Postul	Burghiere		Alezare		Tarodare	
	Dimens.	Unitatea	Dimens.	Unitatea	Dimens.	Unitatea
P1	Φ2,5x25	UG ₁ H	—	—	—	—
P2	—	—	—	—	M3x0,35	UF ₁ H
P3	Φ3x3 Φ1x5	UG ₁ H	—	—	—	—
P4	Φ3x3 Φ1x2,5	UG ₁ H	—	—	M1,6	UF ₂ H
P5	—	—	—	—	—	—
P6	—	—	—	—	M3x0,35	UF ₃ H
P7	Φ2,5x25	UG ₄ H	—	—	—	—
P8	—	—	—	—	—	—

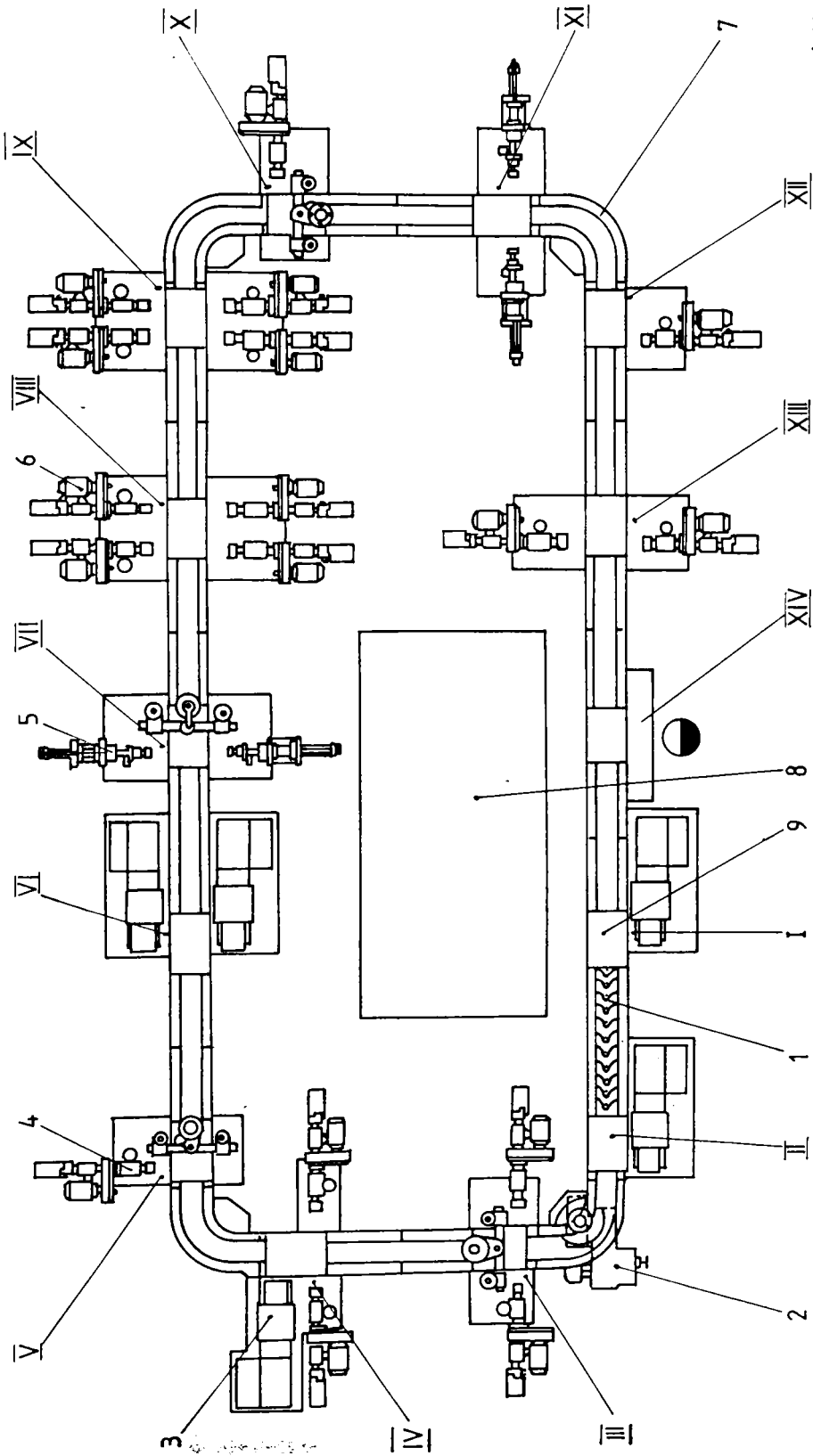
Caracteristici tehnice

- Regim de lucru automat
- Puțerea totală instalată : 14 [KW]
- Suprafața utilă ≈ 5 [m²]
- Capacitatea de producție de regim : 380 [buc/oră]
- Cheltuieli tehnologice specifice : 13,64 [lei/buc]
- Consumul specific de aer comprimat : 0,0059 [Nm³/buc]
- Consum specific de energie electrică : 1,24 [KW]

Schema de prelucrare a șasiului PJ-5,043,045 pe agregate realizate cu unificări acționate prin arbore flexibil [2]

Op./caract. Agregat	Post.	Burghiere		Alezare		Tarodare	
		Dimens.	Uni-tatea	Dimens.	Uni-tatea	Dimens.	Uni-tatea
AG 1	P 1	φ2,5x2,5	UG _H	—	—	—	—
	P 2	—	—	—	—	M3x0,35	U _F H
	P 3	φ3x3 φ1x5	UG _H	—	—	—	—
	P 4	φ3x3 φ1x2,5	UG _H	—	—	—	—
	P 5	—	—	—	—	M1,6	U _F H
	P 6	—	—	φ1,2 ⁰⁰⁵	UAH	—	—
AG 2	P 1	φ2,5x2,5	UG _H	—	—	—	—
	P 2	—	—	—	—	M3x0,35	U _F H





A 21

Fila 1 / 3

Linie automată cu structură flexibilă destinată prelucrării mecanice a șasiurilor pentru aparate electrice de măsură

Componența liniei automate cu structură flexibilă

I	Post de frezare		
II	Post de frezare		
III	Post de burghiere		
IV	Post de frezare și burghiere		
V	Post de burghiere		
VI	Post de frezare		
VII	Post de control interfazic		
VIII	Post de burghiere și tarodare		
IX	Post de burghiere și tarodare		
X	Post de tarodare		
XI	Post de control interfazic		
XII	Post de tarodare		
XIII	Post de tarodare		
XIV	Post de încărcare descărcare		
1	Lant cu eclisă specială		
2	Grup de antrenare		
3	Unitate tipizata frezare		moto vario reductor
4	Unitate tipizată de burghiat		
5	Unitatea de control a găurilor înainte de tarodare		
6	Unitatea tipizată de tarodat		
7	Modul de transfer cu întoarcere la 90		
8	Aparataj electric și pneumatic		
9	Paletă		

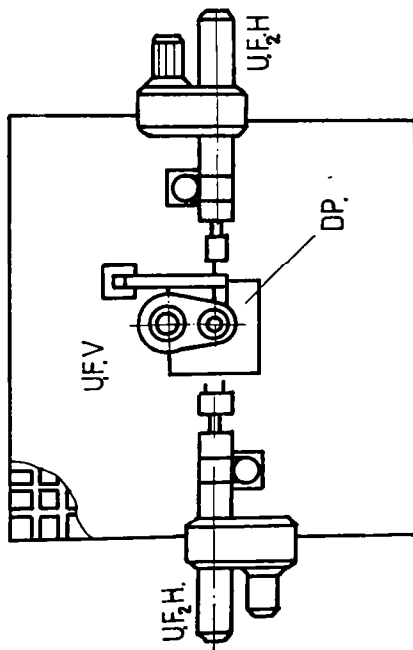
Caracteristici tehnice :

- Ciclul de lucru: automat
- Puterea instalată totală: 46 [KW]
- Suprafața ocupată: 53[m]
- Capacitatea de producție de regim: 144 [buc/oră]
- Număr unități tipizate burghiere: 12 [buc]
- Număr unități tipizate tarodare: 9 [buc]
- Număr unități tipizate frezare: 5 [buc]
- Număr unități de control: 5 [buc]
- Sistem de transport și fixare piesă, automat
- Sistem încărcare descărcare: manual
- Precizia de prelucrare: 0,012 [mm]
- Dimensiuni de gabarit: 9400 x 5600 x 2025 [mm]

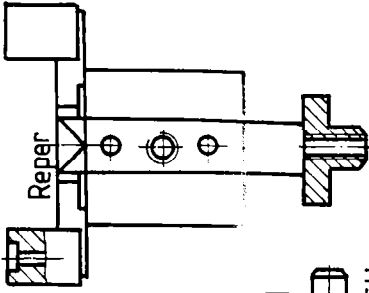
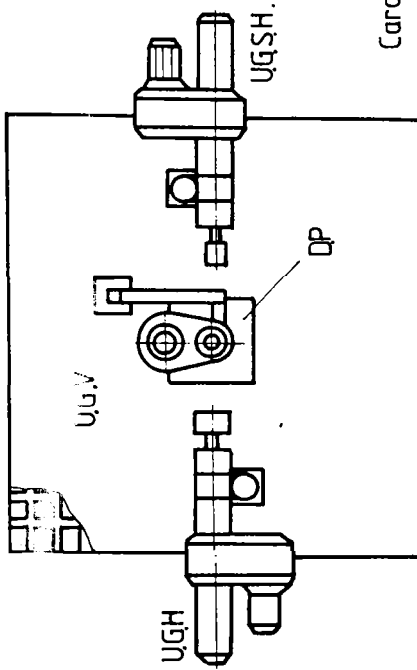
Post/operatie Şasiu (cod)	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		XI		XII		XIII	
	Frezare	Frezare	Găurire Strunjire	Găurire Frezare	Găurire	Frezare	Control intermediar de şurub	Găurire Filetare	Frezare	Găurire	Filetare	Control interfazi	Filetare	Găurire Filetare	Filetare	Găurire Filetare	Filetare	Filetare	Filetare	Filetare	Filetare	Filetare	Filetare	Filetare
MI 72-2.31			X	X			X					X				X								X
MI 96-2.1.31			X	X	X		X		X							X			X					X
MI 92-2.1.3.1.0			X	X	X		X		X						X			X						X
M 9-3.1.0			X	X	X		X		X						X			X						X
MH-8.0.4.3			X	X			X		X		X													X
T2CA43-1.1	X	X	X	X	X		X	X	X		X				X	X		X						X
1CN4-11.	X	X	X	X	X		X	X	X		X				X	X		X						X
PJ-5.0.43.045.			X	X	X		X		X		X					X								X
MP40-133			X	X			X		X		X													A23

Schema de prelucrare a șasiului MI 192-2.1.3.1.0 pe posturi flexibile
de prelucrare realizate cu unități tipizate indigene UEPB 5 și UEPT 5

P.F.2



P.F.1



Caracteristici tehnice :

Regim de lucru: manual

Puterea instalată totală : 9 [KW]

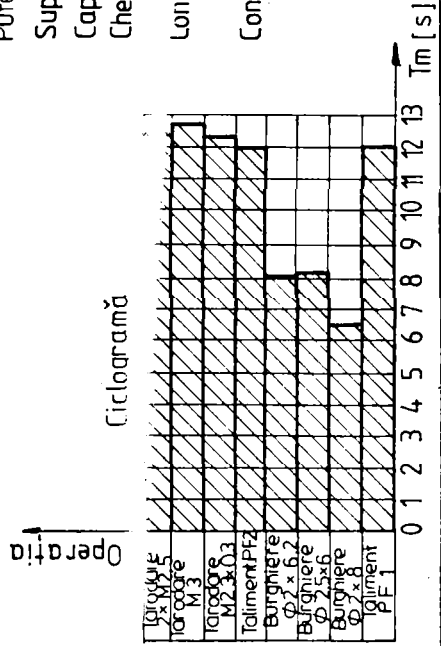
Suprafața utilă: $\approx 5,5 [m^2]$

Cap.de prod.de regim: 144 [buc/oră]

Cnelțuilei tehnologice specifice: 5,95 [lei/buc.]

Consumul specific de energie electrică: 0,005 [Nm³/buc.]

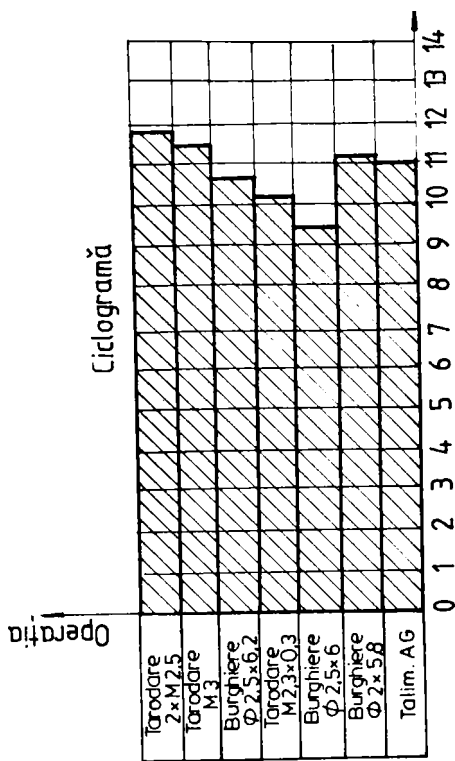
Consum specific de energie electrică: 0,8 [K W/buc.]



Op./Caract Post flexibili	Burghiere		Strunjire		Tarodare	
	Dimens.	Unitate	Dimens.	Unitate	Dimens.	Unitate
P.F.1	$\phi 2 \times 5,8$	UGSH	$\phi 3,5 \times 9,0$	UGSH	—	—
	$\phi 2,5 \times 6$	UGV	—	—	—	—
	$2 \times \phi 2 \times 6,2$	UGH	—	—	M2,3-0,3-58	UFH
P.F.2	—	—	—	—	M3x4	UFV
	—	—	—	—	2xM2,5x6,2	UFH

Schema de prelucrare a șasiului MI192-2.1.3.1.0 pe agregate realizate cu unități acționate prin arbore flexibil

Agregat	Oper/ caract. Post	Burghiere /strunjire		Tarodare	
		Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea
AG 1	P1	$\phi 2 \times 5,8$	UGSH	—	—
	P2	$\phi 2,5 \times 6$	UGV	M2,3 x 0,3	UFH
AG 2	P1	$2 \times \phi 2 \times 6,2$	UGH	M3	FFV
	P2	—	—	$2 \times M2,5$	UFH



Caracteristici tehnice

Regim de lucru : automat

Puterea instalată totală : η [KW]

Suprafața utilă : 4,4 [m]

Capacitatea de producție de regim : 240 [buc/oră]

Cheltuieli tehnologice specifice : 8,55 [lei/buc.]

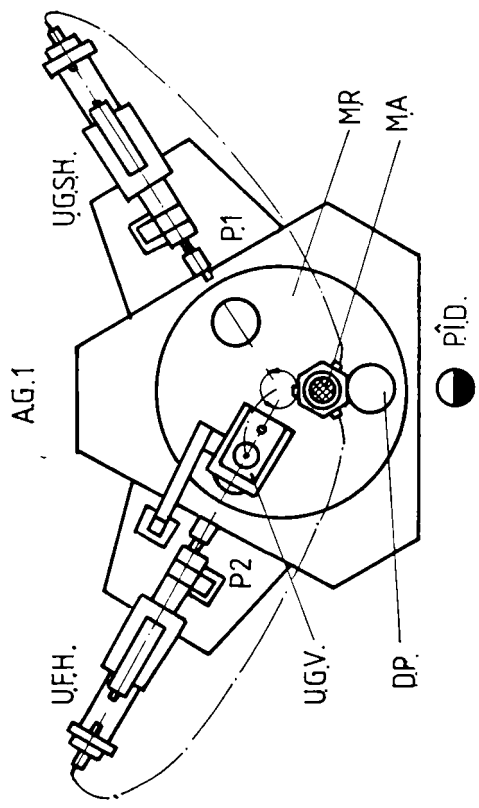
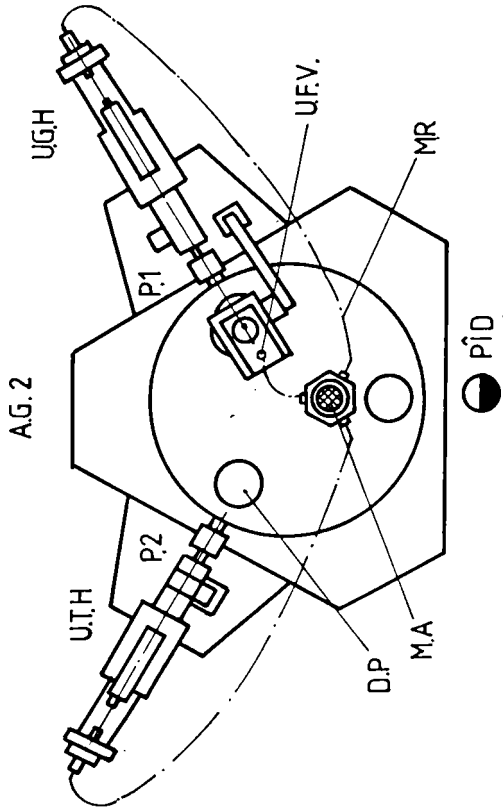
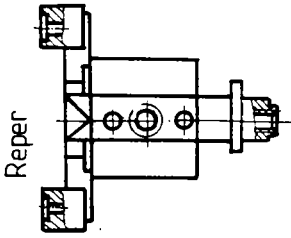
Consumul specific de aer comprimat : 0,039[Nm³/buc.]

Consumul specific de energie electrică : 0,48 [KW/ buc]

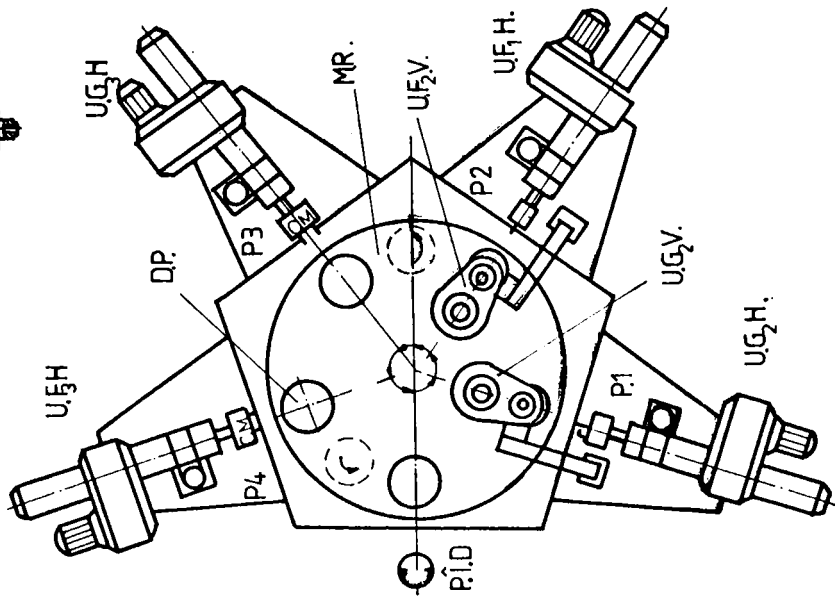
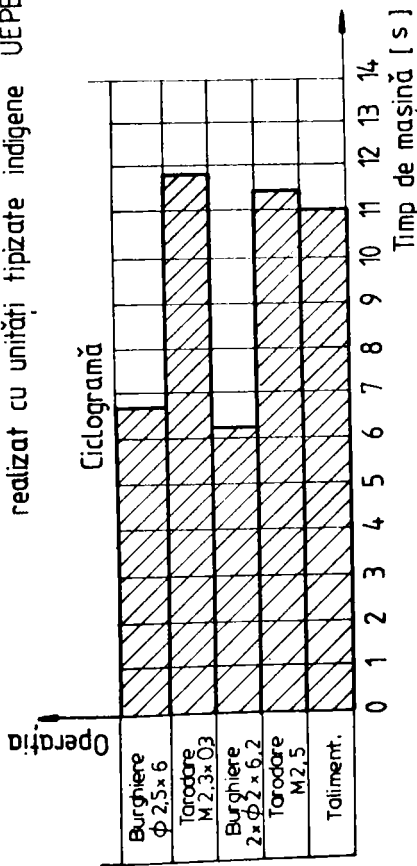
A25

Fila 2/2

Schema de prelucrare a șasiului MI192—2.1.3.1.0 pe agregate realizate cu unități acționate prin arbore flexibil [1]



Schema de prelucrare a sasiului MI 192-2.1.3.1.0 pe agregat realizat cu unități tipizate indigene UEPB 10 și UEPB 5



OP/caract.	Burghiere		Tarodare		Unitatea
	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea	
P1	$\phi 2 \times 5.8$ $\phi 2.5 \times 6$	UGH. UGV.	—	—	—
P2	—	—	M 2.3 x 0.3 M 3	—	UFH UFV
P3	2 x $\phi 2 \times 5.2$	UGH.	—	—	—
P4	—	—	2 x M 2.5	—	UGH.

Caracteristici tehnice :

Regim de lucru : automat

Puterea instalată totală : 11 [KW]

Suprafața utilă : $\approx 3,5$ [m²]

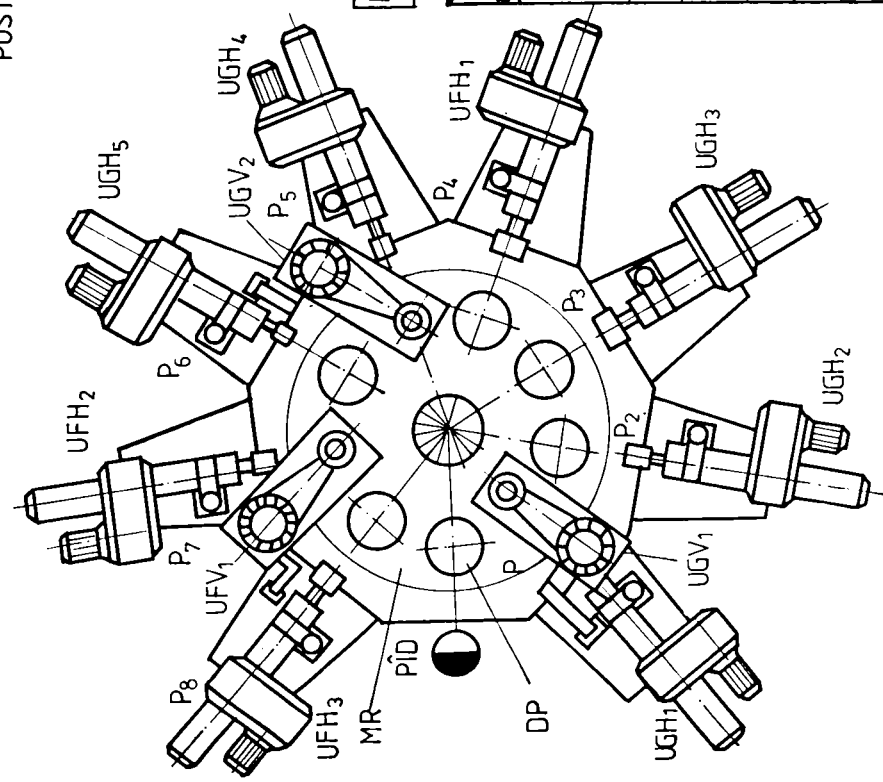
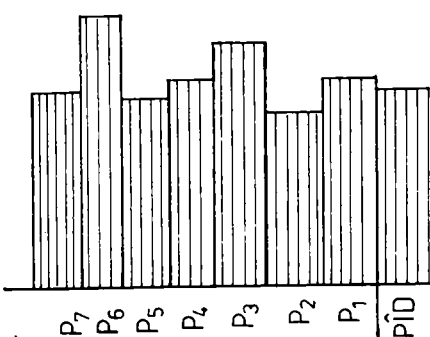
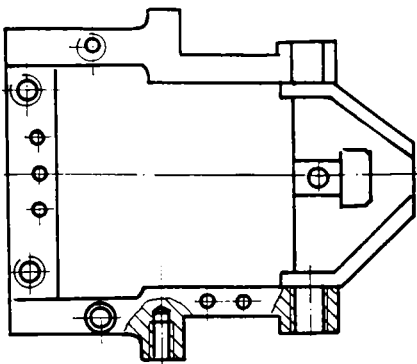
Capacitatea de producție de regim : 300 [buc/oră]

Cheltuieli tehnologice specifice : 10,11 [lei/buc]

Consumul specific de aer comprimat : 0,0042 [Nm³/buc]

Consum specific de energie electrică : 0,91 [KW/buc]

Schema de prelucrare a reperului T2CA 43-11 pe agregat cu unități tipizate
îndigene UEPB 5 și UEPB10



timp mașină [s]

OP. / POST	BURGHIERE		TAPODARE	
	Dimens.	Unitatea	Dimens.	Unitatea
P8	—	—	M5x0,5	UFH3
P7	—	—	2xM4 2xM3	UFH2 UFV1
P6	2xφ3,5	UGH5	—	—
P5	2xφ5,2 2xφ2,5	UGH4 UGV2	—	—
P4	—	—	2xM4	UFH1
P3	2xφ3,5	UGH3	—	—
P2	2xφ4,5	UGH2	—	—
P1	2xφ3,3 3xφ6	UGH1 UGV1	—	—

Caracteristici tehnice principale

Regim de lucru : automat

Puterea instalată: 6,25[KW]

Suprafata utilă : ≈5[m²]

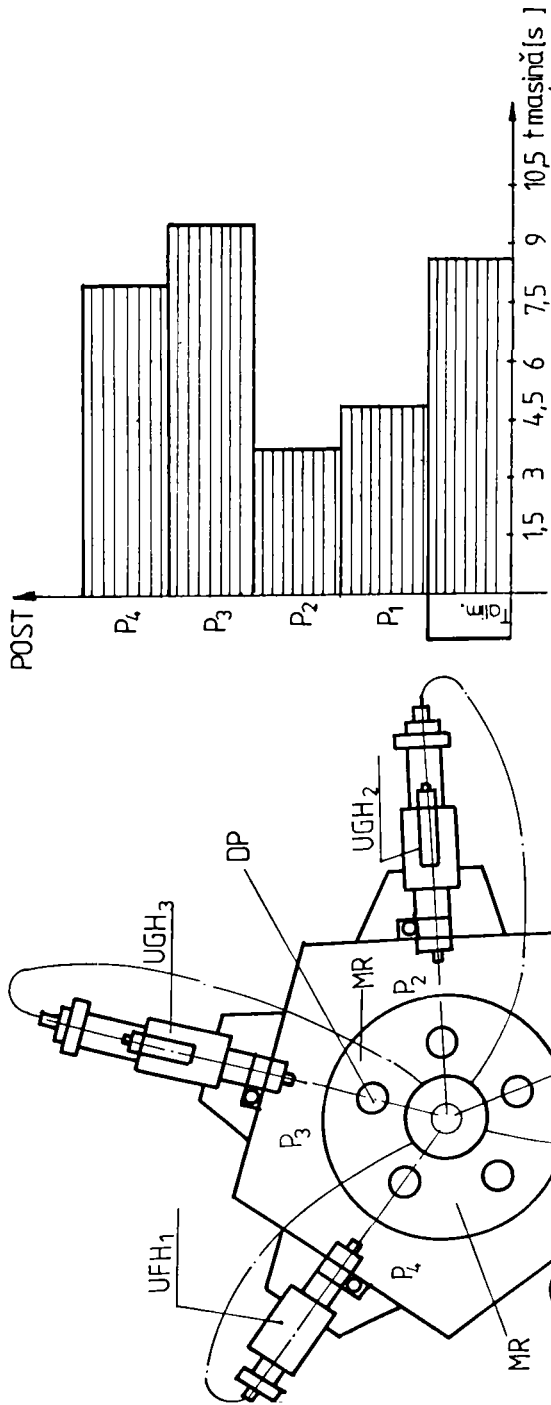
Capacitatea de producție de regim : 336[buc/oră]

Cheltuieli tehnologice specifice : 0,15[lei/buc]

Consum specific de aer comprimat, [4,12·10⁻³Nm³/buc]

A 28

Schema de prelucrare a reperului T2CA 43-1.1 pe agregat construit cu arbori flexibili



Caracteristici tehnice principale

Regim de lucru: automat

Puterea instalată 0,0161 [kW]

Suprafata utilă: 4,5 [m²]

Capacitatea de productie de regim: 294 [buc./ora]

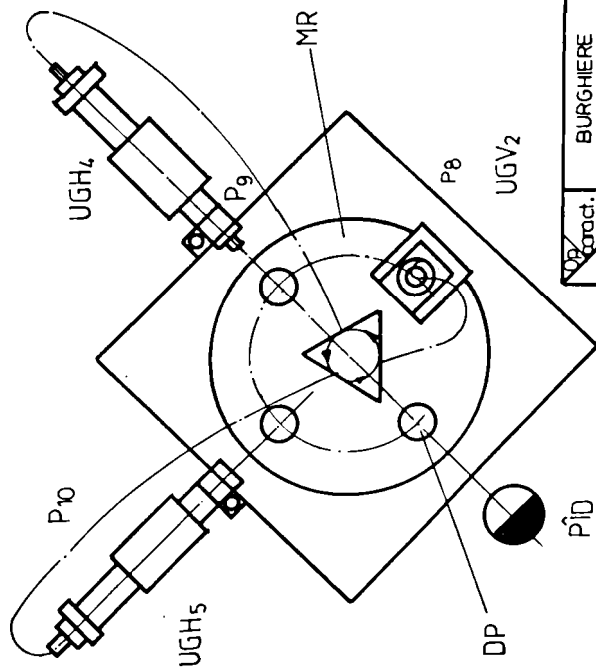
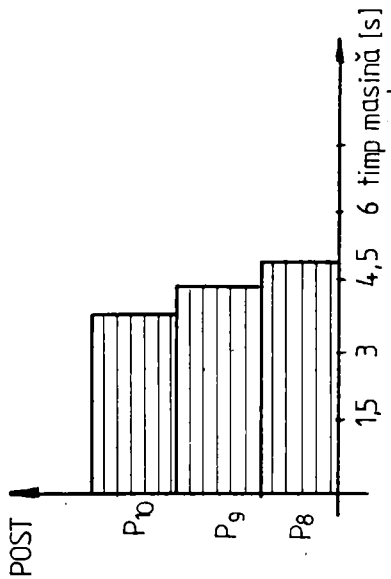
Cheltuieli tehnologice specifice: 0, 28 [(ei/h)³]

Consum specific de aer comprimat: 3,68 [l/buc]

Consum specific de energie electrică: 0,72 [kW/buc]

Op. caract. POST	BURGHIERE		TARODARE	
	Dimensiuni	Unitate	Dimensiuni	Unitate
P ₁	2 × 3.3	UGH	—	—
P ₂	2 × 2.5	UGH	—	—
P ₃	2 × 3.5	UGH	—	—
P ₄	—	—	2 × M4	UGH

Schema de prelucrare a reperului T2CA43 11 pe agregat cu arbori flexibili



Caracteristici tehnice principale

- Puterea instalată 0,0193[kW]

Suprafața utilă: ≈ 3,8[m²]

Capacitatea de producție de regim: 422[buc./oră.]

Consum specific de aer comprimat 3,12 10³[Nm³/buc]

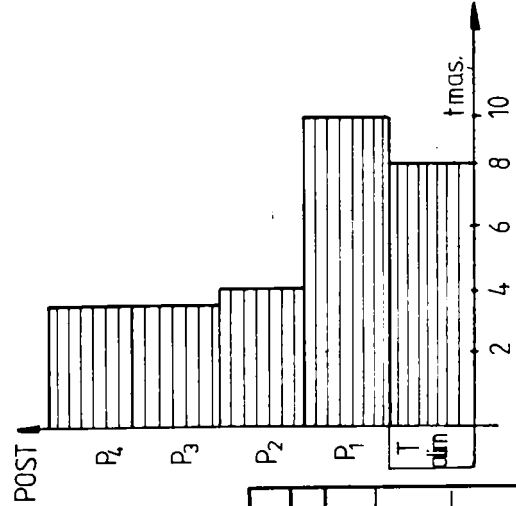
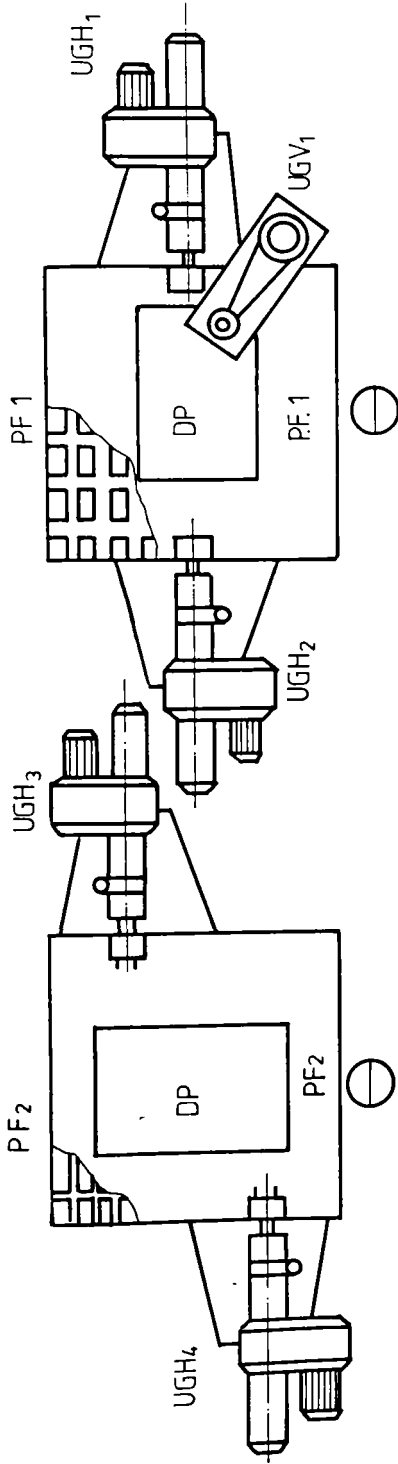
Cheltuieli tehnologice specifice 0,28[lei/buc]

Regim de lucru: automat

Consum specific de energie electrică: 0,51[kW/buc]

OP Proct.	BURGHIERE		TARODARE	
	Dimensiuni	Unitate	Dimensiuni	Unitate
P ₈	2 × φ 4,5	UGV ₂	—	—
P ₉	2 × φ 5,2	UGH ₄	—	—
P ₁₀	2 × φ 3,5	UGH ₅	—	—

Schema de prelucrare a reperului T2CA 43-1.1 în posturi de lucru flexibile

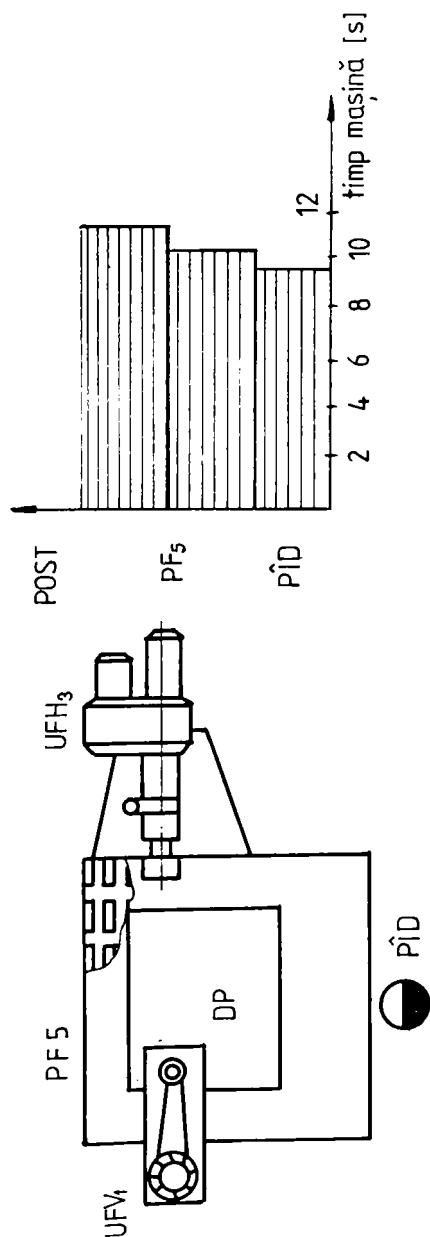


Operația POST	BURGHIERE		TAPODARE	
	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea
PF1	2 × φ 2,5 2 × φ 4,5	UGV1 UGH1		
PF1	2 × φ 3,3	UGH2		
PF2	2 × φ 3,5	UGH3		
PF2	2 × φ 3,5	UGH4		

Caracteristici tehnice principale

- Puterea instalată 6 [kW]
- Suprafata utilă 5 [m²]
- Capacitatea de productie de regim : 120 [buc/oră]
- Consum specific de aer comprimat : 0,031 [Nm³/buc]
- Cheltuieli tehnologice specifice: 0,75 [lei / buc]
- Regim de lucru : automat
- Consum specific de energie electrică : 0,286 [kW/buc]

Schema de prelucrare a reperului T2CA 43 1.1. în posturi de lucru flexibile



Caracteristici tehnice principale

Puterea instalată : 3 [KW]

Suprafata utilă: $2m^2$

Capacitatea de productie de regim : 120 [buc/oră]

Consum specific de aer comprimat : 0,026 [Nm³/buc]

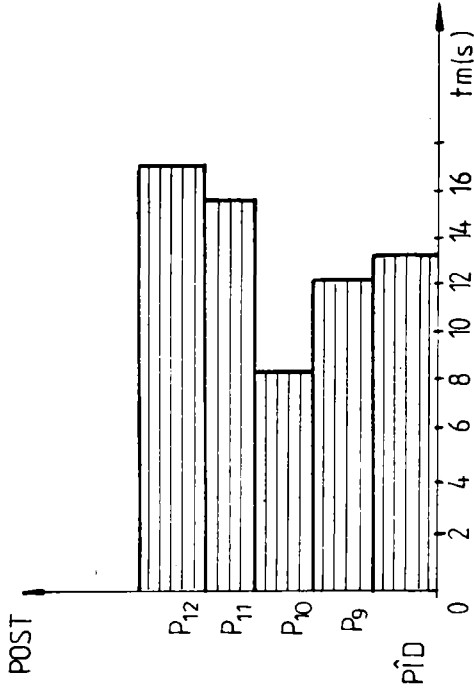
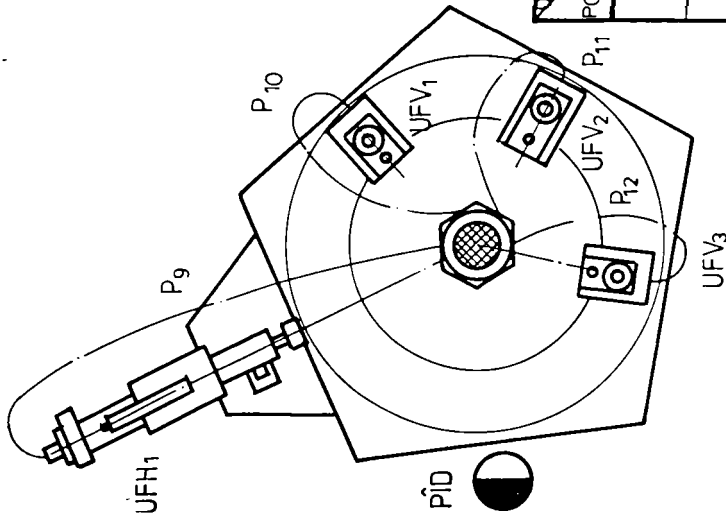
Cheltuieli tehnologice specifice : 0,75 [lei/buc]

Consum specific de energie electrică : 0,119 [KW/buc]

Regim de lucru: automat

OP/ Caract	BURGHIERE		TAPODARE	
	Dimens.	Unitatea	Dimens.	Unitatea
POST	—	—	M5	UFH3
PF 5	—	—	2xM3	UFV1

Schema de prelucrare a reperului 1CM4 -1.1 pe agregat cu unități tipizate acționate prin arbore flexibil



Caracteristici tehnice principale

Regim de lucru: automat

Puterea totală instalată: 9 [kW]

Suprafata utilă: 4,92 [m²]

Capacitatea de producție de regim: 321 $\left[\frac{\text{buc}}{\text{ora}} \right]$

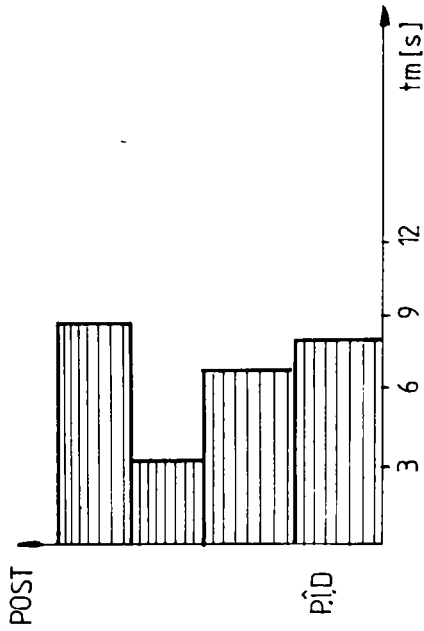
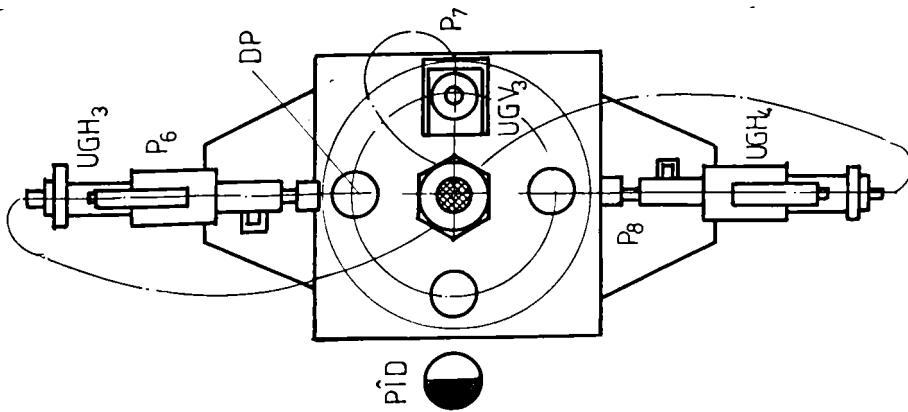
Consum specific de aer comprimat: 0,0042 $\left[\frac{\text{Nm}^2}{\text{buc}} \right]$

Consum specific de energie electrică: 0,949 $\left[\frac{\text{kW}}{\text{buc}} \right]$

A 35

Tip/Caract.	BURGHIERE		TARODARE	
	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea
P ₉			M5 x 0,5	UFH ₁
P ₁₀			M3	UFV ₁
P ₁₁			M6	UFV ₂
P ₁₂			M8	UFV ₃

Schema de prelucrare a reperului 1CM4-1.1 pe agregat cu unități tipizate
 și ținute prin arbore flexibil

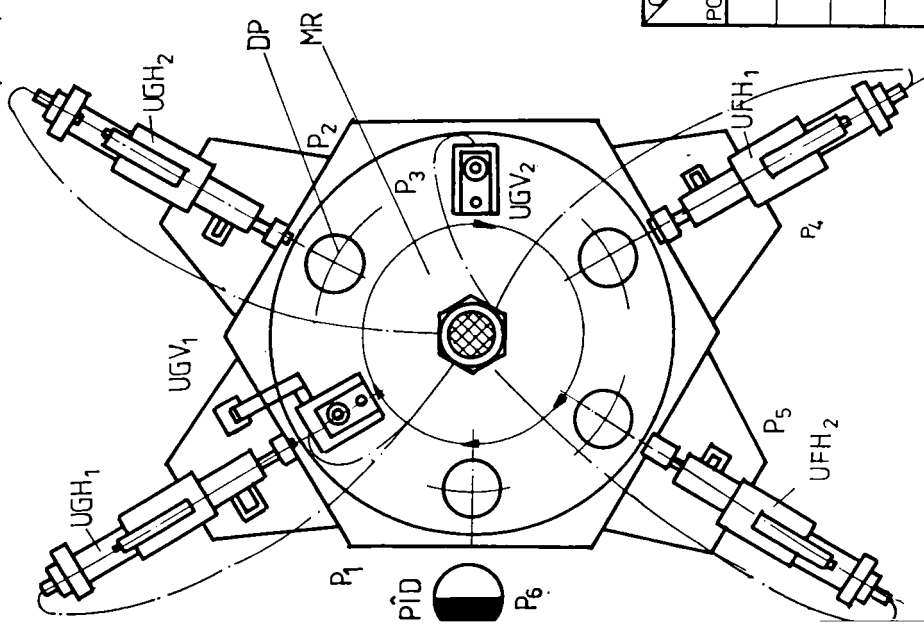
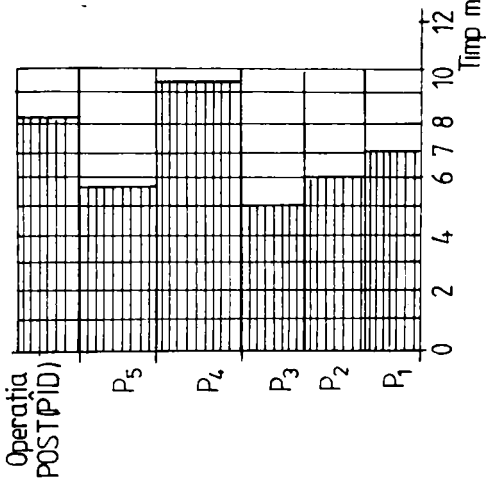
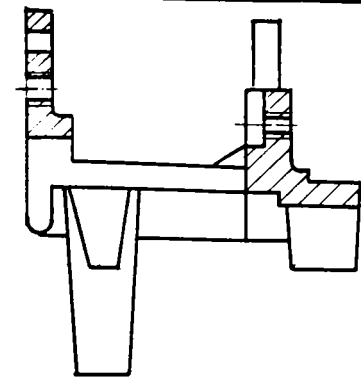


Caracteristici tehnice principale

- Regim de lucru: automat
- Puterea instalată totală: $6,5 [KW]$
- Suprafata utilă: $3,2 [m^2]$
- Capacitatea de producție de regim:
- Cheltuieli tehnologice specifice: $328 [buc/oră]$
- Consum specific de aer comprimat: $0,0031 [Nm/buc]$
- Consum specific de energie electrică: $0,954 [KW/buc]$

Op. Caract.	BURGHIERE		TARCOARE	
	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea
P ₆	φ 4.2	UGH ₃	—	—
P ₇	φ 3.3	UGV ₃	—	—
P ₈	φ 5.2	UGH ₄	—	—

Schema de prelucrare a reperului 1CM4 - 1.1 pe agregat
cu unități acționate prin arbore flexibil

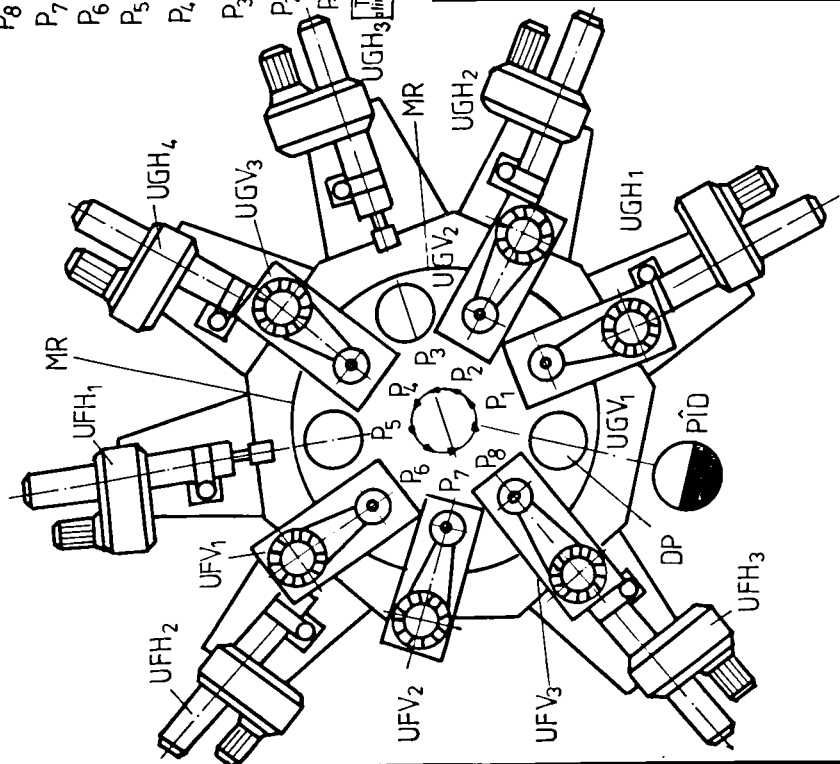
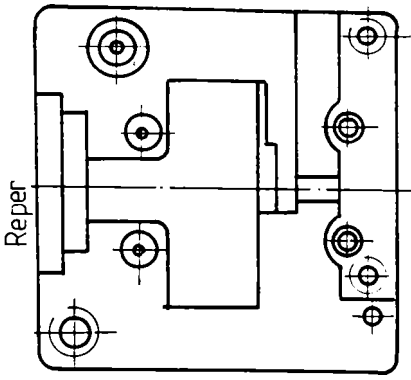
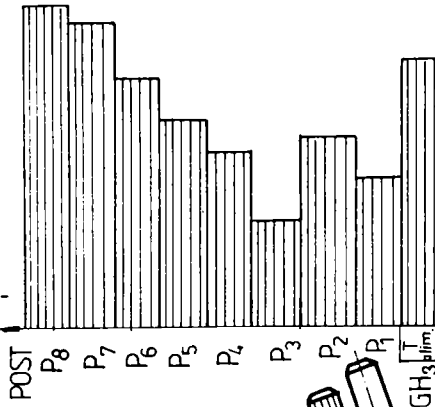


Caracteristici tehnice principale

- Regim de lucru: automat
- Puterea instalată totală 15[kw]
- Suprafata utilă: 5,6[m²]
- Capacitatea de producție de regim 345[buc./ora]
- Cheltuieli tehnologice: 0,33[lei/buc.]
- Consum specific de aer comprimat: 0,004[Nm³/buc.]
- Consum specific de energie electrică 1,1[Kw/buc.]

Op. carac.	Burghiere		Torodare	
	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea
POST P ₁	4xφ2.5 φ6.7	UGV ₁ UGH ₂		
P ₂	2xφ2.5	UGH ₂		
P ₃	2xφ3.3	UGV ₂		
P ₄			2xM ₃	UFH ₁
P ₅			2xM ₄	UFH ₂

Schema de prelucrare a reperului 1CM4 1.1 pe agregat cu unități tipizate indigene UEPB 10 și UEPB5

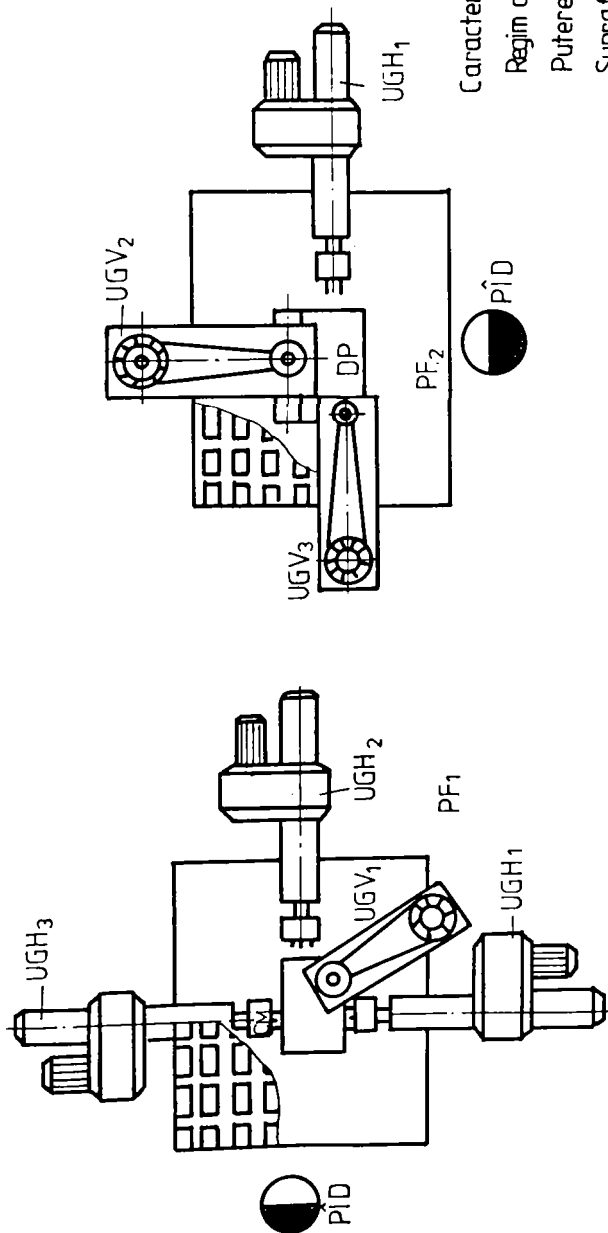
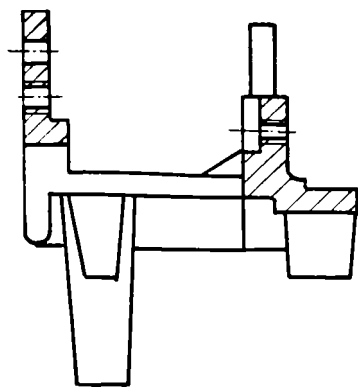


4 t m [s]

Op. / Pos.	BURGHIERE		TARODARE	
	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea
P1	4 x φ 2.5 φ 6.7	UGV1 UGH1	—	—
P2	2 x φ 3.3 φ 4.2	UGV2 UGH2		
P3	φ 2.5 x 2	UGH3		
P4	φ 3.3 φ 5.2	UGV3 UGV4		
P5			2 x M3	UFH1
P6			2 x M4 M3	UFH2 UFV1
P7			M8	UFV2
P8			M6 M5	UFV3 UFH3

Caracteristici tehnice principale
 Regim de lucru: automat
 Puterea instalată: 12,5 [KW]
 Suprafața utilă: 5,5 [m²]
 Capacitatea de producție de regim: 400 [buc./ora.]
 Cheltuieli tehnologice specifice: 0,58 [lei/buc.]
 Consum specific de aer comprimat: 0,0042 [Nm³/buc.]
 Consum specific de energie electrică: 1,2 [KWh/buc.]

Schema de prelucrare a reperului 1CM4 1.1 în posturi de lucru flexibile



Caracteristici tehnice principale

Regim de lucru automat

Puterea totală instalată 13,5 [kW]

Suprafața utilă 8 [m²]

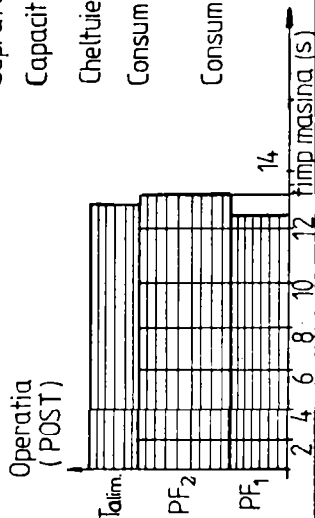
Capacitatea de producție de regim 350 $\left[\frac{\text{buc}}{\text{ora}} \right]$

Cheltuieli tehnologice specifice 0,6 $\left[\frac{\text{lei}}{\text{buc}} \right]$

Consum specific de aer comprimat 0,0038 $\left[\frac{\text{Nm}}{\text{buc}} \right]$

Consum specific de energie electrică: 0,95 $\left[\frac{\text{kW}}{\text{buc}} \right]$

A 40



OP. / POST	BURGHIERE		TARODARE	
	Dimensiuni	Unitatea	Dimensiuni	Unitatea
PF ₁	4 × φ2,5	UGV ₁	=	=
	2 × φ2,5	UGH ₁		
	φ4,2	UGH ₂		
PF ₂	φ5,2	UGH ₃	=	=
	φ6,7	UGH ₁		
	2 × φ3,3	UGV ₂		
	φ3,3	UGV ₃		

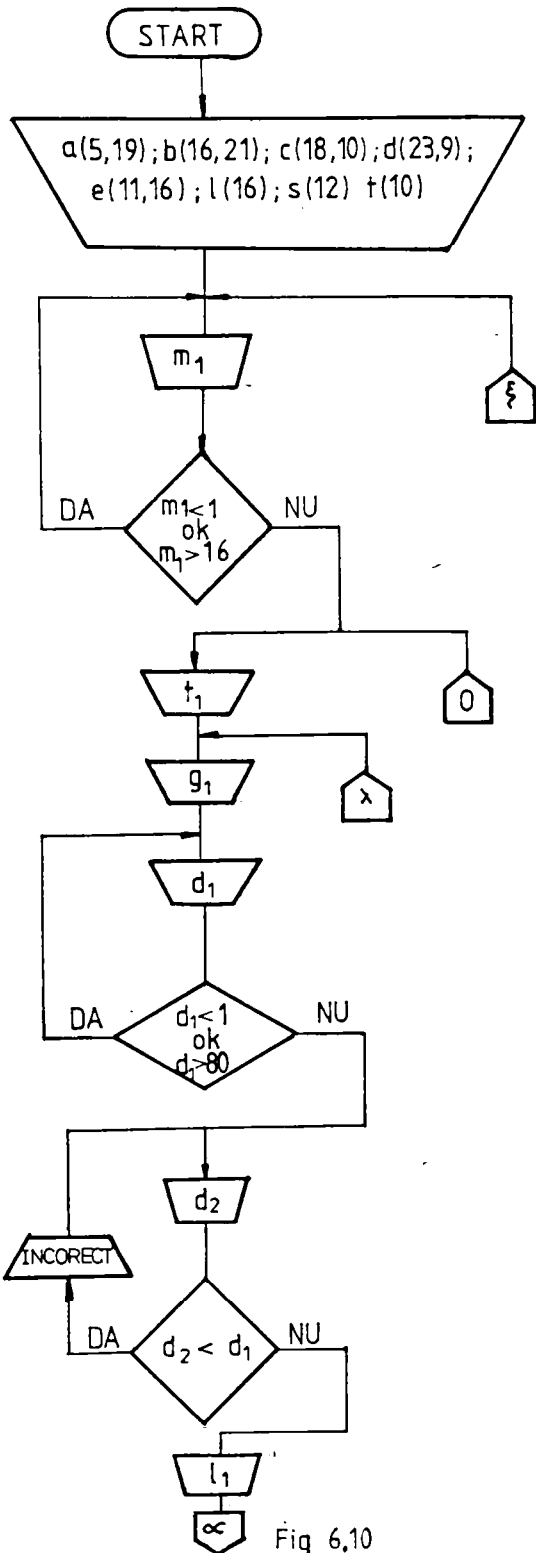
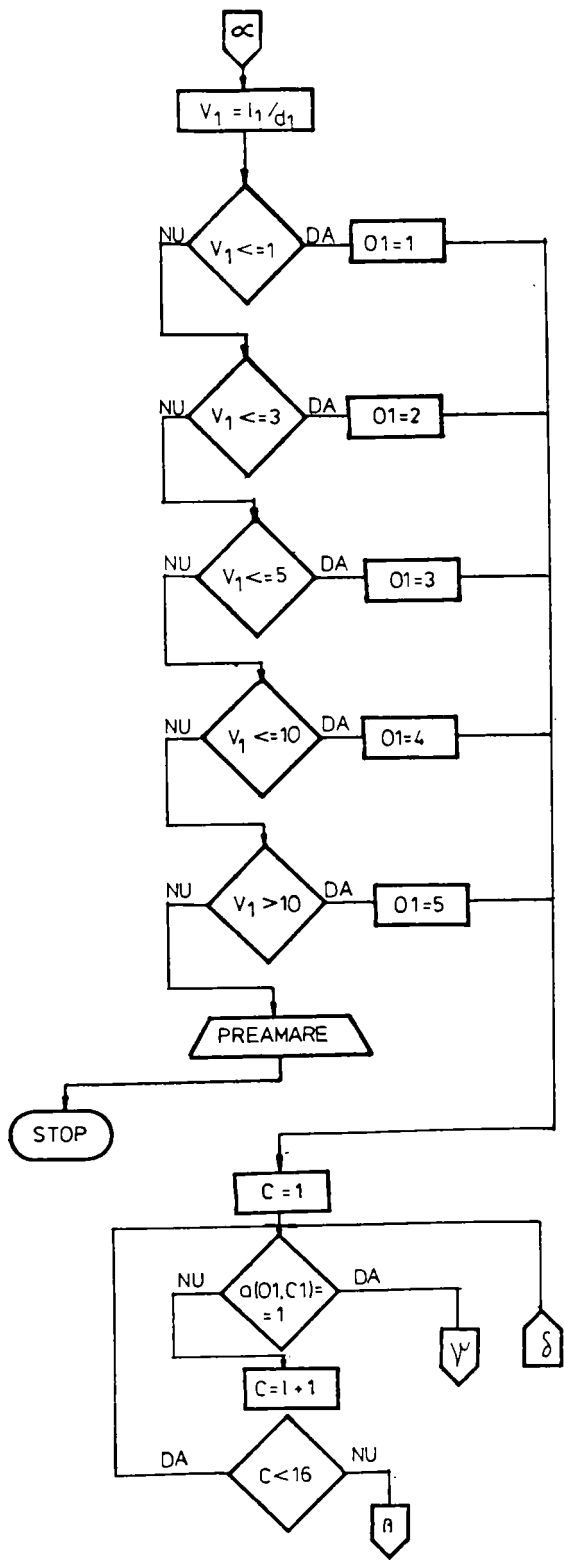
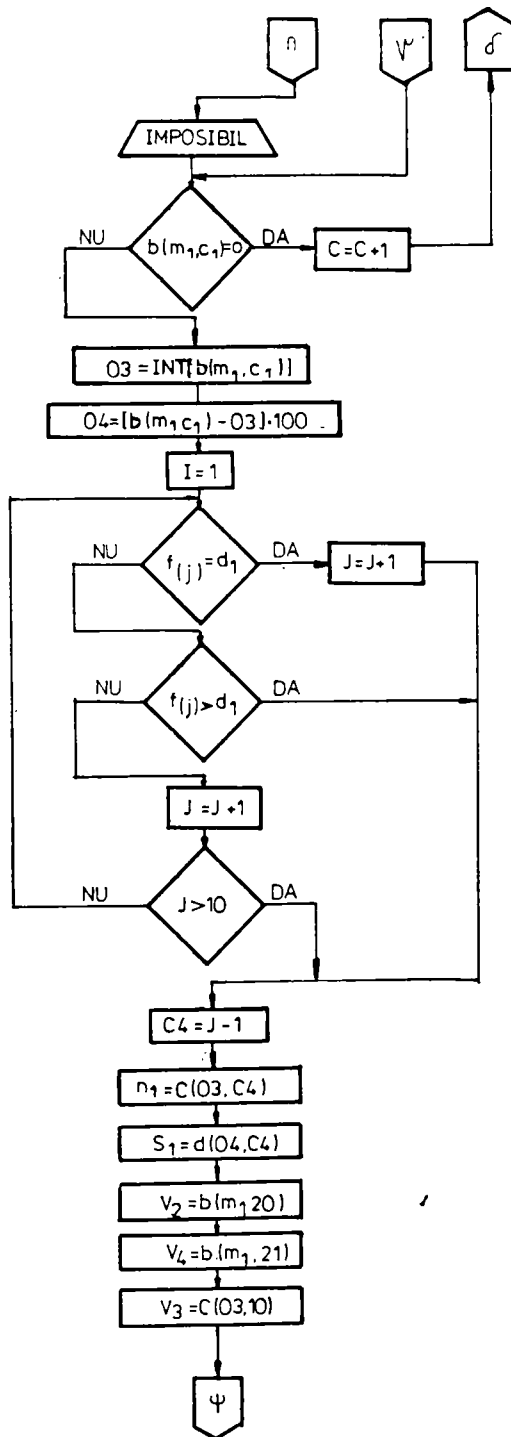
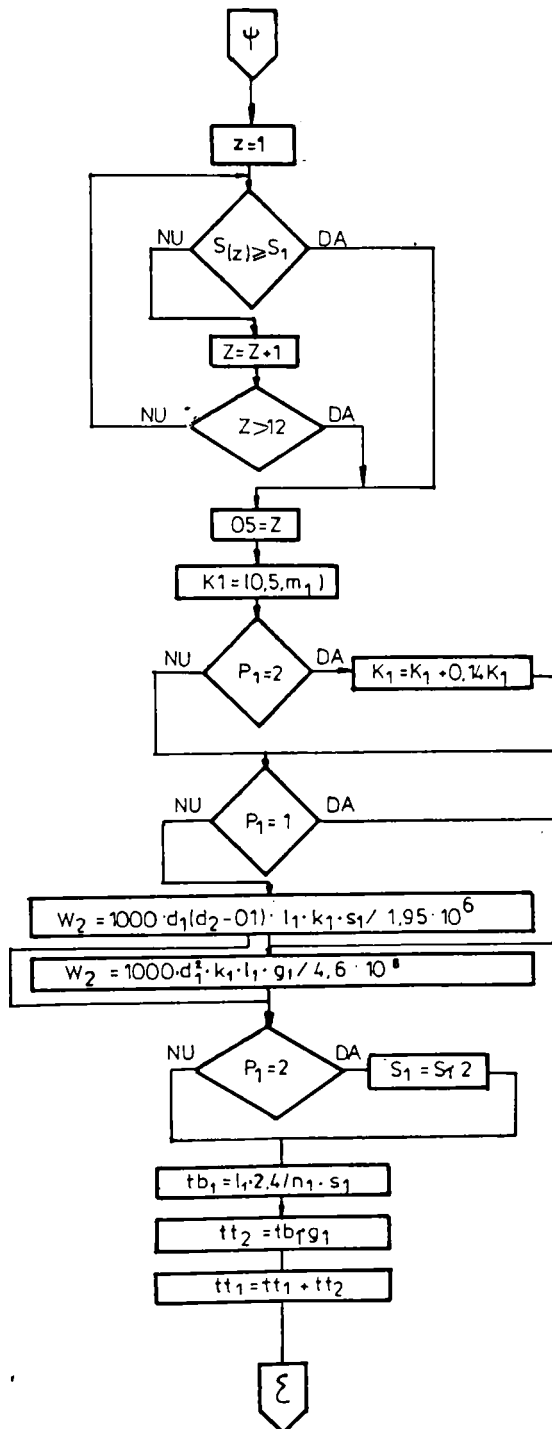
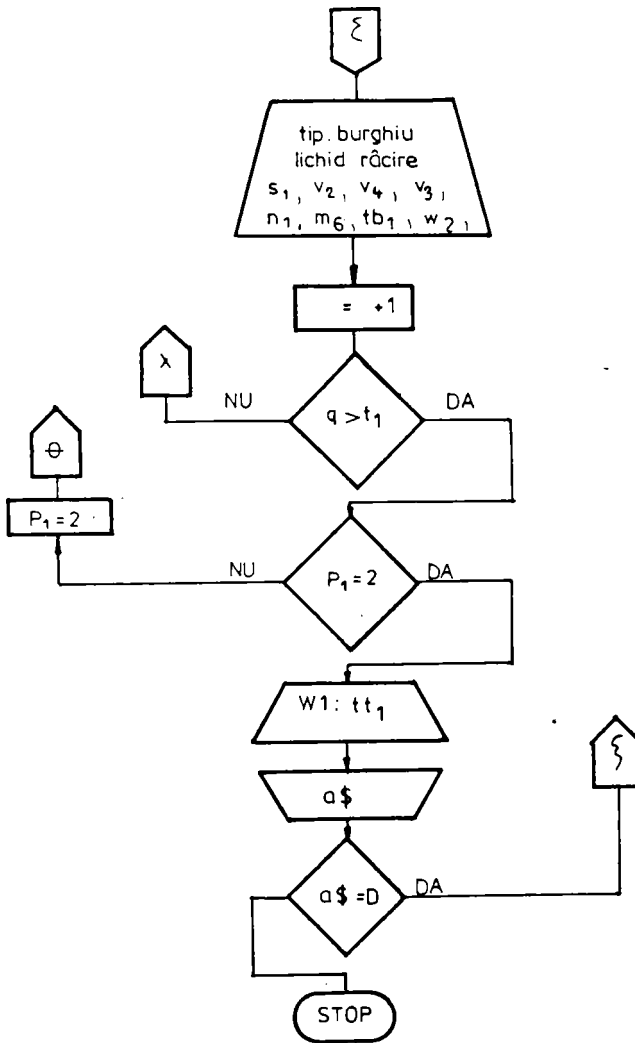


Fig 6,10









Programul a fost realizat după catalogul de produse ale firmei STOK (RFG) și numărătorul pentru operațiile de găurire și lărgire ale aceleiași firme. Din această cauză tipul de scule afișat este corespunzător normelor DIN.

Pentru a găsi scula STAS corespunzătoare celor afișate se poate consulta orice catalog de astfel de scule din țară care conține corespundența STAS-DIN.

```

70 BEEP .05,1: BEEP .05,5: BEEP .05,9
80 PRINT BRIGHT 1;AT 20,3;"SE INCARCA DATELE "
81 PRINT BRIGHT 1;AT 21,3;" VA ROG ASTEPTATI! "
100 DIM a(5,19)
105 FOR l=1 TO 5
106 FOR c=1 TO 19
107 READ y
108 LET a(l,c)=y
109 NEXT c
110 NEXT l
115 DATA 1,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0
120 DATA 1,0,1,1,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0
125 DATA 1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0
130 DATA 1,0,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
135 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,1
140 DIM b(16,21)
141 FOR l=1 TO 16
142 FOR c=1 TO 21
143 READ y
144 LET b(l,c)=y
145 NEXT c
146 NEXT l
150 DATA 15.09,0,18.09,18.09,18.2,18.2,18.2,18.2,18.2,0,0,15.08
,15.08,15.07,15.08,15.08,15.07,15.08,15.08,80,160
155 DATA 0,15.08,16.06,16.06,16.08,16.18,16.18,16.18,16.18,16.18,0,0,
14.07,14.07,13.07,14.07,14.07,13.07,14.07,14.07,63,90
160 DATA 11.06,0,0,0,14.16,14.16,14.16,14.16,14.16,0,0,11.06,11
.06,11.06,11.06,11.06,11.06,32,63
165 DATA 0,0,17.06,17.06,17.19,17.19,17.19,17.19,17.19,0,0,13.0
7,13.07,13.06,13.07,13.07,13.06,13.07,13.07,50,125
170 DATA 11.06,0,13.05,13.05,13.19,13.19,13.19,13.19,13.19,0,0,
5.07,5.07,5.06,5.07,5.07,5.06,5.07,5.07,32,50
175 DATA 0,0,0,0,14.16,14.16,14.16,14.16,14.16,0,0,11.05,11.05,
10.05,11.05,11.05,10.05,11.05,11.05,30,63
180 DATA 9.05,0,0,0,12.16,12.16,12.16,12.16,12.16,0,0,9.04,9.04
,8.04,9.04,9.04,14.04,9.04,9.04,20,36
185 DATA 0,8.06,0,0,10.16,10.16,10.16,10.16,10.16,0,0,0,0,0,0
,0,0,0,16,20
190 DATA 8.07,0,0,0,10.18,10.18,10.18,10.18,10.18,0,0,7.07,7.07
,6.07,7.07,7.07,6.07,7.07,7.07,16,25
195 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,8.06,8.06,5.06,5.06,4.06,5.06,5.06,4
.06,5.06,5.06,10,16
200 DATA 10.05,0,11.03,11.03,11.16,11.16,11.16,11.16,11.16,0,0,
9.05,9.05,9.05,9.05,9.05,9.05,9.05,9.05,28,32
205 DATA 10.05,0,10.02,10.02,10.15,10.15,10.15,10.15,0,0,
9.05,9.05,8.05,9.05,9.05,8.05,9.05,9.05,25,28
210 DATA 9.04,0,0,0,10.14,10.14,10.14,10.14,10.14,0,0,8.04,8.04
,7.04,8.04,8.04,7.04,8.04,8.04,20,25
215 DATA 7.04,0,0,0,9.14,9.14,9.14,9.14,9.14,0,0,6.04,5.04,5.04
,6.04,5.04,5.04,6.04,5.04,12,18
220 DATA 5.03,0,0,0,7.13,7.13,7.13,7.13,7.13,0,0,4.03,4.03,3.03
,4.03,4.03,5.03,4.03,4.03,8,12
225 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,5.01,0,0,0,0,0,0,0,0,0,4,8
226 RESTORE 237
230 DIM c(18,10)
231 FOR l=1 TO 18
232 FOR c=1 TO 10
233 READ y
234 LET c(l,c)=y
235 NEXT c
236 NEXT l
240 DATA 1003,401,251,159,100,63,40,25,10,1,15
245 DATA 1273,307,318,202,127,00,31,32,10,3
250 DATA 1592,607,398,250,159,100,64,40,25,5
255 DATA 2005,802,501,318,200,125,80,50,32,6,0
260 DATA 2547,1019,636,404,255,159,102,64,40,8

```

```

265 DATA 3183,1273,796,505,318,199,127,80,51,10
270 DATA 3979,1592,995,632,398,249,159,100,63,12.5
275 DATA 5093,2037,1273,808,509,318,204,127,81,16
280 DATA 6366,2547,1592,1011,637,398,255,159,101,20
285 DATA 7958,3183,1989,1263,796,497,318,199,126,25
290 DATA 10027,4010,2507,1592,1003,627,401,251,159,31.5
295 DATA 12732,5093,3183,2021,1273,796,509,318,202,40
300 DATA 15916,6366,3979,2526,1592,995,637,398,318,50
305 DATA 20054,8021,5013,3183,2005,1253,802,501,318,63
310 DATA 25465,10186,6366,4042,2547,1592,1019,537,404,80
315 DATA 31831,12732,7958,5053,3183,1989,1273,796,505,100
320 DATA 39788,15915,9947,6316,3979,2487,1592,995,632,125
325 DATA 50930,20372,12732,8084,5093,3183,2037,1273,808,160
330 DIM d(23,9)
335 RESTORE 345
336 FOR l=1 TO 23
337 FOR c=1 TO 9
338 READ y
339 LET d(l,c)=y
340 NEXT c
341 NEXT l
345 DATA 0.005,0.01,0.03,0.05,0.10,0.14,0.18,0.22,0.28
347 DATA 0.01,0.02,0.04,0.06,0.12,0.16,0.2,0.25,0.32
349 DATA 0.015,0.03,0.05,0.08,0.14,0.18,0.22,0.28,0.36
350 DATA 0.02,0.04,0.06,0.1,0.16,0.2,0.25,0.32,0.4
352 DATA 0.025,0.05,0.08,0.12,0.18,0.22,0.28,0.36,0.45
354 DATA 0.03,0.06,0.1,0.14,0.2,0.25,0.32,0.4,0.5
356 DATA 0.04,0.08,0.12,0.16,0.22,0.28,0.36,0.45,0.56
358 DATA 0.05,0.1,0.14,0.18,0.25,0.32,0.4,0.5,0.63
360 DATA 0.06,0.12,0.16,0.2,0.28,0.36,0.45,0.56,0.71
362 DATA 0.07,0.14,0.18,0.22,0.32,0.4,0.5,0.63,0.8
364 DATA 0.005,0.01,0.03,0.05,0.12,0.18,0.22,0.28,0.36
366 DATA 0.01,0.02,0.04,0.06,0.14,0.2,0.25,0.32,0.4
368 DATA 0.015,0.03,0.05,0.08,0.16,0.22,0.28,0.36,0.45
370 DATA 0.02,0.04,0.06,0.1,0.18,0.25,0.32,0.4,0.5
372 DATA 0.025,0.05,0.08,0.12,0.2,0.28,0.36,0.45,0.56
374 DATA 0.03,0.06,0.1,0.14,0.22,0.32,0.4,0.5,0.63
376 DATA 0.04,0.08,0.12,0.16,0.25,0.36,0.45,0.56,0.71
378 DATA 0.05,0.1,0.14,0.18,0.28,0.4,0.5,0.63,0.8
380 DATA 0.06,0.12,0.16,0.2,0.32,0.45,0.56,0.71,1
382 DATA 0.07,0.14,0.18,0.22,0.36,0.5,0.63,0.8,1.25
384 DATA 0.0025,0.005,0.01,0.02,0.02,0.03,0.03,0.04,0.04
386 DATA 0.005,0.01,0.02,0.03,0.04,0.05,0.06,0.08,0.08
388 DATA 0.007,0.015,0.03,0.04,0.06,0.09,0.12,0.14,0.18
400 DIM e(11,16)
405 RESTORE 415
406 FOR l=1 TO 11
407 FOR c=1 TO 16
408 READ y
409 LET e(l,c)=y
410 NEXT c
411 NEXT l
415 DATA 75,100,110,140,130,160,150,180,218,230,315,355,375,470
,530,560
418 DATA 69,91,101,126,116,140,130,165,190,220,300,330,350,450,
500,530
422 DATA 66,87,97,120,110,130,120,155,185,210,280,315,335,425,4
70,500
424 DATA 60,83,93,116,106,128,118,150,180,205,270,310,330,415,4
60,490
426 DATA 58,80,90,112,103,120,110,138,170,190,260,300,320,400,4
50,480
428 DATA 57,78,88,110,100,116,106,134,165,187,257,293,313,395,4
45,475
430 DATA 56,77,87,108,98,114,104,128,160,185,255,290,310,390,44
0,470

```

```

432 DATA 53,73,83,104,94,108,98,125,155,177,247,280,300,375,435
,465
434 DATA 51,70,80,100,90,104,94,118,150,170,237,270,290,360,415
,445
436 DATA 49,66,76,96,86,98,88,114,145,165,230,260,280,350,400,4
30
438 DATA 46,63,73,90,80,95,85,110,140,160,224,250,270,340,380,4
10
440 DIM l(16)
441 RESTORE 450
442 FOR c=1 TO 16
443 READ y
444 LET l(c)=y
445 NEXT c
450 DATA 4,3,3,1,1,1,3,3,2,2,1,1,1,1,1,1
480 DIM s(12)
485 RESTORE 495
486 FOR c=1 TO 12
487 READ y
488 LET s(c)=y
489 NEXT c
496 DATA 0,0.1,0.15,0.2,0.25,0.3,0.35,0.4,0.5,0.6,0.8,1.25
500 DIM f(10)
505 RESTORE 510
506 FOR c=1 TO 10
507 READ y
508 LET f(c)=y
509 NEXT c
510 DATA 1,2.5,4,6.3,10,16,25,40,63,81
515 LET tt1=0
520 LET w1=0
525 LET p1=1
526 CLS
527 BEEP .05,1: BEEP .05,5: BEEP .05,8: BEEP .05,5: BEEP .05,1
620 PRINT FLASH 1;" ": PRINT "DIN CE MATERIAL ESTE PIESA ?"
621 PRINT "Aliaje de Mg=1"
622 PRINT "Alama (>60)=2"
623 PRINT "Alama (<58)=3"
624 PRINT "Aliaje de Al=4"
625 PRINT "Siluminiu=5"
626 PRINT "Cu sau Allgemein=6"
627 PRINT "Cu electrolitic=7"
628 PRINT "Bronz=8"
629 PRINT "Fonta cu HB<200=9"
630 PRINT "Fonta cu HB<240=10"
631 PRINT "01 cu R<50(daN/mm*mm)=11"
632 PRINT "01 cu R<70(daN/mm*mm)=12"
633 PRINT "01 cu R<90(daN/mm*mm)=13"
634 PRINT "01 aliat cu R<90(daN/mm*mm)=14"
635 PRINT "01 aliat cu R<125(daN/mm*mm)=15"
636 PRINT "01 aliat cu R>125(daN/mm*mm)=16"
640 INPUT m1: PRINT "mat. ";m1: BEEP .05,1
645 IF m1>16 OR m1<1 THEN GO TO 620
646 PRINT FLASH 1;" ": PRINT "CITE TIPURI DE ORIFICII SINT DE
": IF p1=1 THEN PRINT "GAURIT ?": GO TO 648
647 PRINT "LARGIT ?"
648 INPUT t1: PRINT t1;" tipuri": BEEP .05,5
649 CLS
650 FOR q=1 TO t1
651 IF p1=1 THEN PRINT BRIGHT 1;AT 0,5;"          GAURIRE          ": I
F p1=1 THEN GO TO 655
653 PRINT BRIGHT 1;AT 0,5;"          LARGIRE          "
655 PRINT BRIGHT 1;AT 1,5;"ORIFICIU DE TIP ";q
660 PRINT "INTRODUCETI URMATOARELE DATE"
661 PRINT FLASH 1;" ": PRINT "Cite orificiile de tipul ";q;" sin
t"

```



```

662 INPUT g1: PRINT g1;" tipuri": BEEP .05,8
665 PRINT FLASH 1;" ": PRINT "Diametrul gaurii [1-80]mm"
670 INPUT d1: PRINT "d=";d1: BEEP .05,13
675 IF d1>80 OR d1<1 THEN GO TO 665
676 IF p1=1 THEN GO TO 680
677 PRINT FLASH 1;" ": PRINT "Diametrul burghiului (mm) ?"
678 INPUT d2: PRINT "D=";d2: BEEP .05,17
679 IF d2<=d1 THEN PRINT FLASH 1;"INCORECT !": GO TO 665
680 PRINT FLASH 1;" ": PRINT "Lungimea gaurii(mm)"
685 INPUT l1: PRINT "L=";l1: BEEP .05,20
690 LET v1=l1/d1
695 IF v1<=1 THEN LET o1=1: GO TO 725
700 IF v1<=3 THEN LET o1=2: GO TO 725
705 IF v1<=5 THEN LET o1=3: GO TO 725
710 IF v1<=10 THEN LET o1=4: GO TO 725
715 IF v1>10 AND v1<=20 THEN LET o1=5: GO TO 725
720 PRINT FLASH 1;"AI CAM EXAGERAT LUNGIMEA": GO TO 680
725 FOR c=1 TO 19
730 IF a(o1,c)=1 THEN GO TO 740
735 NEXT c
737 PRINT FLASH 1;"IMPOSIBIL !"
740 IF b(m1,c)=0 THEN LET c=c+1: IF b(m1,c)=0 THEN GO TO 730
745 LET o3=INT (b(m1,c))
750 LET o4=(b(m1,c)-o3)*100
755 FOR j=1 TO 10
756 IF f(j)=d1 THEN LET j=j+1: IF f(j)=d1 THEN GO TO 770
760 IF f(j)>d1 THEN GO TO 770
765 NEXT j
770 LET c4=j-1
775 LET n1=c(o3,c4)
780 LET s1=d(o4,c4)
785 LET v2=b(m1,20): LET v4=b(m1,21)
790 LET v3=c(o3,10)
900 FOR z=1 TO 12
905 IF s(z)>=s1 THEN GO TO 915
910 NEXT z
915 LET o5=z
920 LET k1=e(o5,m1)
921 IF p1=2 THEN LET k1=k1+0.14*k1
922 IF p1=1 THEN GO TO 925
923 LET w2=1000*d1*(d1-d2)*l1*k1*g1/(1.95*10^6): GO TO 927
925 LET w2=1000*d1^2*k1*l1*g1/(4.6*10^8)
927 IF p1=2 THEN LET s1=s1*2
930 LET tb1=l1*2.4/(n1*s1)
931 LET tt2=tb1*g1
932 LET tt1=tt1+tt2
936 CLS
937 BEEP .02,-4: BEEP .05,1
940 IF p1=1 THEN PRINT BRIGHT 1;AT 3,12;"GAURIRE": GO TO 945
943 PRINT BRIGHT 1;AT 3,12;"LARGIRE"
945 PRINT AT 5,0;"TIPUL BURGHIULUI"
950 IF c=1 THEN PRINT AT 5,19;"N"
955 IF c=2 THEN PRINT AT 5,19;"H"
960 IF c=3 THEN PRINT AT 5,19;"V72"
965 IF c=4 THEN PRINT AT 5,19;"V72-Co"
970 IF c=5 THEN PRINT AT 5,19;"V70"
975 IF c=6 THEN PRINT AT 5,19;"V70-Co"
980 IF c=7 THEN PRINT AT 5,19;"V70-1K"
985 IF c=8 THEN PRINT AT 5,19;"V73"
990 IF c=9 THEN PRINT AT 5,19;"V73-Co"
995 IF c=10 THEN PRINT AT 5,19;"H88-Co"
1000 IF c=11 THEN PRINT AT 5,19;"V88-Co"
1005 IF c=12 THEN PRINT AT 5,19;"V53-1"
1010 IF c=13 THEN PRINT AT 5,19;"V83-1"
1015 IF c=14 THEN PRINT AT 5,19;"V63-3"
1020 IF c=15 THEN PRINT AT 5,19;"V53-Co1"

```

```

1025 IF c=16 THEN PRINT AT 5,19;"V63-Co2"
1030 IF c=17 THEN PRINT AT 5,19;"V63-Co3"
1035 IF c=18 THEN PRINT AT 5,19;"V63-IK1"
1040 IF c=19 THEN PRINT AT 5,19;"V63-IK2"
1050 PRINT AT 7,0;"SE RACESTE CU"
1055 IF l(m1)=1 THEN PRINT AT 7,19;"Emulsie"
1060 IF l(m1)=2 THEN PRINT AT 7,19;"Ohne sch"
1065 IF l(m1)=3 THEN PRINT AT 7,19;"E sau S"
1070 IF l(m1)=4 THEN PRINT AT 7,19;"OB"
1075 PRINT AT 9,0;"AVANSUL";AT 9,19;s1;"(mm/rot)"
1080 PRINT AT 11,0;"TURATIA";AT 11,19;n1;"(rot/min)"
1085 PRINT AT 13,0;"LIMITELE DE VITEZA";AT 13,19;v2;AT 13,21;"-"
;v4;"(m/min)"
1090 PRINT AT 15,0;"VITEZA TEORETICA";AT 15,19;v3;"(m/min)"
1092 LET tb1=INT (tb1*10000)/10000
1095 PRINT AT 17,0;"TIMPUL DE BAZA";AT 17,19;tb1;"(min)"
1102 LET w2=INT (w2*10000)/10000
1103 LET w1=w1+w2
1105 PRINT AT 19,0;"CONSUM ENERGETIC";AT 19,19;w2;"(W*h)"
1110 PRINT BRIGHT 1;AT 21,1;"APASATI O TASTA PENTRU CONT."
1115 PAUSE 0
1116 CLS
1120 NEXT q
1121 IF p1=2 THEN GO TO 1130
1122 LET p1=2: GO TO 646
1130 PRINT AT 5,1;"CONSUM TOTAL ENERGETIC"
1135 PRINT AT 7,1;w1;"(W*ora)"
1140 PRINT AT 10,1;"TIMPUL TOTAL DE PRELUCRARE"
1145 PRINT AT 12,1;tt1;"(min)"
1160 PRINT AT 20,1;"VRETI SA RELUATI PROGRAMUL PEN-"
1165 PRINT AT 21,1;"TRU ALTA PIESA ?(D/N)"
1170 IF INKEY$="d" THEN CLS : GO TO 515
1175 IF INKEY$="n" THEN RANDOMIZE USR 0
1180 GO TO 1170

```

Ordinogramă de calcul pentru determinarea variantei optime prin decizie multicriterială (sinteză aritmetică)

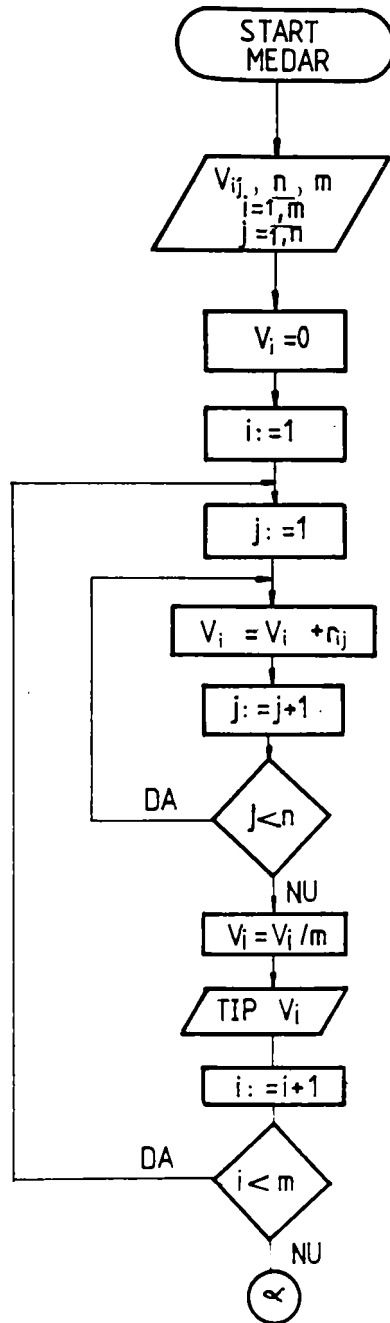
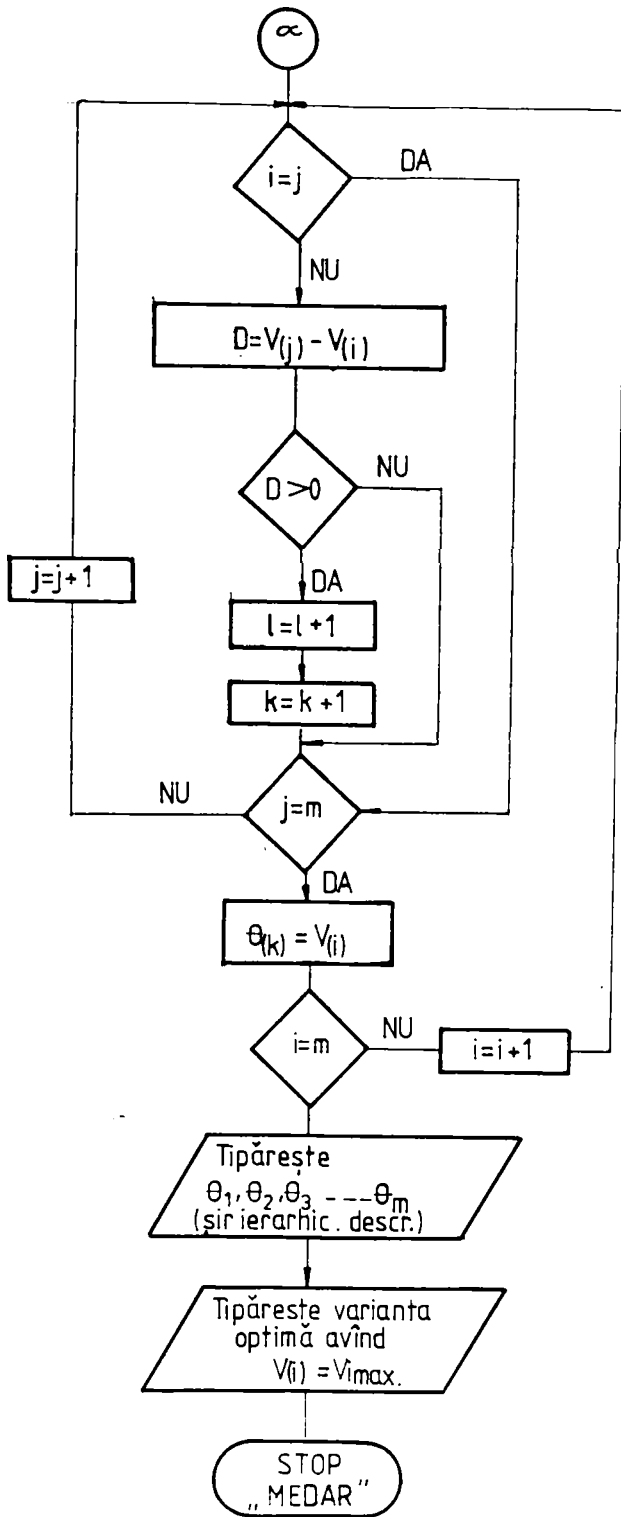


Fig. 7.2



Ordinogramă de calcul pentru determinarea variantei optime prin decizie multicriterială (metoda ponderării simple aditive)

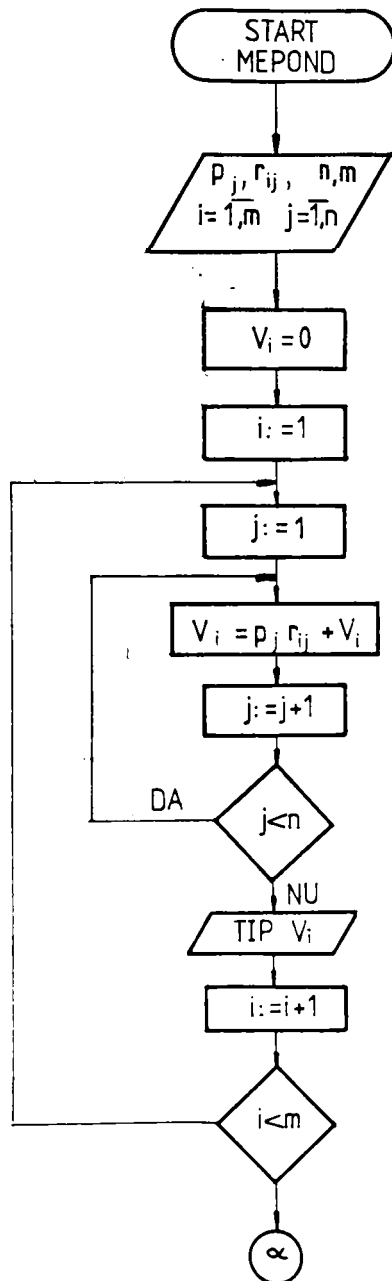
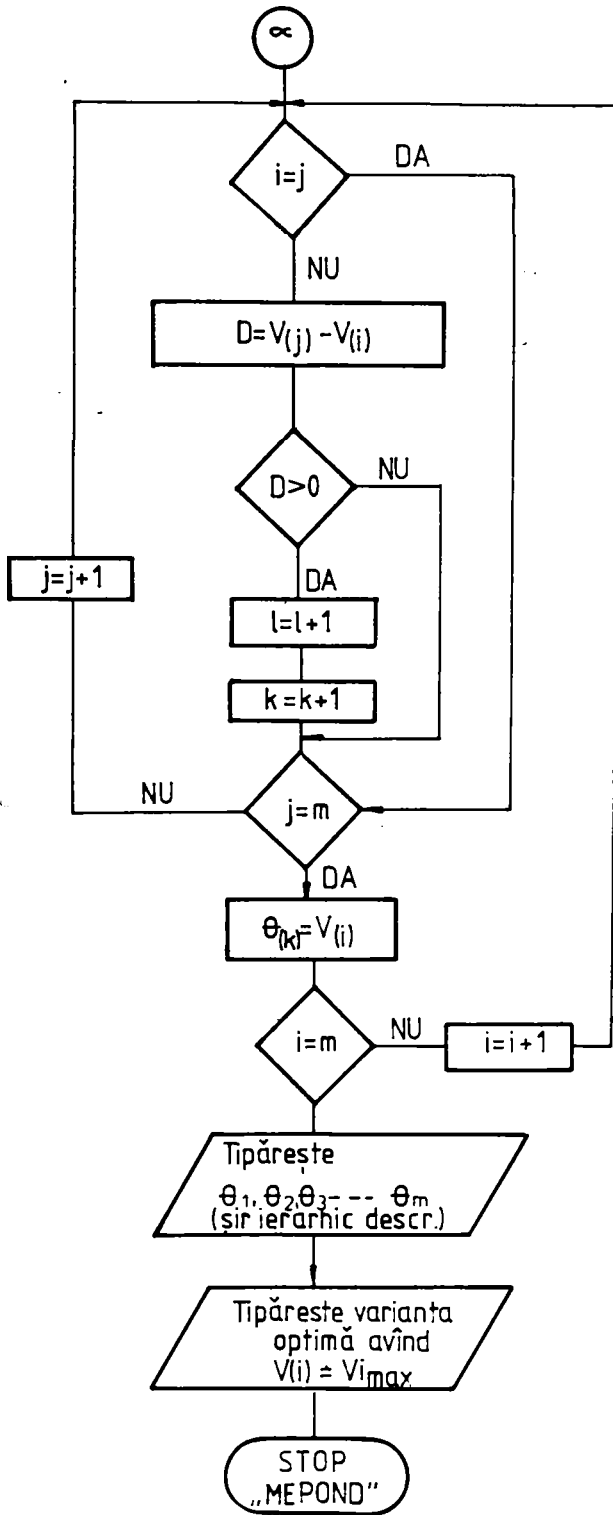


Fig. 7.3



Ordinogramă de calcul pentru determinarea variantei optime prin decizie multicriterială (metoda ponderării geometrice)

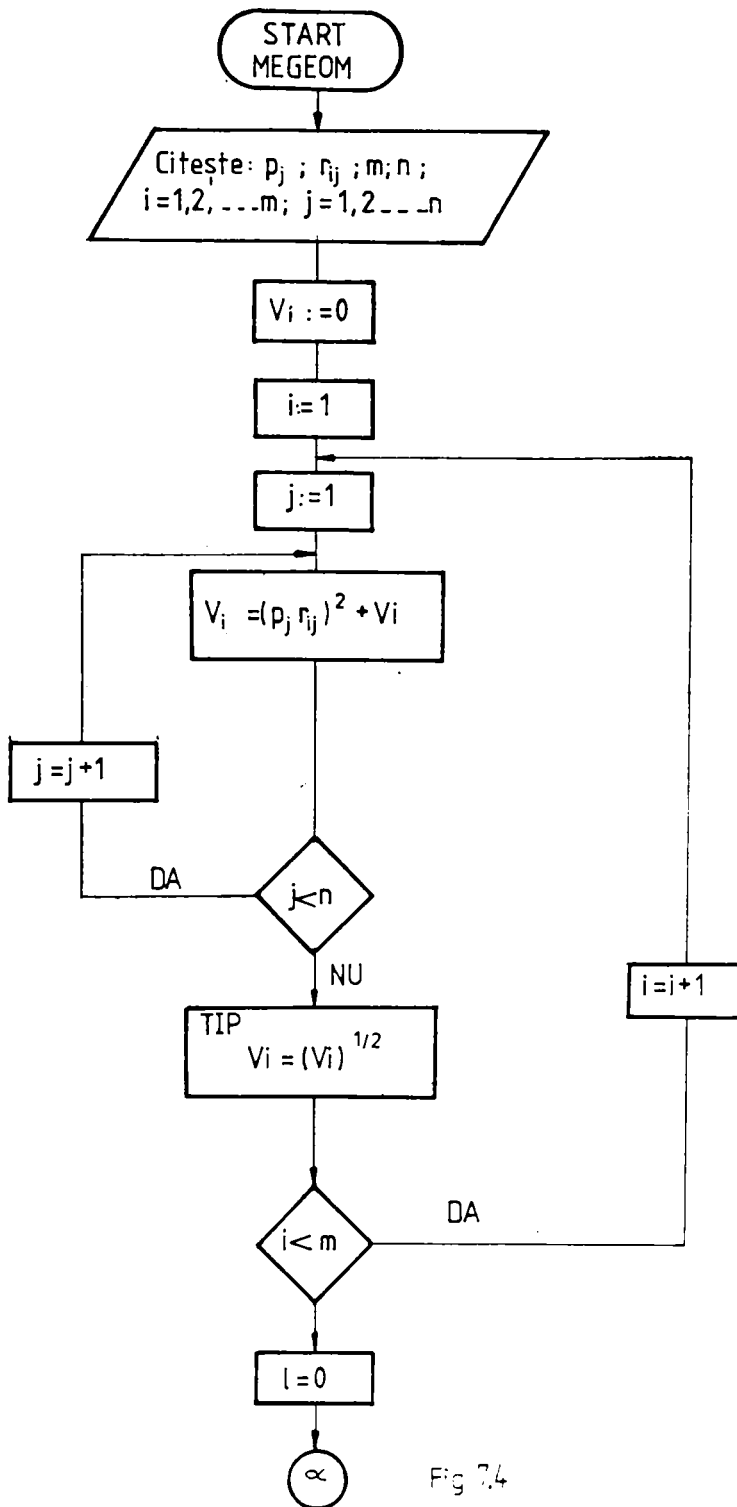
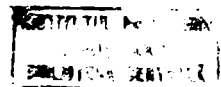
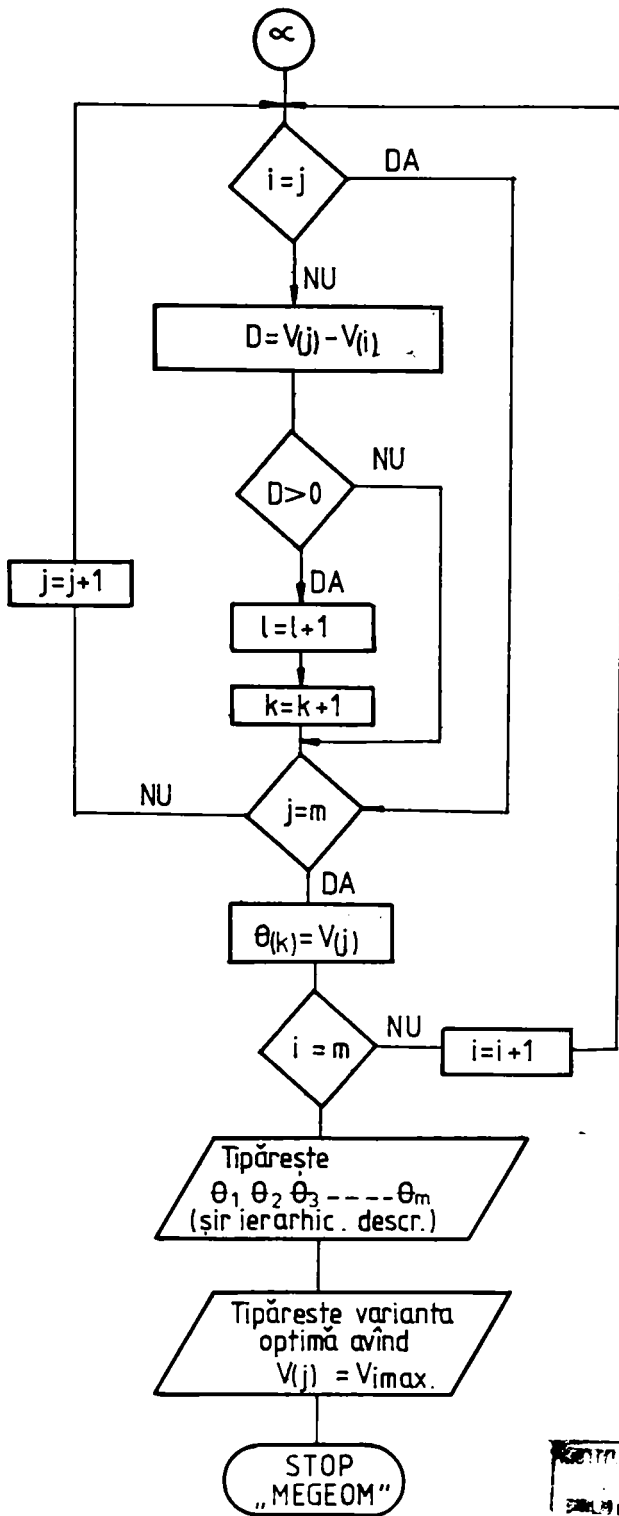


Fig 7.4



Ordinogramă de calcul pentru determinarea variantei optime prin decizie multicriterială (sinteză multiplicativă)

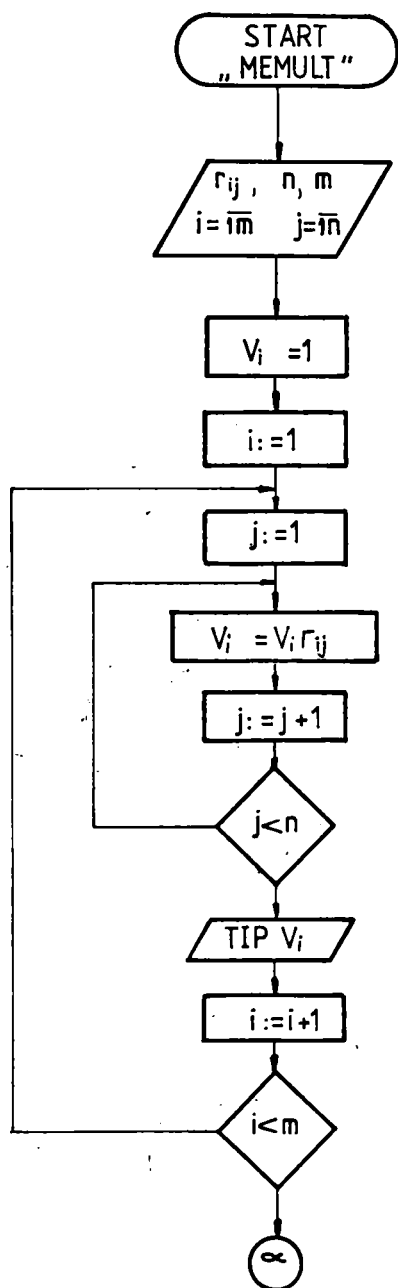
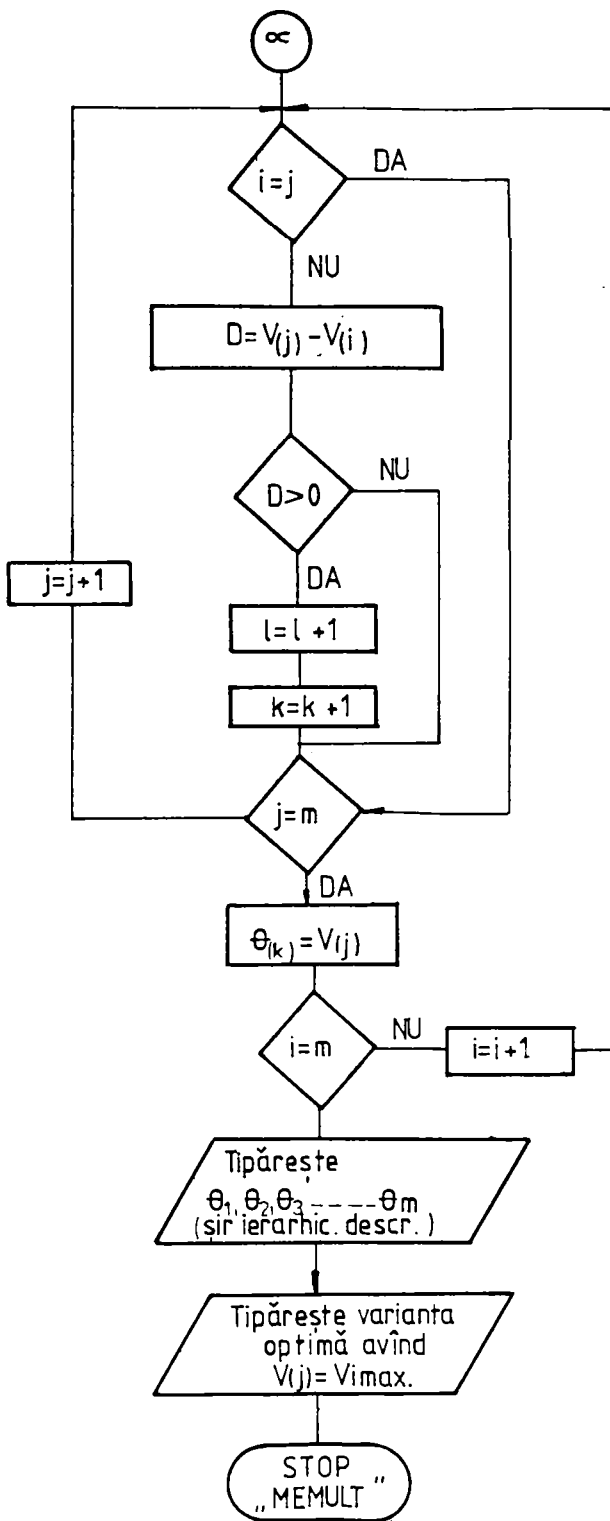


Fig.75



Ordinogramă de calcul pentru determinarea variantei optime prin decizie multicriterială (metoda cu interacțiune pesimist-optimistă)

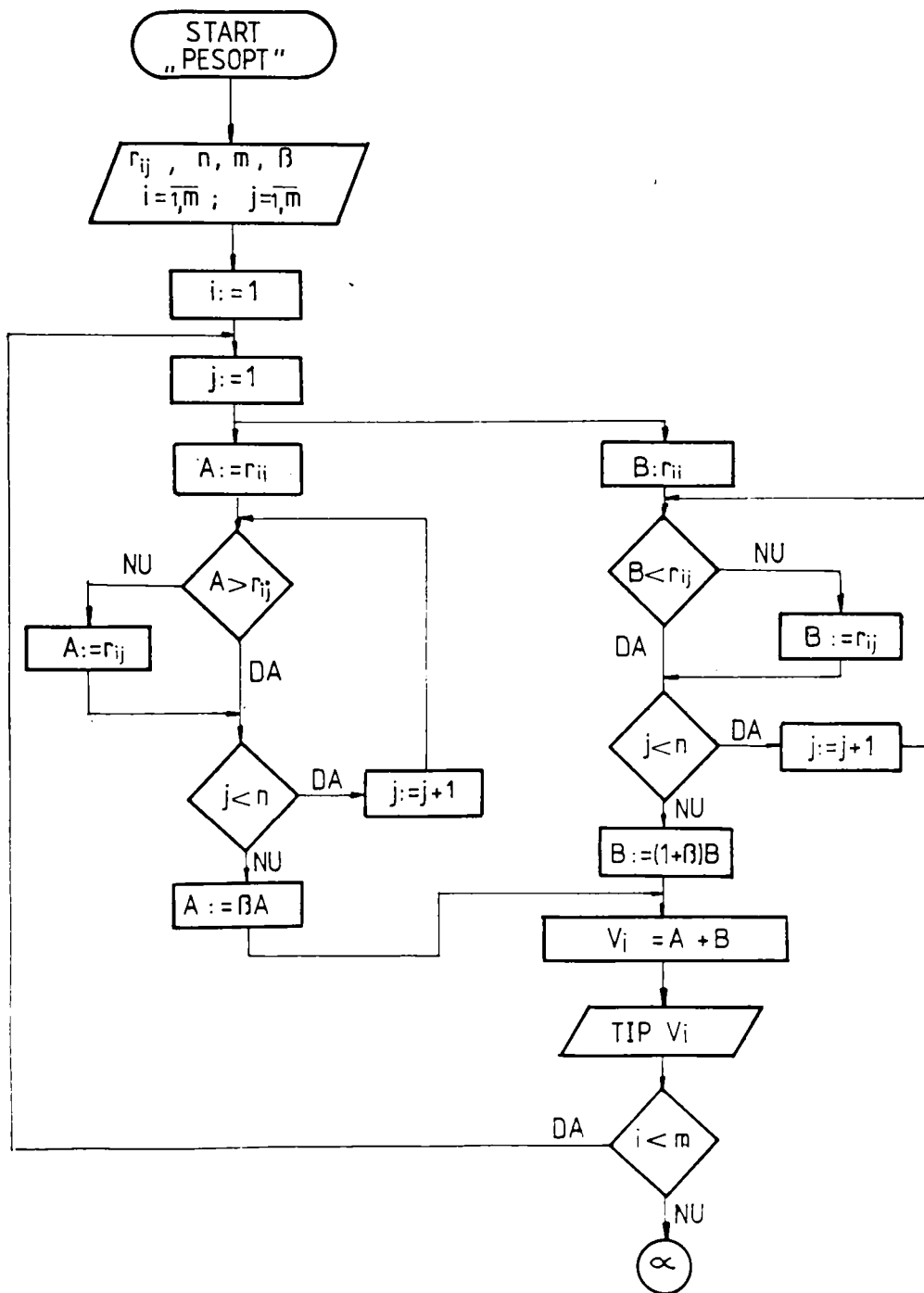
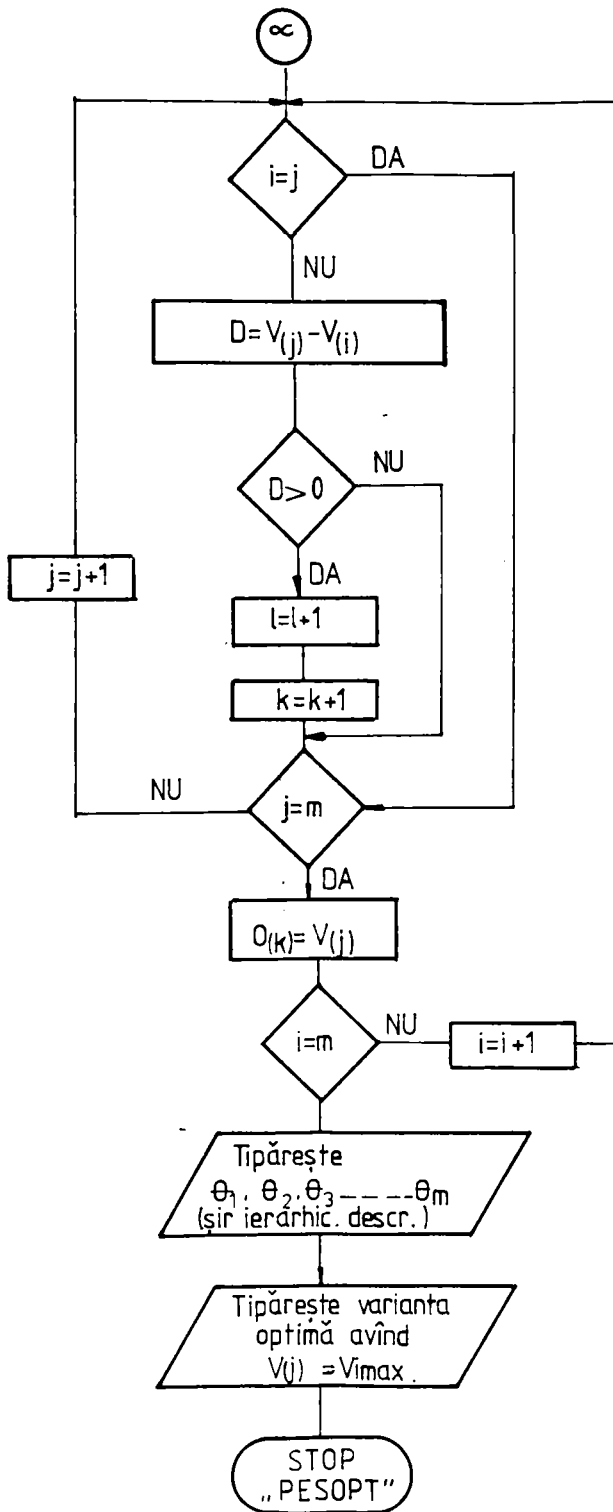


Fig. 76



Tabel centralizator cuprinzând elementele
matricilor consecințelor în unități fizice pentru sarcina de
producție IAEM Timișoara

Tab.nr.10 - A61

		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Reper PJ 5043 045	V ₁	0,928	380	0,35	4	0,851	0,898	1,24	13,64
	V ₂	0,916	367	0,35	4	0,848	0,892	0,81	13,05
	V ₃	0,9	351	0,27	3	0,868	0,902	1,19	10,08
	V ₄	0,895	144	0,22	3	0,846	0,891	1,42	16,15
	V ₅	0,830	74	0,16	1	0,721	0,711	1,89	19,32
Reper 1CM4-1.1	V ₁	0,928	400	0,35	4	0,877	0,898	1,21	6,75
	V ₂	0,916	345	0,35	4	0,859	0,892	1,1	7,15
	V ₃	0,9	350	0,27	3	0,831	0,876	0,95	4,25
	V ₄	0,895	144	0,22	3	0,831	0,876	1,42	4,21
	V ₅	0,830	82	0,16	1	0,782	0,838	1,78	6,45
Reper 2MP42-132 ab	V ₁	0,928	415	0,35	4	0,916	0,921	0,853	5,94
	V ₂	0,916	328	0,35	4	0,896	0,916	0,738	6,05
	V ₃	0,9	370	0,27	3	0,916	0,921	1	5,4
	V ₄	0,895	144	0,22	3	0,888	0,897	1,42	5,3
	V ₅	0,830	8,8	0,16	1	0,763	0,811	1,88	5,90
Reper MH.8.043.001	V ₁	0,928	390	0,35	4	0,851	0,902	1,1	6,5
	V ₂	0,916	365	0,35	4	0,859	0,9	1,31	5,90
	V ₃	0,9	340	0,27	3	0,896	892	0,96	5,42
	V ₄	0,895	144	0,22	3	0,831	0,876	1,42	6,42
	V ₅	0,830	9,6	0,16	1	0,725	0,774	1,90	6,25
Reper MI96-2.1.3.1.0	V ₁	0,928	345	0,35	4	0,842	0,878	0,68	9,23
	V ₂	0,916	364	0,35	4	0,808	0,866	0,45	8,2
	V ₃	0,9	133	0,27	3	0,887	0,881	0,46	6,67
	V ₄	0,895	144	0,22	3	0,8	0,858	1,42	7,45
	V ₅	0,830	85	0,16	1	0,773	0,642	1,94	8,3

Tab nr.10 (cont) A62

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	
Reper M9-31.0.	V ₁	0,928	390	0,35	4	0,851	0,887	1,1	6,67
	V ₂	0,916	342	0,35	4	0,812	0,861	0,68	5,9
	V ₃	0,9	1,54	0,27	3	0,892	0,889	0,75	4,7
	V ₄	0,895	144	0,22	3	0,814	0,867	1,38	6,45
	V ₅	0,830	91	0,16	1	0,778	0,711	1,79	7,15
Reper MI 72-23.1.A.	V ₁	0,928	434	0,35	4	0,846	0,882	0,48	8,22
	V ₂	0,916	307	0,35	4	0,828	0,871	0,18	6,70
	V ₃	0,9	1,56	0,27	3	0,894	0,882	0,155	5,44
	V ₄	0,895	144	0,22	3	0,821	0,863	1,42	7,15
	V ₅	0,830	88	0,16	1	0,708	0,692	1,69	7,5
Reper MI 9221310	V ₁	0,928	300	0,35	4	0,845	0,881	0,91	10,11
	V ₂	0,916	240	0,35	4	0,827	0,870	0,48	8,55
	V ₃	0,9	1,44	0,27	3	0,893	0,881	0,8	5,95
	V ₄	0,895	144	0,22	3	0,820	0,862	1,42	7,14
	V ₅	0,830	86	0,16	1	0,707	0,692	1,68	7,4
Reper 12CA 43-1.1	V ₁	0,928	378	0,35	4	0,843	0,829	1,05	3,96
	V ₂	0,916	294	0,35	4	0,771	0,818	0,61	2,16
	V ₃	0,9	222	0,27	3	0,929	0,829	0,46	3,44
	V ₄	0,895	144	0,22	3	0,859	0,932	1,11	1,96
	V ₅	0,830	88	0,16	1	0,793	0,714	1,78	4,592

Tabel centralizator cuprinzând elementele matricilor
 „ normalizate ”

Tab.nr. 11-A63

Reper PJ 5043 045	0,996	1	0,7	0,9	0,98	0,995	0,343	0,295
	0,987	0,965	0,7	0,8	0,976	0,988	0,571	0,325
	0,969	0,923	0,54	0,6	1	1	0,37	0,419
	0,964	0,368	0,44	0,6	0,974	0,987	0,248	0,165
	0,894	0,194	0,32	0,2	0,83	0,788	0	0
	0,222	0,164	0,111	0,027	0,138	0,083	0,055	0,134
Reper 1CM-4-1.1	0,996	1	0,7	0,8	1	1	0,32	0,055
	0,987	0,865	0,7	0,8	0,979	0,993	0,382	0
	0,969	0,875	0,54	0,6	0,947	0,975	0,466	0,405
	0,964	0,36	0,44	0,6	0,947	0,975	0,202	0,411
	0,894	0,205	0,32	0,2	0,891	0,933	0	0,097
	0,222	0,166	0,11	0,027	0,138	0,083	0,055	0,194
Reper 2MP042-132 a b	0,996	1	0,7	0,8	1	1	0,546	0,018
	0,987	0,79	0,7	0,8	0,978	0,994	0,607	0
	0,969	0,891	0,54	0,6	1	1	0,468	0,107
	0,964	0,346	0,44	0,6	0,960	0,973	0,244	0,123
	0,894	0,212	0,32	0,2	0,832	0,880	0	0,024
	0,222	0,166	0,111	0,027	0,138	0,083	0,055	0,194
Reper MH8043 001	0,996	1	0,7	0,8	0,946	1	0,421	0
	0,987	0,935	0,7	0,8	0,958	0,977	0,31	0,092
	0,969	0,871	0,54	0,6	1	0,988	0,494	0,166
	0,964	0,369	0,44	0,6	0,927	0,971	0,259	0,012
	0,894	0,246	0,32	0,2	0,809	0,858	0	0,038
	0,222	0,166	0,111	0,027	0,138	0,083	0,055	0,194
Reper M196-2.1.3.1.0	0,996	0,947	0,7	0,8	0,846	0,975	0,649	0,028
	0,987	1	0,7	0,8	0,812	0,962	0,768	0,136
	0,969	0,365	0,54	0,6	0,891	1	0,762	0,297
	0,964	0,395	0,44	0,6	0,804	0,953	0,268	0,215
	0,894	0,233	0,36	0,2	0,776	0,753	0	0,226
	0,222	0,166	0,111	0,027	0,138	0,083	0,055	0,194

Tab. nr.11-A 64

Reper M9-3.1.0	0,996	1	0,7	0,8	0,945	0,997	0,565	0,065
	0,987	0,876	0,7	0,8	0,902	0,976	0,620	0,174
	0,969	0,394	0,54	0,6	1	1	0,581	0,342
	0,964	0,369	0,44	0,6	0,904	0,975	0,229	0,09
	0,894	0,233	0,32	0,2	0,864	0,799	0	0,194
	0,222	0,166	0,111	0,027	0,138	0,083	0,055	0,194
Reper MI72-2.3.1.A	0,996	1	0,7	0,8	0,946	1	0,715	0
	0,987	0,707	0,7	0,8	0,926	0,987	0,893	0,184
	0,969	0,359	0,54	0,6	1	1	0,908	0,338
	0,964	0,331	0,44	0,6	0,918	0,978	0,159	0,13
	0,894	0,202	0,32	0,2	0,791	0,784	0	0,087
	0,222	0,166	0,11	0,027	0,138	0,083	0,055	0,194
Reper M192-2.1.3.1.0	0,996	1	0,7	0,8	0,946	1	0,458	0
	0,987	0,8	0,7	0,8	0,926	0,987	0,714	0,154
	0,969	0,48	0,54	0,6	1	1	0,523	0,411
	0,964	0,48	0,44	0,6	0,918	0,798	0,16	0,293
	0,894	0,286	0,32	0,2	0,791	0,785	0	0,268
	0,222	0,166	0,111	0,027	0,138	0,083	0,055	0,194
Reper T2CA 43-1.1	0,996	1	0,7	0,8	0,907	1	0,41	0,535
	0,987	0,777	0,7	0,8	0,829	0,986	0,657	0,744
	0,969	0,587	0,54	0,6	0,967	0,991	0,741	0
	0,964	0,480	0,44	0,6	0,809	0,982	0,549	0,767
	0,894	0,232	0,32	0,2	0,853	0,861	0	0,455
	0,222	0,166	0,111	0,027	0,138	0,083	0,055	0,194

Tabel centralizator cuprinzând valorile „funcțiilor de valoare utilă” pentru variantele tehnologice V_i studiate

Tabel nr. 11-A65

Cod reper	Funcția de valoare a variantelor V_i					Varianta tehnologică optimă „MAX V_i ”
	V_1 [-]	V_2 [-]	V_3 [-]	V_4 [-]	V_5 [-]	
PJ 5043 045	0,78	0,79	0,779	0,602	0,452	„ V_2 ”
1CM4 - 1.1	0,736	0,701	0,652	0,77	0,493	„ V_4 ”
2MP42 - 132 ab	0,741	0,7	0,707	0,587	0,467	„ V_1 ”
MH8 043.001	0,723	0,722	0,715	0,57	0,47	„ V_1 ”
MI 96 2.1.3.10.	0,745	0,716	0,658	0,501	0,472	„ V_2 ”
M9.3.10	0,733	0,737	0,676	0,576	0,464	„ V_2 ”
MI72 - 23.1A	0,739	0,73	0,687	0,576	0,464	„ V_1 ”
MI 92 2.1.3.10	0,725	0,73	0,7	0,632	0,513	„ V_2 ”
T2CA - 43.11.	0,797	0,851	0,758	0,992	0,516	„ V_4 ”

Legendă

- V_1 = tehnologia de prelucrare pe agregate construite cu unități tipizate indigene
 V_2 = tehnologia de prelucrare pe agregate cu unități tipizate acționate cu arbori flexibili
 V_3 = tehnologia de prelucrare în posturi de lucru flexibile
 V_4 = tehnologia de prelucrare pe linie automată flexibilă
 V_5 = tehnologia actuală de prelucrare