

## AUTOMATIZAREA PROCESELOR DE ASAMBLARE (MONTARE) A FABRICATELOR



DR., CONF. UNIV. **ALEXEI BOTEZ**,  
DR. HAB., PROF. UNIV. **PETRU STOICEV**,  
LECTOR SUPERIOR **TUDOR COLIN**,  
UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

**A**SAMBLAREA ESTE UNICUL PROCES TEHNOLOGIC NELIPSIT ÎN ORICE TIP DE PRODUCȚIE, FIE CĂ E VORBA DE FABRICAREA UNOR FOARFECE OBIȘNUITE, POMPE SUBMERSIBILE, AUTOMOBILE SAU RACHETE. DE ACEEA, AUTOMATIZAREA PROCESELOR DE ASAMBLARE (MONTARE) A FABRICATELOR ARE UN ROL DETERMINANT ÎN DEZVOLTAREA INDUSTRIALĂ A ȚĂRII.

În domeniul producției de aparate, de exemplu, la efectuarea lucrărilor de asamblare (montare) este antrenat fiecare al doilea muncitor, iar în construcția de mașini – fiecare al treilea. Numărul de muncitorimontori este impunător, pe când volumul lucrărilor de asamblare rămâne redus (comparativ cu operațiile de confecționare a pieselor) – în special, în producția de masă a unor fabricate: rulmenți, lămpi electrice, aparataj radio, baterii, lanțuri, ansambluri ale automobilelor și tractoarelor etc. Utilajele automatizate de montare existente au, de cele mai multe ori, un randament redus.

Pentru asamblarea eficientă a produselor de același tip sau, mai ales, a celor de tipuri diferite este necesar ca productivitatea utilajelor automatizate de asamblare să fie mai avansată față de productivitatea muncitorului, atingând nivelul celor mai performante automate existente. Totodată, consumurile ce țin de fabricarea și exploatarea acestor produse trebuie să fie minime.

Cercetările efectuate au demonstrat că pentru asamblarea fabricatelor în serie este necesar de a instala piesa de bază foarte precis, ajustând-o perfect înainte de a îmbina pozițiile pieselor componente, cu configurații și dimensiuni variate; apoi urmează să fie organizată încărcarea, orientarea și transportarea acestora spre zona de lucru. Pentru realizarea operațiilor menționate sunt necesari roboți industriali cu 6-8 grade de mobilitate, cu schimbarea automată a prehensoarelor și uneltelor indispensabile pentru fiecare din piesele îmbinate. Precizia de poziționare a prehenzorului trebuie să fie cât mai mare, în pofida faptului că masa pieselor, viteza și accelerația mișcărilor sunt considerabile.

Practica ne demonstrează că utilizarea sistemelor flexibile de producție cu mai mult de cinci roboți constituie o problemă științifico-tehnică de complexitate superioară.

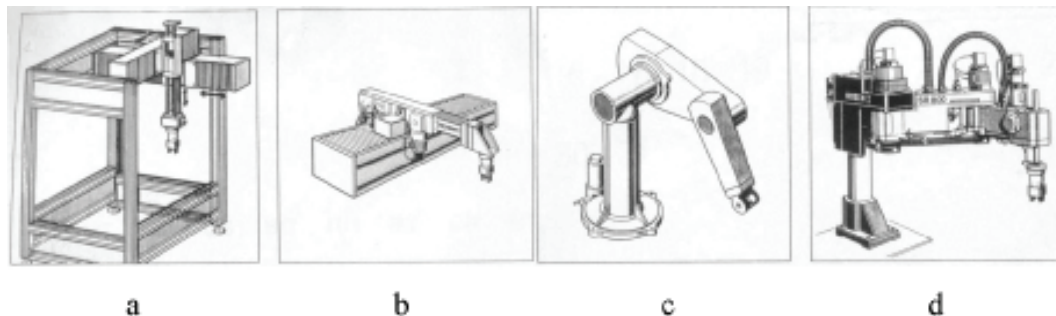
Astfel, la uzina experimentală de fabricare a motoarelor electrice, având un volum de producție de 10 mii de motoare pe an, specialiștii japonezi au reușit pas cu pas să automatizeze lucrările de asamblare, cu utilizarea roboților industriali, în proporție de circa 55 la sută. Și acest rezultat este destul de bun, fiindcă roboții pot realiza doar unele elemente de asamblare: îmbinarea pieselor cu joc, înșurubarea, nituirea, sudarea în puncte etc. La realizarea al-

tor operații (sau treceri): presarea, îndoirea, sertizarea, bordurarea, umflarea ș.a., aceștia servesc doar pentru transportarea și încărcarea pieselor (fig. 1).

Manipulatorii sunt mai simpli și mai siguri decât roboții industriali, însă aceștia au doar o traiectorie constantă de deplasare a prehensurului. Ei pot să asambleze unele piese și ansambluri în producția de serie. De exemplu, la așezarea pieselor componente pe arbori, locurile asamblării lor și cele de apucare a pieselor rămân a fi constante, de aceea pot fi constante și traiectoriile de deplasare ale pieselor respective. Având în vedere aceste circumstanțe, precum și necesitatea unei productivități avansate a procesului de asamblare, a fost propus un sistem flexibil de producție deservit de manipulatori, pentru montarea automatizată a magnefoanelor cu cursa de admisiune de 2-6 secunde. Sistemul instalează, assemblează și fixează automat cu șuruburi, vâlțuire, nituire circa 20 de piese.

Asamblarea automatizată începe cu modificarea construcției fabricatului și a pieselor componente.

Eficiența realizării asamblării, calitatea fabricatului și prețul de cost al acestuia depind, în mare măsură, de construcție. Fiecare fabricat trebuie să corespundă unor anumite cerințe, în primul rând, să fie construit din blocuri, adică să fie compus din unități de montaj. Acest fapt permite să fie asamblată și reglată fiecare unitate de montaj, independent de alte unități de montaj, ceea ce conduce la micșorarea duratei de montare a fabricatului. Este rațional ca fiecare unitate de montaj să fie compusă din 4...20 de piese. În unele cazuri, micșorarea numărului de piese se poate realiza, utilizând mase plastice. De exemplu, ceasurile produse de firma japoneză "Citizen" erau compuse din 66 de piese. Înainte de trecerea la asamblarea automatizată, construcția ceasurilor a fost remaniată, panourile metalice și capacul fiind înlocuite cu plastic, iar pietrele, saboții și alte piese fiind preventiv instalate și presate în timpul formării carcasei și capacului. Numărul pieselor în ansamblu a fost micșorat până la 43, simplificându-se și instalarea lor.



**Fig. 1. Roboți industriali pentru asamblare:**

*a - portal; b - linear; c - cu braț rotativ în jurul axelor horizontale;*

*d - cu braț rotativ în jurul axelor verticale*

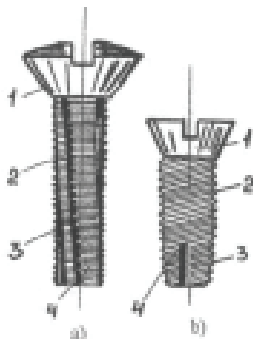
Micșorarea numărului de piese și a volumului de muncă la fabricarea produselor se poate realiza utilizându-se inelele, colierele, bolțurile, capacele și alte piese elastice.

*Exemplul 1.* Arcurile lamelor anterioare ale camioanelor conțin 34...51 de piese. Practic este imposibil de a asambla automat aceste arcuri. De aceea, s-a propus o construcție nouă a arcurilor de suspensie cu brățări elastice, fapt ce a permis să fie micșorat aproape de două ori numărul pieselor componente și să fie automatizat procesul de montare a acestora.

*Exemplul 2.* Capacele, de regulă, se fixează pe carcasa reductorului cu șuruburi. Această construcție necesită burghierea găurilor în carcasă și în capac, filetarea găurilor din carcasă, prelucrarea suprafețelor de contact ale carcasei și capacului. Capacul elastic, instalat în canalul carcasei, permite reducerea considerabilă a timpului de confecționare a pieselor și de asamblare automată a reductoarelor. Afară de aceasta, lipsa găurilor pentru șuruburi în pereții reductorului a permis să fie redusă grosimea acestora, ceea ce a condus la economisirea metalului.

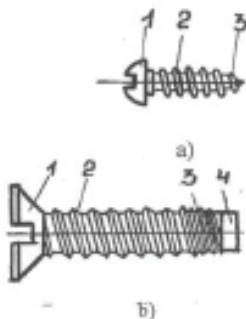
Una din problemele principale ale asamblării o constituie gradul avansat de precizie la instalarea pieselor care se îmbină. Utilizarea șuruburilor care sfredelesc, taie sau rulează filetul în timpul înșurubării (fig. 2, 3, 4) și a șuruburilor cu gulere pivot (fig. 4) ce înlocuiesc șaibele, reduce substanțial consumurile la producerea fabricatelor.

Dacă nu este necesară demontarea îmbinărilor pieselor în timpul exploatării, atunci este rațional de utilizat, în loc de șuruburi și piulițe, nituri, iar în loc de știfturi obișnuite – știfturi crestate sau bolțuri elastice, care se instalează în orificiul piesei de bază cu joc considerabil, iar după asamblare se deformează creând strângerea necesară în îmbinare.



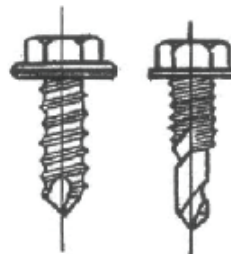
**Fig. 2. Șuruburi auto așchietoare a filetului:**

- a) cu câteva muchii așchietoare dispuse diametral;  
b) cu unul sau două tășuri în partea inferioară a tășului:  
1 - cap; 2 - tijă cu filet cu profil complet; 3 - partea de trecere;  
4 - canal pentru așchii



**Fig. 3. Șuruburi cu autodeformare:**

- a) folosite fără gaură prealabilă; b) destinate înșurubării în gaură prealabil executată (fără filet):  
1 - cap;  
2 - tijă cu filet cu profil complet; 3 - partea de atac;  
4 - partea de ghidare



**Fig. 4. Șuruburi cu autoburghiere-autodeformare**

La utilizarea bolțurilor și bușelor elastice, găurile pot fi executate în piesele racordate doar prin burghiere, fără operații de zincuire și alezare.

Suprafețele îmbinate ale pieselor trebuie să aibă teșituri de intrare cu un unghi cât mai mic și, mai ales, teșiturile trebuie prevăzute la piesa de bază, fiindcă ea se utilizează pentru instalarea tuturor pieselor componente ale ansamblului. Unghiul de înclinare a teșiturii pentru piesele metalice îmbinate cu joc sau cu strângere trebuie să fie de 10-15 grade, iar din mase plastice – de 8 grade. Teșiturile la bușele cu pereții subțiri, lagăre, inele e necesar să fie executate în trepte: la început cu un unghi de 30-45 grade pentru posibilitatea așezării automatizate în orificiul carcasi sau pe arbore, iar în prelungire – sub un unghi de 10-15 grade, pentru micșorarea forței de presare și, în consecință, a deformației inelelor și bușelor presate.

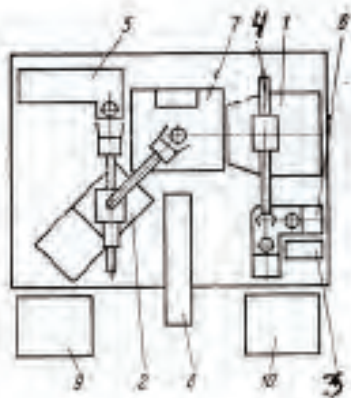
Prezintă dificultăți asamblarea automată a îmbinărilor cu caneluri și cu pene, fiindcă la realizarea acestora este necesară coincidența axelor suprafețelor îmbinate și poziția unghiulară a canelurilor și penelor cu canelurile corespunzătoare ale pieselor. Este rațional ca îmbinările cu pene să fie înlocuite cu caneluri, în special, cu îmbinări cilindrice și conice cu strângere.

Pentru asigurarea asamblării automatizate a roților dințate, se prevăd rotunjiri speciale pe capătul roților cu dinți mai puțini (din considerente economice).

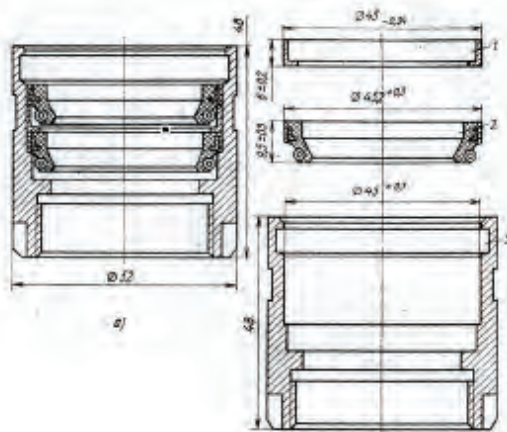
Pentru simplificarea orientării pieselor îmbinate automatizat, ele trebuie să aibă simetrie maximă. Deci, cu cât piesa are mai multe planuri de simetrie, cu atât este mai mare probabilitatea că ea va ocupa locul necesar la poziționarea automatului de asamblare. Dacă piesa are găuri, canale, ieșituri, renuri, atunci este necesar ca ele să fie prevăzute simetric față de suprafața exterioară a acesteia. De exemplu, dacă piesa are axă de simetrie (arbore) și canal sau fus la un capăt, atunci este de dorit ca piesa să aibă asemenea elemente constructive și la capătul opus.

Aceste principii sunt determinante pentru buna funcționare a complexului tehnologic robotizat, pe care îl vom examina în cele ce urmează.

Complexul tehnologic robotizat (CTR) pentru montarea ansamblului „carcasa presgarniturilor” (fig. 5) este compus din masa 1, roboții industriali 2 și 4, instalația de pregătire a aerului comprimat 3, instalațiile de asigurare 5 și 6, presa pneumatică 7, jgheabul de alimentare cu piese 8 și instalațiile de dirijare cu roboții 9 și 10.



**Fig. 5. Schema complexului robotizat pentru montarea ansamblului „carcasa presgarniturilor”**



**Fig. 6. Ansamblul „carcasa presgarniturilor” în ansamblu (a) și piesele componente (b):**

1 - inel; 2 - presgarnitură; 3 - carcasă

Instalația 5 servește pentru asigurarea cu carcase și constă dintr-un jgheab și separator cu acționare pneumatică. Mecanismul de încărcare cu acționare

pneumatică transmite în zona de lucru a instalației presgarnituri și inele.

Complexul tehnologic robotizat funcționează în următorul mod. La introducerea CTR în circuit, roboții revin în poziția inițială. Instalația 5, după ce primește comanda robotului 2, deplasează la poziția de apucare o carcasă. Robotul apucă carcasa cu brațul principal dotat cu prehensur mecanic și o instalează la poziția de asamblare. În timpul ciclului, carcasa este menținută de către brațul secundar al robotului 2, dotat, de asemenea, cu prehensur mecanic.

Robotul 4 apucă cu prehensurul mecanic al brațului său o garnitură și o instalează în carcasă. După deplasarea brațului în poziția inițială, sistemul de dirijare al acestui robot formează o comandă la presa 7, care realizează presarea garniturii în carcasă (prima presare). După aceasta, la poziția de apucare se transmite un inel. Robotul 4 apucă inelul cu prehensurul mecanic și-l instalează în carcasă. Brațul robotului se deplasează în poziția inițială. Se formează comanda la presă, care realizează presarea inelului (a 2-a presare) în carcasă (fig. 6). Apoi robotul 2 apucă cu prehensurul său a doua garnitură și o instalează în carcasă. Se include presa 7, care realizează presarea garniturii următoare (a 3-a presare). Primind semnalul referitor la realizarea asamblării, robotul 2 transmite ansamblul finit pe jgheabul producției finite și se deplasează în poziția inițială. Ulterior ciclul de lucru se repetă.

Productivitatea CTR constituie 200 de ansambluri pe oră. Prehensoarele roboților sunt dotate cu senzori, care sesizează existența și poziția pieselor apucate. Pentru excluderea posibilităților de avariere a prehensoarelor, în CTR este prevăzută o comandă de blocare la presă, când brațul robotului nu ocupă poziția inițială.

În condițiile unor sisteme flexibile automatizate, schimbarea sculelor de lucru trebuie să se efectueze automat, după un anumit program. Operația se realizează cu capete revolver, magazine cu unelte și prehensoare, sau cu capete cu forță mobilă.

Mecanismele de schimbare automată a sculelor de montaj cu utilizarea capetelor revolver se caracterizează prin simplitate și compactitate. Aici capul revolver îndeplinește funcția de magazin, transport și port-sculă.

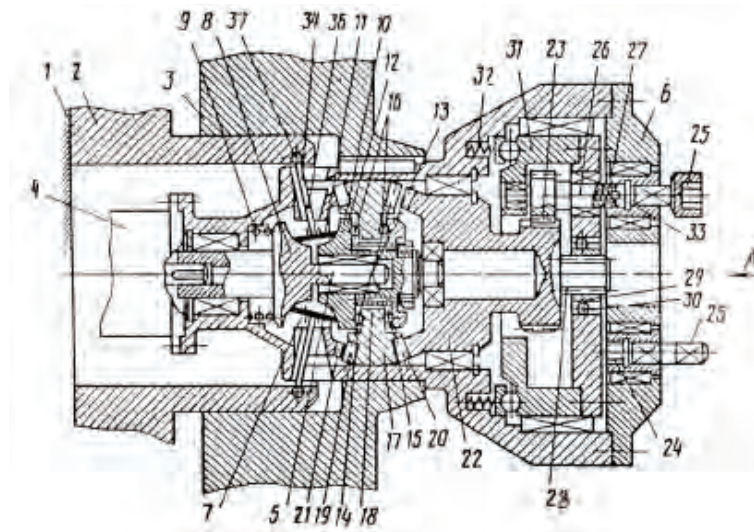
Capul revolver este asamblat din câțiva arbori port-scule, montați într-un corp comun. Schimba-



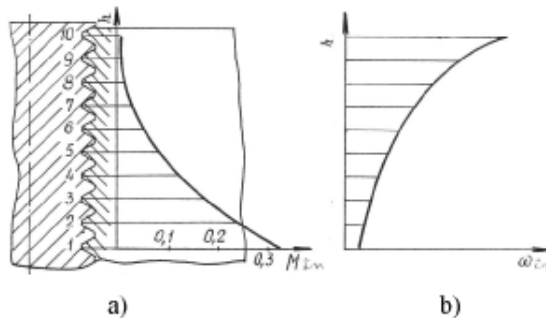
rea sculei de montaj se realizează prin rotirea capului cu un unghi determinat și indexarea în această poziție. În capul de montaj se instalează un număr anumit de scule de montaj (de la 2 până la 8).

Capul de montaj (fig. 7) conține carcasa 1 pe care se montează bucșa 2. Pe bucșa se instalează suportul 3. În suport se montează electromotorul 4, variatorul 5 și suportul 6 pentru scule de montaj. Variatorul reductor 5 conține variatorul toroidal 7 compus din corpul conducător 8, tensionat în direcția axială de arcul 9 și de corpul condus 10, între care sunt plasate discurile 11. Corpul condus 10 este realizat din 2 părți – 12 și 13, legate prin suprafețele frontale 14 și 15, executate înclinat. Între componentele 12 și 13, pe corpurile de rostogolire

16 este poziționată obada blocului rotitor satelit 17 a reductorului de precesie 18. Blocul 17 cuprinde coroanele dințate 19 și 20 care, pe de o parte, angrenează cu dinții roții conice 21, iar pe de altă parte – cu dinții roții conice 22. Roata 22 este legată prin angrenajul 23 și al bușelor canelate 24 cu scula de lucru 25. Pentru aceasta, arborele pinion 26 al transmisiei are o porțiune canelată 27 care se cuplează cu bușele canelate 24. Pentru comutarea porțiunii canelate 27 a arborelui pinion la următoarea sculă de lucru 25, roata condusă 22 este rigid legată cu roata elicoidală conducătoare 28 angrenată cu roata conducătoare condusă 29, legată prin intermediul cuplajului de depășire (de fugă) 30 cu ceașca 31, apăsată în direcția axială de arcurile 32.



**Fig. 7. Cap-revolver pentru schimbarea automată a sculelor de montaj**



**Fig. 8. Schema repartizării momentului la înșurubare  $M_{in}$  (a) și legea variației optime a vitezei de înșurubare  $\omega_{in}$  pe măsura creșterii adâncirii îmbinării  $h$  (b)**

Pentru indexarea preliminară pe suprafața frontală a porțiunii de arbore 27 a arborelui 26, este apăsată de arc bila 33.

Discurile 11 ale variatorului 5 sunt fixate pe axurile 34, în corpul 2 prin axurile 36 și sunt legate de elementele de comandă prin degetul 37.

Capul de montaj funcționează în modul următor: subansamblul 3, depășindu-și bucușă 2, conduce suportul 6 al sculelor 25 către ansamblul de montaj. Se comandă pornirea electromotorului 4, a cărui mișcare de rotație a arborelui se transmite corpului conducător 8. Datorită reducerii toroidului variatorului toroidal 5, corpul condus se va roti cu turații de transmisie

$$i_1 = \frac{D_1}{D_2}$$

unde  $D_1$  și  $D_2$  sunt diametrele de contact cu discurile 11 ale corpurilor conducător 8 și condus 10.

În continuare, roata condusă a corpului 10, prin intermediul suprafețelor frontale înclinate 14 și 15, se transformă într-o mișcare de precesie a blocului rotitor satelit 17 în jurul centrului. Ca rezultat al angrenării coroanelor dințate 19 și 20 cu roțile dințate 21 și 22, ultima se va roti cu o turație corespunzătoare raportului de transmitere:

$$i_2 = \frac{Z_{19} * Z_{22}}{Z_{21} * Z_{20} - Z_{19} * Z_{22}}$$

$$i_2 = \frac{Z_{19} * Z_{22}}{Z_{21} * Z_{20} - Z_{19} * Z_{22}},$$

unde :  $Z_{19}, Z_{20}$  – numărul de dinți ai coroanelor 19 și 20 ale blocului de roți satelit 17;

$Z_{21}, Z_{22}$  – numărul de dinți ai coroanei 21 și ai roții conice 22.

Prin aceasta, mișcarea de rotație de la roata 22, cu reducere, se transmite, prin angrenajul 23 și bucușele canelate 24, la scula de lucru 25.

Pentru înlocuirea sculei de lucru este necesar să se inverseze sensul de rotație al arborelui electromotorului 4. Drept urmare, mișcarea de rotație redusă a roții conduse 22, prin intermediul roții elicoidale 28 se transformă în deplasare axială a roții elicoidale conduse 29 care, prin bucușă 30, se transmite la ceașca 31. Aceasta se va deplasa axial până la ieșirea porțiunii de arbore 27 din îmbinarea cu bucușele canelate 24. În momentul în care porțiunile

canelate 27 ies din îmbinarea cu bucușele 24, continuarea rotației roții conduse 22 determină rotația ceștii 31 în jurul axei sale până la atingerea unei poziții necesare a sculei de lucru.

În continuare, suportul 3 capătă o deplasare liniară împreună cu variatorul 5 și suportul 6. Prin aceasta, axele 34 ale discurilor 11, care sunt legate de elementul de comandă, se vor roti în jurul axelor 36, determinând discurile 11 să se rotească și ele sub un unghi anumit. Drept urmare, se modifică mărimea diametrelor  $D_1$  și  $D_2$ , precum și mărimea raportului de transmitere  $i_1$ . Schimbarea raportului de transmitere  $i_2$  apare din următorul raționament: pe măsura pătrunderii, de exemplu, a șurubului în carcasă, forța necesară pentru înșurubarea lui crește după o curbă variată. Prin urmare, este necesar ca pe măsura pătrunderii șurubului, scula de montaj să se rotească cu o viteză ce treptat se micșorează (viteza sculei trebuie să se modifice după curba ce reprezintă imaginea în oglindă a curbei hiperboloidale de modificare a forței de înșurubare). O astfel de modificare a raportului de transmitere se realizează în construcția capului de montaj prezentat.

După N. E. Jukovski, schema de distribuire a momentului de înșurubare între spirele filetului șurubului cu 10 spire are aspectul prezentat în fig. 8 (a). Ultimei spire, mai solicitate, îi corespunde 1/3 din momentul de înșurubare. Luând în considerare faptele expuse mai sus, se stabilește legea modificării vitezei unghiulare a sculei de montaj  $\omega_{in}$ , care determină legea optimă de variație a momentului de înșurubare pe măsura creșterii adâncimii pătrunderii șurubului  $h$  (fig. 8b).

Supraînșurubarea (tensionarea) în îmbinările filetate, în cazul capului de montaj prezentat, se efectuează la momentul maxim de înșurubare.

## REFERINȚE

1. BOSTAN, I.A., BOTEZ, I.G., DULGHERU, V.E. *Сборочная головка*. Invenție SU 1713768 A1 B23 P 19/06
2. BOTEZ, I., Zetu, D. s.a. *Automatizarea proceselor de fabricare în construcția de mașini*. Chișinău, Universitas 1992, PP
3. STOICEV, P., BOTEZ, I., BUNESCU, M., BOTEZ, A. *Automatizarea proceselor în mașini și sisteme de producție*, Editura UTM, Chișinău 2005, 153 p.

## REZUMAT

Pentru asamblarea eficientă a produselor de același tip și, în special, de tipuri diverse, productivitatea utilajelor automatizate de asamblare trebuie să fie superioară productivității muncitorului, situându-se la nivelul celor mai performante automate existente, reducându-se la minim consumurile pentru fabricarea și exploatarea acestora. Practica acumulată în acest domeniu demonstrează că utilizarea sistemelor flexibile de producție cu un număr de roboți mai mare de cinci constituie o problemă tehnico-științifică de maximă importanță.

## ABSTRACT

For efficient assembly of products of the same type and, in particular, of various types the productivity of automated assembly equipment must be higher than the productivity of the worker, being at the level of the best existing automatic machines, reducing to a minimum the production and exploitation costs thereof. The practice gained in this area demonstrates that the use of flexible production systems with a number of robots greater than five is a scientific-technical problem of utmost importance.