

PROIECTAREA SISTEMELOR FLEXIBILE DE FABRICAȚIE PENTRU OPERAȚII DE MONTAJ

V.P.VORONENKO

În ultima vreme s-a acordat o mai mare atenție problemelor proiectării sistemelor flexibile de fabricație (SFF) în domeniul operațiilor de montaj, deoarece procesele de montaj reprezintă etapa finală a fabricației producției finite, etapă în care se formulează parametrii necesari în aprecierea calității produselor. În stadiul de proiectare a SFF mai întâi se construiesc niște modele ale proceselor de fabricație, care ulterior se realizează în procesul de exploatare a acestora. Deci, eficiența funcționării SFF este determinată absolut de modelul elaborat.

În cazul proiectării SFF, principala problemă o constituie alegerea structurii și a parametrilor sistemului; alegerea acestora se desfășoară în dependență directă față de complexitatea și diversitatea construcției produselor în curs de fabricație, de volumul de fabricație, cât și de condițiile de fabricație. Proiectarea SFF în domeniul asamblării, care să răspundă cerințelor impuse, trebuie să se desfășoare pe baza proiectării de sistem, aceasta cuprinzând următoarele etape de bază:

- determinarea valorii funcționale, cât și a cerințelor față de SFF în întregime, formalizarea acestora în condițiile proiectării asistate și alegerea criteriilor de evaluare a calității soluțiilor de proiect;
- descompunerea SFF, stabilirea funcțiilor pentru fiecare subsistem, formalizarea cerințelor față de subsisteme, evidențierea conexiunilor interstructurale materiale, energetice și informaționale ale subsistemelor;
- generarea modelelor algoritmice și parametrice pentru funcționarea fiecărui subsistem;
- generalizarea sistemelor flexibile de fabricație pe baza procesului de fabricație elaborat, creîndu-se un sistem unic de fluxuri informaționale, materiale și energetice;
- elaborarea unor modele provizorii privind funcționarea sistemelor flexibile de fabricație;
- construirea de soluții de planificare și asamblare în spațiu.

Metoda sistemică privind rezolvarea problemei proiectării unui atelier de asamblare automatizat sau a unei secții avînd caracteristicile specificate, care ar reprezenta un sistem dinamic compus dintr-o mulțime de elemente, necesită, după stabilirea datelor de referință, descompunerea acesteia pentru a scoate în evidență sistemele eterogene din punctul de vedere al caracteristicilor tehnologice și organizatorice, precum

și legăturile dintre ele, în vederea sintetizării elementelor specificate.

La baza descompunerii sistemelor flexibile de fabricație stă principiul funcționalității și minimalității. Primul constă în aceea că, elementele evidențiate trebuie să fie pe cât posibil unite, deci, pentru acestea poate fi formulat un scop propriu de funcționare, ce poate fi atins printr-un ansamblu de scopuri ale fiecărui element aparținînd nivelului inferior.

Descrierea structurală de nivel superior privind descompunerea SFF, incluzînd sistemul de bază, șapte sisteme auxiliare cât și legăturile materiale, energetice și informaționale, este reprezentată în fig.1.

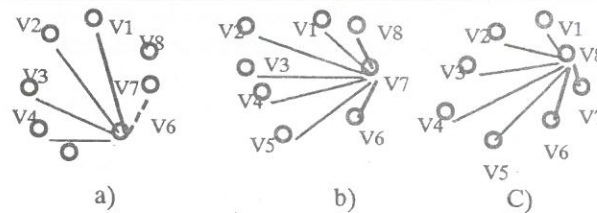


FIG. 1 Model conceptual al unui SFF pentru operații de montaj

Vîrfurile grafurilor reprezintă următoarele elemente ale sistemului de fabricație, și anume: V₁ - sistemul de bază (de asamblare); V₂ - sistemul de utilitare cu scule; V₃ - sistemul pentru controlul calității produselor; V₄ - sistemul de înmagazinare; V₅ - sistemul pentru protecția muncii personalului; V₆ - sistemul de transportare; V₇ - sistemul service; V₈ - sistemul pentru conducerea și pregătirea fabricației.

Laturile grafului care reunesc vîrfurile acestuia reprezintă fluxurile: material (fig.1,a), energetic (fig.1,b) și informațional (fig.1,c) dintre subsistemele corespunzătoare.

Procesul de proiectare a sistemelor complexe, cum ar fi SFF, de cele mai multe ori este iterativ, pe parcursul căruia sînt generate mai multe soluții de proiectare, atît pentru anumite elemente separat, cât și pentru întreg SFF. Pornind de la problema generală a proiectării, care presupune elaborarea unui proiect al unei secții sau lot care să asigure fabricația de produse de calitate corespunzătoare (automatizate) și a unui program specific în condițiile unor cheltuieli minime, rezultă că drept criteriu de alegere a unei soluții optime de proiectare, poate fi considerat indicele cheltuielilor specifice de fabricație a produselor, care poate fi calculat după următoarea formulă:

$$Z = \sum_{j=1}^n [N_j(\delta + \beta) S_{CT} \sum_{i=1}^m T_{\phi ij} + (E_{norm} + \alpha) \frac{F_i}{F_{ef}} \sum_{i=1}^m A_{ij} a_i]$$

în care: - n - număr produs;

- N_j - capacitatea anuală de fabricație a produsului j , buc.;
- $\delta = 0,15$ - coeficient de salariu cu adaos procentual;
- β - cheltuieli de regie - TOTAL - pe cote parte de salariu incluzând și cheltuieli destinate reparațiilor curente (utilaje);
- S_{CT} - salariul unui muncitor, Ruble/minut;
- i - număr operații;
- $E_{norm} = 0,15-0,20$ - coeficientul de normare al eficienței investițiilor;
- $\alpha = 0,143$ - coeficientul calculului de amortizare;
- F_{ef} - fondul anual efectiv de timp privind funcționarea sistemului, min.;
- F_i - partea de fond anual de timp afectată pentru fabricația produsului j , min.;
- m - numărul de operații pe parcursul procesului de asamblare;
- A_{ij} - costul unei unități a utilajului de asamblare utilizat pentru operația i la fabricația produsului j , ruble;
- a_i - numărul de unități ale dispozitivului de asamblare utilizat la i -operații;
- T_{pij} - volumul de muncă privind fabricația reperului j la i -operații:
 $T_{ij} = T_{pij}/f$ în care
- T_{ij} - volumul de muncă din partea mașinii, pentru operația i de asamblare, în cazul fabricației reperului j , min.;
- f - coeficientul de acționare din mai multe poziții.

Datorită gradului de complexitate și, în unele cazuri informațiilor suficiente pentru stabilirea unor serii de formule pe diverse etape de proiectare, în practică se utilizează **criteriile integrale**. Astfel, spre exemplu, pentru execuția unor etape de montaj și planificare în proiectare, se poate utiliza criteriul integral care este un criteriu vectorial funcțional, în care W_1, W_2 - criterii de optimizare; W_1 - criteriul minim de putere a fluxului material:

$$W_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{\alpha\gamma=1}^m \frac{Q_i}{q_1} l_{\alpha\gamma i}$$

- în care:
- n - numărul denumirilor de produse capacitate pe an, t.;
 - ω - numărul operațiilor de montaj în cazul fabricației produsului cu denumirea i ;
 - Q_i - tonaj produse i ;
 - q_1 - valoarea lotului de transport;
 - $l_{\alpha\gamma i}$ - distanța dintre pozițiile α și γ , m.;
 - W_2 - criterii de scoatere maximă a

producției de pe unitatea de volum a unui atelier (secție)(automatizate)

$W_2 = N/V$, în care:

- N - programul (specific) de fabricație a produselor într-un atelier (secție) pe un an, buc/an;
- V - volumul total al atelierului, m^3 .

În cazul evaluării multicriteriale a calității soluției de proiectare, unii indicatori pot avea dimensiuni diferite, dar este aleasă o singură dimensiune prin intermediul introducerii coeficienților de pondere; aceștia pot fi determinați pe baza datelor statistice și reflectă gradul de influență a fiecărui indicator asupra valorii cheltuielilor specifice. Astfel, indicele de evaluare a calității de proiectare va fi determinat ca fiind suma indicilor particulari, ponderați ca valoare:

$$W_n = \sum_{i=1}^m W_i K_i$$

- în care:
- m - numărul de criterii particulare;
 - K_i - coeficientul de pondere.

Calitatea adoptării unei soluții de proiectare în cazul evaluării multicriteriale depinde de gradul de obiectivitate a coeficienților de pondere adoptați, coeficienți care trebuie să reflecte condițiile concrete de fabricație. Într-o serie de cazuri pot fi introduse și alte criterii: volumul de lucru privind unele, cât și efortul de fabricație depus, ciclul de montaj, coeficientul de sarcină a mașinilor de montaj sau a standurilor, durata comunicațiilor etc. La alegerea numărului de criterii trebuie să se țină seama că, dacă se depășește numărul acestora, se poate întâmpla ca acest lucru să nu ducă la efectul scontat, ca urmare a creșterii erorii totale din partea criteriului integral și a efortului depus pentru lucrările de proiectare.

În cadrul problemelor metodologice de proiectare, pe lângă problemele de alegere a criteriilor de evaluare a calității soluțiilor de proiectare, este cuprinsă și elaborarea modelelor structural-funcționale, algoritmice, parametrice și de planificare.

Utilizând principiile de bază, ale descompunerii sistemelor complexe, se construiește, în primul rând, un model structural care reflectă componența și conexiunea elementelor sistemului de fabricație și ale modelului funcțional care reflectă caracteristicile elementelor unui sistem, necesare pentru realizarea destinației sale auxiliare.

Având modelele structural-funcționale, se poate trece la construirea modelelor algoritmice, care reflectă succesiunea interacțiunii elementelor în procesul de funcționare a sistemelor flexibile de fabricație. În etapa următoare de proiectare se construiesc modele parametrice care reprezintă niște ecuații de echilibru material energetic, pe baza cărora sînt determinate valorile numerice ale fiecărui element, cât și valorile interacțiunii dintre parametrii fizici și elementele sistemului de fabricație.

În etapa finală de planificare se rezolvă problema construirii modelelor de planificare, care reflectă

legăturile dimensionale dintre elementele sistemului de fabricație, cel mai adesea în metrica spațiului euclidian.

Punând la bază principiile metodologice menționate în elaborarea proiectului de creare a secțiilor automatizate flexibil, a atelierelor de montaj sau de re tehnologizare a produțiilor existente, se propune o proiectare "transparentă" (fig.2).

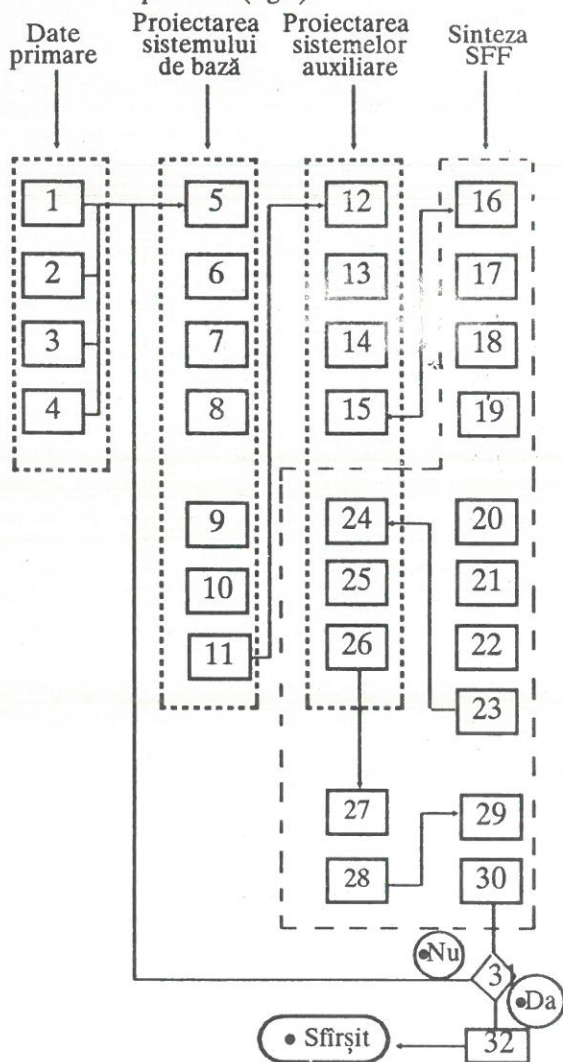


FIG. 2 Succesiunea etapelor de proiectare a unui SFF pentru operații de montaj

- 1 - programul de fabricație a produselor;
- 2 - dimensiunile de gabarit și greutate;
- 3 - parametrii de calitate;
- 4 - regimul de lucru privind fabricația;
- 5 - evaluarea produselor tehnologice;
- 6 - elaborarea proceselor tehnologice de montaj;
- 7 - stabilirea tipurilor de utilaje de bază;
- 8 - calculul capacității de lucru a mașinii și al volumului de lucru privind operațiile de montaj;

9 - stabilirea numărului de utilaje de bază și dotarea tehnologică;

10 - elaborarea cerințelor față de condițiile de lucru (referitoare la utilaj);

11 - întocmirea caietului de sarcini pentru utilaje și dotarea tehnologică standardizate;

12 - proiectarea sistemului de asigurare a sculelor;

13 - proiectarea sistemului pentru controlul calității produselor;

14 - proiectarea sistemului de depozitare;

15 - proiectarea sistemului de protecție a muncii personalului;

16 - elaborarea traseelor tehnologice de fabricație a produselor;

17 - alegerea principiului de stabilire a secțiilor de fabricație;

18 - alegerea componentei succursalelor de producție;

19 - stabilirea componentei numărului de utilaje în succursalele structurale;

20 - calculul suprafețelor succursalelor de producție;

21 - calculul suprafeței unui atelier și dimensiunile de gabarit;

22 - asamblarea unui atelier;

23 - proiectarea schemei de amplasare a utilajelor în succursalele de producție;

24 - proiectarea sistemului de transportare;

25 - proiectarea sistemului de service;

26 - proiectarea sistemului de conducere și pregătire a fabricației;

27 - planificarea utilajului în ateliere și succursalele de producție;

28 - stabilirea componentei și efectivului de personal în ateliere și succursale;

29 - întocmirea schemei finale a fluxurilor materiale, energetice și informaționale;

30 - calculul indicilor tehnico-economici ai proiectului;

31 - alegerea celei mai potrivite variante a proiectului;

32 - elaborarea caietelor de sarcini pentru domeniile constructiv, energetic și tehnico-sanitar.

Pe baza datelor inițiale care au fost determinate din condițiile de funcționare a atelierului sau secției de montaj și menționate în caietul de sarcini privind proiectarea sau sistematizarea, se trece la proiectarea sistemului de bază. Proiectarea celor 4 sisteme auxiliare se realizează în aceeași ordine ca la sistemul de bază.

Pe baza traseelor de producție elaborate, privind fabricația produselor se alcătuiește întregul SFF prin sintetizarea sistemelor de bază și a celor auxiliare și se stabilește un sistem unic de conexiuni materiale, energetice și informaționale în spațiu și timp, ce pot fi realizate de sistemul de transportare, de sistemul service și respectiv de sistemul de conducere și pregătire a producției. Alegerea principiului de formare a succursalelor structurale, a componentei acestora, a componentei și numărului de utilaje în succursalele de producție, amplasarea acestora, au la bază schemele de fluxuri materiale elaborate.

Fiecare variantă a soluției de proiectare a SFF este alcătuită prin parcurgerea o singură dată a tuturor

blocurilor schemei. În cazul repetării ciclurilor se generează mai multe variante; elaborarea fiecărei următoare variante a soluției de proiectare se efectuează numai după analiza rezultatelor soluției precedente. O variantă optimă se alege potrivit sistemului de evaluare criterială adoptat. Numărul variantelor elaborate depinde de nivelul de unificare a soluțiilor de proiectare, de gradul de complexitate a obiectului proiectării și de nivelul de automatizare a operațiilor de proiectare.

Drept date sursă pentru sintetizarea SFF în condiții de proiectare asistată pot fi considerate următoarele: descrierea matematică a obiectivului, indicându-se caracteristicile impuse față de sistem; traseele tehnologice de fabricație a produselor, cu descrierea tuturor proceselor ce se desfășoară, atât în unitățile de bază, cât și în sucursalele auxiliare; restricțiile asupra indicilor sistemului; caracteristicile tehnice ale utilajelor de fabricație propuse.

Sinteza structurală a SFF se realizează prin descompunerea codurilor obiectivelor, combinarea codurilor bazei de elemente și introducerea de elemente intermediare pentru stabilirea legăturilor materiale, energetice și informaționale dintre utilajele de producție.

În cadrul SFF pentru operațiile de montaj, secțiile de producție se realizează după următorul principiu: componența utilajelor de montaj și formele de organizare a producției sînt selectate ținînd seama de realizarea proceselor tehnologice de montaj de un singur tip, pentru un anumit tip de produse, spre exemplu secția de montaj cutii de viteză, blocuri de șpindele, păpuși mobile etc.

O problemă importantă o constituie proiectarea schemei de amplasare a utilajelor de producție în secții și ateliere. În etapa de proiectare a soluției topologice are loc sintetizarea SFF. Calitatea soluției acestei probleme determină în mare măsură eficiența acesteia. Problema sintezei topologiei producției va fi formulată în felul următor: se dau mulțimea utilajului de producție $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, valoarea legăturilor materiale dintre utilaje $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ și dimensiunile de gabarit, $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, precum și restricțiile asupra amplasării utilajelor, spre exemplu normele distanței dintre mașinile de montaj, condițiile de exploatare a acestor mașini etc. Se cere să se afle acea

relație reciprocă a mulțimii C în volum V și legăturile materiale reciproce dintre Q , care să asigure extremumul funcției W_1 .

Drept date de referință în cazul sintezei topologiei SFF trebuie să fie componența utilajelor de producție pentru sucursala ce va fi proiectată, traseele tehnologice pentru fabricația produselor, împreună cu valoarea fluxului de încărcare și timpul de execuție a operațiilor, dimensiunile de gabarit ale utilajelor, restricțiile asupra amplasării acestora. În condițiile proiectării asistate, traseele tehnologice privind fabricația produselor, cunoscîndu-se valoarea fluxului de încărcare, sînt date de matricea de contiguitate A și matricea structurilor punctelor de instalare D :

$$D = \begin{pmatrix} 0 & q_{12} & \dots & q_{1n} & 0 & \dots & 0 \\ q_{21} & 0 & \dots & q_{2n} & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{n1} & q_{n2} & \dots & 0 & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

Proiectarea asistată de calculator a topologiei sistemului de montaj a avut la bază teoria grafurilor, modificată, elaborată la Institutul de Mașini Unelte - Moscova. Proiectul de programe de aplicație elaborat contribuie la proiectarea topologiei de sisteme flexibile, repartizarea traseelor tehnologice de fabricație a produselor potrivit utilajului ales, calculul coeficientului de încărcare a utilajului și numărului de dispozitive de transportare.

Utilizarea pachetului de programe de aplicație permite efectuarea expertizei asupra producțiilor existente. Spre exemplificare, la una din secțiile atelierului Societății industriale "Uzina Constructoare de Mașini Unelte" s-au efectuat analiza și sinteza soluției de planificare, care au demonstrat că, fără cheltuieli materiale însemnate, se reduce de 2 ori cheltuielile pentru transportarea produselor, crește coeficientul de încărcare a dispozitivelor de transportare, se resimte mobilitatea în fabricația produselor.

(Voronenko, V.P. - *Mehanizatiia i Avtomatizatiia proizvodstva*, nr.12, 1990, pp.16-18).

Traducere:
Margareta Gheorghe