

<https://doi.org/10.24867/JPE-1994-11-143>

PREGLEDNI RAD

Rodić, M.

INTEGRALNI SISTEM ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE PRIBORA

INTEGRAL SYSTEM FOR AUTOMATED FIXTURE DESIGN

Summary

The paper presents an analysis of approach to rationalization and automation of fixture design.

Based on the analysis, an integral approach to fixture design is defined.

Further on, the paper reviews a model of the proposed system. The following parts of the system are given in detail: subsystem for input data definition, data files - data bank, main program containing subprograms for selection of the available fixtures and design (synthesis) of new fixtures with output data.

The final part gives some verification results pertaining to the selection of the existing solutions of fixtures.

^{*}) Rodić dr Milorad, dipl. ing., docent
Fakultet tehničkih nauka, Institut proizvodno mašinstvo,
Vladimira Perića Valtera 2

Rezime

U radu se prvo izlaže analiza prilaza racionalizaciji i automatizaciji projektovanja pribora.

Na osnovu toga sledi definisanje integralnog prilaza projektovanju pribora.

Zatim se u radu prikazuje model automatizacije tog sistema. Detaljnije su prikazani delovi ovog modela: podsistem za definisanje ulaznih informacija, datoteke podataka- banka podataka, glavni računarski program sa sistemom računarskih programa za izbor postojećih pribora i projektovanje (sintezu) novih pribora i izlazne informacije.

Na kraju su prikazani neki rezultati provere, u delu koji se odnosui na izbor postojećih rešenja pribora.

1.0 UVOD

Konstruisanje pribora tradicionalno se shvata kao manuelni proces usled ekstenzivnih zahteva heurističkog znanja i stručnih veština. Međutim, u novije vreme u svetu se radi puno na automatizaciji aktivnosti pri projektovanju pribora.

Kroz analizu prilaza racionalizaciji i automatizaciji projektovanja pribora [15,16] došlo se do zaključka da se do opremanja operacija sa priborima može doći izborom već postojećih ili sintezom novih pribora (tabela 1). Sinteza pribora može biti komponovanjem pribora pri poznatoj fiksnoj strukturi pribora i sinteza nove konstrukcije pribora sa nepoznatom promenljivom strukturom pribora.

Izbor pribora iz banke podataka vrši se na osnovu oznaka pribora, posebno klasifikacione oznake.

U tabeli 1. date su relevantne karakteristike pojedinih metoda projektovanja pribora.

Opšte karakteristike napred analiziranih sistema automatizovanog projektovanja su:

- sistemi su, po pravilu, interaktivni
- projektovani su za tačno određene geometriske oblike obradaka ili za tačno određene klase pribora
- razvijani su, najčešće, odvojeno sistemi za izbor pribora i sistemi za sintezu pribora
- prisutna je potreba za unifikacijom i standardizacijom elemenata pribora itd.

Analizom pribora došlo se do zaključka da postoje neke zajedničke karakteristike kod svih klasa pribora. Zato sigurno zaslužuje dužnu pažnju integralno razmatranje svih klasa pribora. Treba razvijati strukturu integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora koja će omogućiti u prvom koraku izbor postojećih pribora (ako postoji) različitog stepena operativne gotovosti, u drugom koraku konstrukciju novih ili dogradnju i prilagođavanje postojećih pribora novim operacijama obrade.

Tabela 1. Metode projektovanja pribora

Table 1 Methods for fixture design

Model projektovanja		Karakteristike modela projektovanja	Karakteristike projektnih procedura	Osnovna primena prema stepenu specijalizacije pribora
Izbor pribora		Potpuno zadata konstrukcija pribora	Traženje pribora iz banke podataka. Dobija se pribor različitog stepena operative gotovosti. Moguća dorada u podsistemu sinteze pribora	- univerzalni pribori - svi drugi zapamćeni u banci podataka
Sinteza pribora	Komponovanje pribora	Poznata, fiksirana, struktura pribora. Elementi pribora dati u vidu alternativnih rešenja.	Izbor elemenata pribora iz banke podataka. Komponovanje elemenata pribora prema poznatoj strukturi.	- grupni univerzalni i specijalni pribori - montažno-demontažni univerzalni i specijalni pribori
	Sinteza nove konstrukcije pribora	Nepoznata, promenljiva struktura pribora. Elementi pribora se slobodno biraju na osnovu izgrađenih kriterijuma	Određivanje strukture pribora. Izbor elemenata pribora iz banke podataka. Komponovanje pribora	- specijalni pribori - montažno-demontažni univerzalni i specijalni pribori - grupni univerzalni i specijalni pribori

2.0 POSTAVKA STRUKTURE SISTEMA

Struktura integralnog sistema za projektovanje pribora [15,17] postavljena je tako da se mogu projektovati pribori svih stepena specijalizacije.

Na osnovu ulaznih podataka potrebnih za projektovanje pribora može se, u opštem slučaju, izvršiti izbor postojećeg pribora, po potrebi ga doraditi, ili ako takvo rešenje ne postoji projektovati novi pribor.

U banci podataka mogu biti zapamćena rešenja pribora i na odgovarajući način označena. Na nivou izbora pribora dobiće se rešenja pribora različitog stepena operative gotovosti. Ako je dobijeno više rešenja pribora tehnoeonomskom analizom dolazi se do najpovoljnijeg rešenja za posmatrani slučaj. Kad se dobije rešenje koje se može direktno primenuti, na nivou projektovanja pribora, doraduje se pribor. Moguće je da se uopšte ne dobije rešenje pribora. Onda se pristupa sintezi nove konstrukcije pribora. Opravdano je pri tome pribor podeliti na određene funkcionalne celine i fazno projektovati pribor. Na kraju je neophodno oblikovati konstruktivnu dokumentaciju pribora i definitivno nacrtati crtež pribora.

Da bi se prethodne aktivnosti uspešno obavile potrebno je sistematizovati osnovne podloge za projektovanje pribora, izgraditi banku podataka i razviti sisteme programa za automatizovano projektovanje pribora.

3.0 MODEL AUTOMATIZACIJE SISTEMA

Pri postavljanju modela automatizacije sistema projektovanja pribora imalo se u vidu da njegova primena polazi od pretpostavke da su elementi pribora prethodno projektovani (tj. da se ne projektuju u okviru ovog sistema).

Isto tako, model automatizacije orjentisan je na razvoj automatizovanog sistema, pre svega, za potrebe tehnološke pripreme proizvodnje.

Imajući pomenuto u vidu, kao i trendove u pogledu razvoja i načina korišćenja računara u industriji prerade metala, model automatizacije ovog sistema integralnog projektovanja pribora zasnovan je na interaktivnom principu.

Ovako automatizovan sistem integralnog projektovanja pribora omogućava automatizovani izbor pribora (ako postoji gotovo rešenje), eventualnu potrebnu dogradnju pribora, i ako rešenje ne postoji automatizovano projektovanje novog pribora.

Postavljeni model automatizacije integralnog sistema automatizovanog projektovanja pribora prikazan je na slici 1. Strukturu ovog modela čine četiri dela i to :

- podsistem za definisanje ulaznih informacija (gornji deo)
- datoteke podataka - banka podataka (levi deo)
- glavni računarski program sa sistemom računarskih programa za izbor postojećih pribora i projektovanje (sintezu) novih pribora (procesor - centralni deo)
- izlazne informacije (desni i donji deo)

Svi delovi sistema biće ukratko objašnjeni.

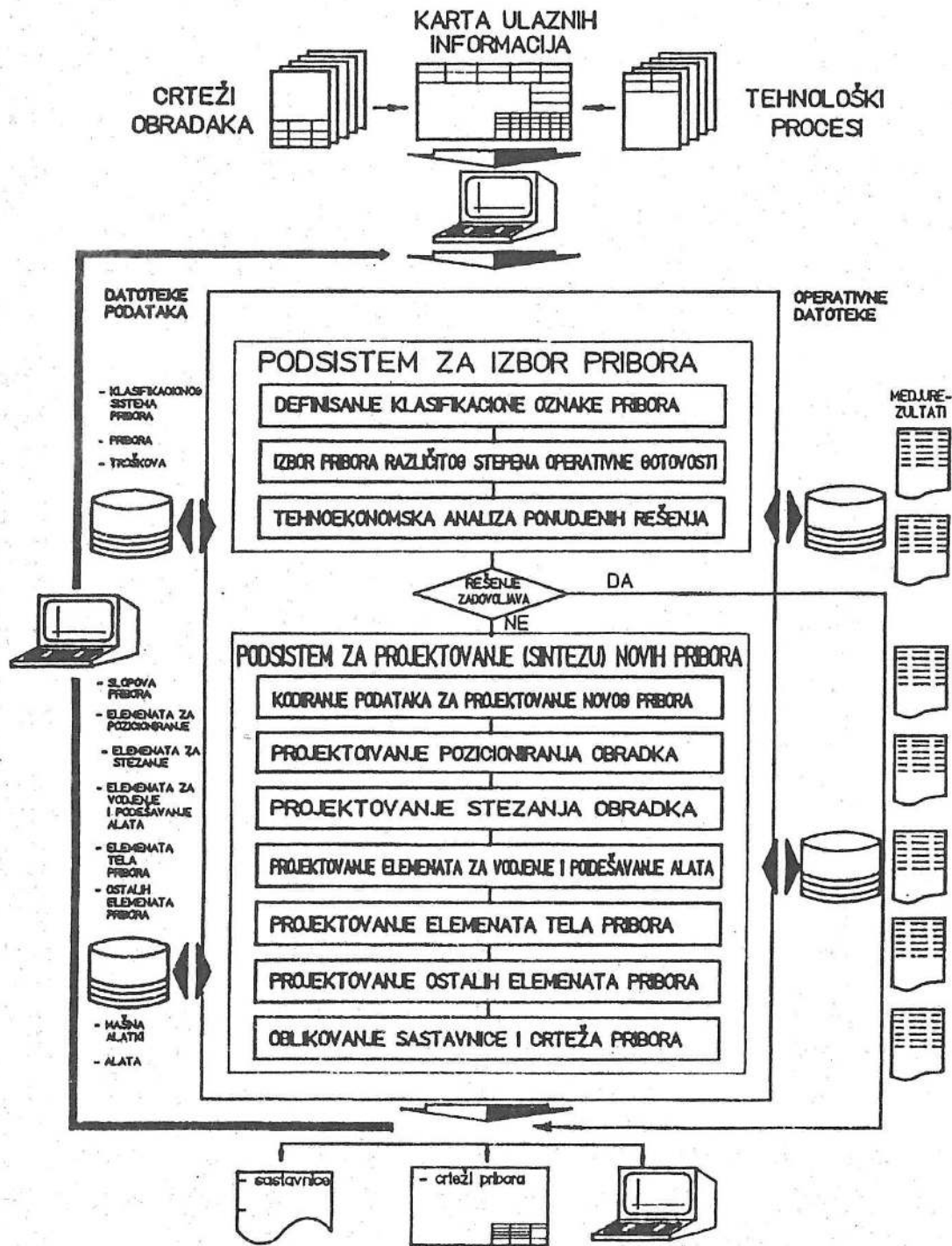
3.1 Podsistem za definisanje ulaznih informacija

Kod sistematizovanog projektovanja pribora projektant mora imati određene podatke koji precizno definišu zadatak za projektovanje. Realno je očekivati postojanje sistema automatizovanog projektovanja tehnoloških procesa. Izlazna informacija iz tog sistema bi sadržala većinu podataka za definisanje ulaza kod automatizovanog projektovanja pribora. Transfer tih podataka bi se vršio automatski. Ulazna informacija mora u sebi sadržati podatke za obradu u okviru svih modula usvojenog integralnog sistema automatizovanog projektovanja pribora.

Na osnovu crteža obradaka i njihovih tehnoloških procesa moguće je definisati kartu ulaznih informacija za automatizovano projektovanje pribora (slika 7). Skup ulaznih informacija sadrži sve neophodne podatke za definisanje klasifikacione oznake.

Ulazne informacije čine :

- opšti podaci o tehnološkom procesu
- crtež obradaka u posmatranoj tehnološkoj operaciji obrade sa tabelom podataka o elementarnim oblicima



Slika 1. Model automatizacije integralne strukture sistema za projektovanje pribora.
 Figure 1 Automation model of integral structure of the system for fixture design

Opšti podaci o tehnološkom procesu su :

- sadržaj tehnološke operacije obrade
- dopunska vrsta obrade
- broj istovremeno obrađivanih komada
- šema pozicioniranja
- šema stezanja
- sila stezanja
- pogon stezanja
- opšti podaci o obradku (materijal, godišnji program proizvodnje, veličina serije itd.)
- podaci o mašini alatci (podaci koji definišu veze projektovanog pribora i mašine alatke, podaci o radnom prostoru mašine alatke).
- podaci o alatu
- tehno - ekonomski podaci

Za crtež obradka vezuje se desnoorijentisani dekartov pravougaoni koordinatni sistem. To je ujedno glavni koordinatni sistem (GKS) projektovanog pribora. Njegov početak je najčešće u preseku površina obradka uzetih za tehnološke baze, a koordinatne ravni pripadaju tim bazama. U odnosu na glavni koordinatni sistem definiše se koordinatni sistem svih površina obradka i koordinatni sistemi konstruktivnih elemenata projektovanog pribora. Crtež obradka daje se u dovoljnom broju projekcija, s tim da prva projekcija definiše položaj obradka u položaju kako stoji na mašini alatki. Pored svih neophodnih podataka za definisanje radioničkog crteža (u opštem slučaju), potrebno je numerisati sve elementarne oblike obradka i na crtežu obradka označiti sve površine za pozicioniranje i stezanje.

Detaljnije definisanje karte ulaznih informacija dato je u radovima [15,18].

3.2 Datoteke podataka - banka podataka

Datoteke podataka čine osnovu systemske podrške i sadrže sve podatke neophodne za uspešno funkcionisanje glavnog računarskog programa, odnosno sistema programa za izbor postojećih pribora, dogradnju ponudjenih rešenja ili projektovanje (sintezu) novih rešenja i odgovarajućih podataka, automatizovano dobijaju rešenja pribora za posmatrane operacije obrade.

Datoteke podataka, prema slici 1. sačinjavaju datoteke klasifikacionog sistema pribora, postojećih pribora, troškova pribora, grupe sklopova pribora, elemenata za pozicioniranje, elemenata za stezanje, elemenata za vodjenje i podešavanje alata, elemente za formiranje tela pribora, ostalim elementima pribora, mašina alatki i alata.

Datoteka klasifikacionog sistema pribora (Bp) predstavlja uniju podataka o pripadnosti priboru (A1), stepenu specijalizacije pribora (A2), svojstvu obrada (B1), osnovnih karakteristika obrade (B2), šeme pozicioniranja (B3), geometrijskih karakteristika obradaka (B4), dimenzionih karakteristika obradaka (B5) i karakteristika stezanja (B6), odnosno

$$B_p = A_1 \cup A_2 \cup B_1 \cup B_2 \cup B_3 \cup B_4 \cup B_5 \cup B_6$$

Korišćenjem ove datoteke moguće je u interaktivnom radu sa računarom odrediti klasifikacionu oznaku pribora za ostvarenje određene operacije obrade. Isto

tako, moguće je koristiti samo jedan segment ove datoteke npr. datoteku šema pozicioniranja (B3) da bi odredili oznaku određene šeme pozicioniranja koja će poslužiti u daljem toku za određivanje elemenata za ostvarivanje te šeme.

Datoteka troškova pribora sadrže sve neophodne podatke za kvalitetnu tehnoeкономsku analizu.

Datoteka postojećih pribora sadrži oznake pribora u paralelnom sistemu označavanja identifikacionom oznakom, klasifikacionu oznaku i naziv pribora. Ključ za pretraživanje ove datoteke može biti identifikaciona ili klasifikaciona oznaka. Identifikaciona oznaka koristi se kad se posmatra mali broj pribora. Klasifikaciona oznaka kao govoreća, po pravilu, služi za pretraživanje ove datoteke.

Datoteka konstruktivnih elemenata pribora sadrži informacije o grupama sklopova pribora, elementi za pozicioniranje, elementima za stezanje, elementima za vođenje i podešavanje alata, elementima za formiranje tela pribora i ostalim elementima pribora. Ovde je korišćen paralelni sistem označavanja. Ključ za pretraživanje ovih datoteka je identifikaciona ili klasifikaciona oznaka. Po pravilu se koristi klasifikaciona oznaka sa pet kodnih mesta.

Ključevi za pretraživanje datoteka mašina alatki i alata su odgovarajući identifikacioni brojevi, koji se sastoje od šest kodnih brojeva i koji sačinjavaju numeričke oznake.

3.3 Glavni računarski program sa sistemom programa za izbor postojećih rešenja pribora i projektovanja (sintezu) novih pribora

Procesor je organizovan na modularnom principu. Moduli za izbor pribora su: definisanje klasifikacione oznake, izbor pribora različitog stepena operativne gotovosti, tehnoeкономska analiza ponudjenih rešenja.

Deo procesora koji se odnosi na projektovanje novog pribora obuhvata module: kodiranje podataka za projektovanje novih pribora, projektovanje pozicioniranja obradka, projektovanje stezanja obradka, projektovanje elemenata za vođenje i podešavanja alata, projektovanje elemenata tela pribora, projektovanje ostalih elemenata pribora, zadnji modul je za definisanje sastavnice konstruktivnih elemenata i definitivno crtanje crteža.

Ne upuštajući se detaljnije u principijelne postavke pojedinih modula na ovom mestu, jer će o tome biti reči kasnije, ovde se želi ukazati da sistem omogućava da se bitni izlazni rezultati iz modula izdaju na ekranu i štampaču u vidu međurezultata, što može da bude od velikog značaja za praćenje rezultata.

Pored toga model procesora sistema treba da omogući projektantnu da se uključi u proces automatizovanog projektovanja zbog eventualnih intervencija u toku projektovanja.

Moguće je kod projektovanja novog pribora ili dogradnje postojećih pojedine module koristiti po željenom (potrebnom) redosledu i potreban broj puta.

Glavni računarski program ili procesor, razdvojen je na dva dela. Prvi deo omogućava izbor pribora iz datoteke pribora, a drugi deo projektovanja (sintezu) novog pribora na interaktivnom principu.

3.4 Podsystem za izbor pribora

Kao što je napred izloženo ovaj podsystem se sastoji od:

1. Modula za definisanje klasifikacione oznake pribora
2. Modula za izbor pribora različitog stepena operativne gotovosti
3. Modula za tehnokonosku analizu ponudjenih rešenja

U okviru modula za definisanje klasifikacione oznake pribora, vrši se određivanje svakog kodnog mesta klasifikacione oznake pribora (slika 2). Podloga za rad je ulazna informacija na osnovu koje se putem menija, koji predstavljaju kodne tablice definisanje u [15,10] u dijalogu sa računarem vrši izbor koda za svako klasifikaciono mesto. Podaci za određivanje klasifikacione oznake pribora smešteni su u datoteci klasifikatora pribora.

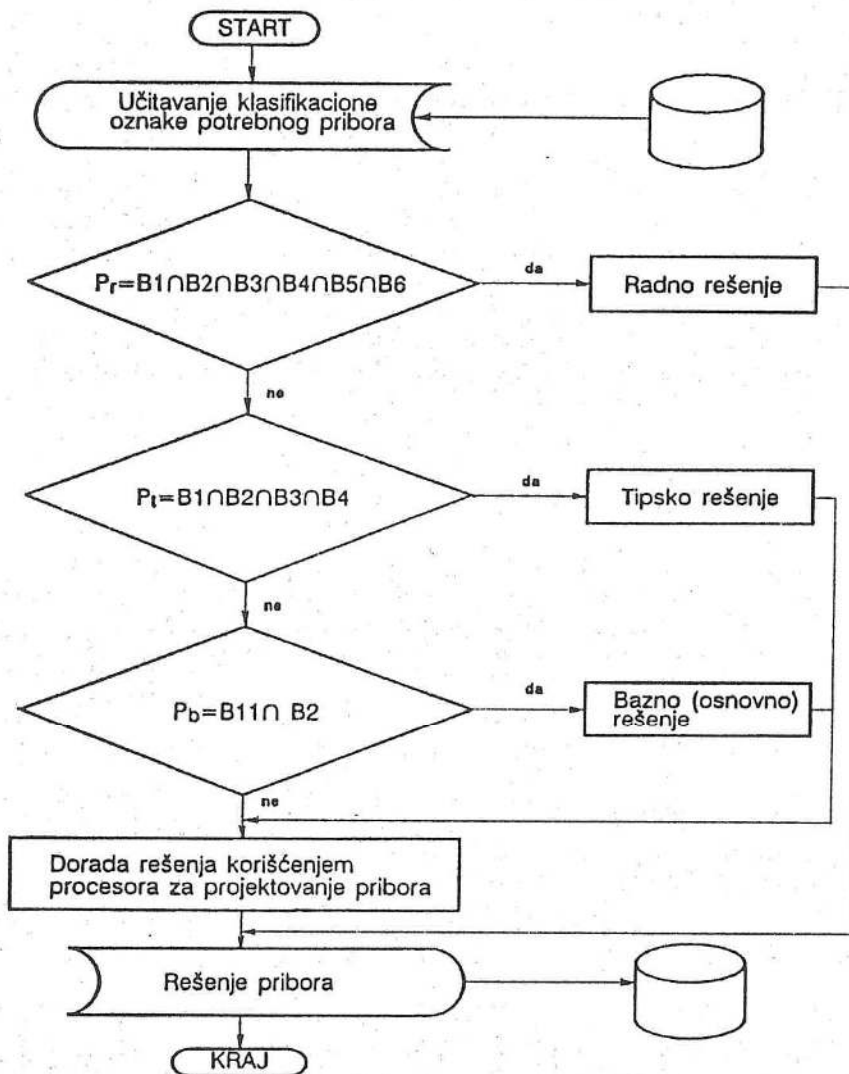
KLASIFIKATOR PRIBORA																																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21																							
BLOK A						BLOK B																																					
A 1		A 2		B 1			B 2		B 3				B 4			B 5			B 6																								
područje klasifikacije		stepen specijalizacije		B11	B12	B13	B21	B22	B31	B32	B33	B34	B41	B42	B43	B51	B52	B53	B61	B62	B63	B64																					
				svojstvo obrade			osn. kar. obrade		šema baziranja (pozicioniranja)				geomet. karakt. obradka			dimenz. karakt. obradka			karakteristika stezanja																								
0		0																																									
1		1	univerzalni pribor																																								
2		2	grupni univerzalni pribori																																								
3		3	grupni specijalni pribori																																								
4		4	univerzalni montažno-demontražni pribori																																								
5	pribor	5	specijalni montažno-demontražni pribori																																								
6		6	specijalni pribori																																								
7		7																																									
8		8																																									
9		9																																									
				grupa obrade			tip mašine alatke		osnovna karakteristika pribora				broj istovremeno obradenih obradaka			dopunska vrsta obrade		naslona bazna površina		položaj naslone bazne površine		orijentišuća bazna površina		uporna bazna površina		klasa		pod klasa		grupa		dužina		visina - prečnik		širina		šema stezanja		sila stezanja		pogon stezača	
				Tabela ...			Tabela ...		Tabela ...				Tabela ...			Tabela ...		Tabela ...		Tabela ...		Tabela ...		Tabela ...		Tabela ...		Tabela ...		Tabela ...		Tabela ...		Tabela ...		Tabela ...							

Slika 2. Klasifikator pribora

Figure 2 Fixture classifier

U okviru modula za izbor pribora na osnovu klasifikacione oznake pribora vrši se pretraživanje datoteke gotovih konstruktivnih rešenja pribora. Svako postojeće konstruktivno rešenje potpuno je definisano preko svog identifikacionog, klasifikacionog broja i naziva pribora. Mogu biti definisani podaci o konstruktivnim elementima pribora. Pretraživanje datoteke gotovih konstruktivnih rešenja pribora je određivanje stepena saglasnosti (poklapanja) određenog broja polja zadatog bloka B klasifikatora potrebnog pribora sa postojećim u datoteci. Stepem poklapanja, a time i stepen operativne

gotovosti pribora može biti različit. Kao osnovna, koriste se tri nivoa operative gotovosti: bazno (osnovno) rešenje, tipsko rešenje i radno rešenje konstrukcije pribora. Globalni algoritam izbora konstrukcije pribora prikazan je na slici 3. Na osnovu



Slika 3. Globalni algoritam izbora konstrukcije pribora
Figure 3 Global algorithm for fixture design selection

klasifikacione oznake pribora u prvom koraku se traži poklapanje svih elementa klasifikacione oznake bloka B i postojećih rešenja u datoteci pribora. Ako postoji potpuna podudarnost dobijaju se radna rešenja pribora. Kad taj uslov nije ispunjen ispituje se poklapanje prva četiri polja klasifikacione oznake (B1, B2, B3, B4). U slučaju da je ispunjen taj uslov dobijaju se tipska rešenja pribora. Treći logički element algoritma, ako predhodni uslovi nisu ispunjeni upoređuje kodne oznake B11 i B2. Ako se poklapaju ove oznake sa oznakama u datoteci pribora dobiće se bazna (osnovna) rešenja pribora. Može se zaključiti da se na ovaj način mogu dobiti rešenja različitih stepena operative gotovosti, koja se, ako je to potrebno mogu dograđivati korišćenjem

procesora za projektovanje pribora. Ako ni jedan od predhodnih uslova nije ispunjen projektuje se novi pribor.

Kad se dobije više rešenja za posmatranu operaciju obrade onda se u **modulu za tehnoekonomsku analizu** bira optimalno rešenje pribora od ponuđenih rešenja. Moguće je kao funkcije cilja postaviti različite kriterijume. Pogodno je za funkcije cilja postaviti vreme korišćenja pribora i troškove pribora [14,15].

Prema tabeli 2. K_z^i se upoređuje sa najmanje dozvoljenim koeficijentom zauzetosti pribora. Može se usvojiti $K_{min} = 0,5 - 0,8$ (veće vrednosti za složenije pribore).

$$\text{Koeficijent zauzetosti pribora je : } K_z^i = \frac{\sum_1^z T_z n_i}{K}$$

Tabela 2. Podloge za tehnoekonomsku analizu

Table 2 Basics for techno-economical analysis

BLOK	USLOVI IZBORA STEPENA SPECIJALIZACIJE PRIBORA		STEPEN SPECIJALIZACIJE PRIBORA					
	Koeficijent zauzetosti pribora	Vreme korišćenja T_k i troškovi pribora U_p	univerzalni pribori	Grupni Pribori		Montažno-Demontažni		specijalni pribori
			1	univerzalni	specijalni	univerzalni	specijalni	6
1	$K_z^1 \geq K_{min}$ $Z = 1$	$T_k \geq T_{min}$	Da				+	+
			Ne	+			+	
		$U_{p_1} \geq U_{p_4}$	Da				+	
			Ne	+				
2	$K_z^2 \geq K_{min}$ $Z = Z_t$	$T_k \geq T_{min}$	Da			+	+	
			Ne		+		+	
		$U_{p_2} \geq U_{p_4}$	Da			+		
			Ne	+				
3	$K_z^3 \geq K_{min}$ $Z = Z_g$	$T_k \geq T_{min}$	Da			+	+	
			Ne	+			+	
		$U_{p_1} \geq U_{p_4}$	Da				+	
			Ne	+		+		
4	$K_z^4 < K_{min}$ $Z = Z_g$	$T_k \geq T_{min}$	Da					
			Ne	+			+	
		$U_{p_1} \geq U_{p_4}$	Da				+	
			Ne	+				
5	$K_z^5 < K_{min}$ $Z = 1$	$T_k \geq T_{min}$	Da					+
			Ne	+			+	
		$U_{p_1} \geq U_{p_4}$	Da				+	
			Ne	+				

gde je :

$$T_z = t_g + t_p + t_a + t_{me} + \frac{T_{pz}}{n_s} + \sum_1^m t_i \quad [\text{min/kom}]$$

t_g - glavno vreme obrade [min/kom]

t_p - pomoćno vreme [min/kom]

t_a - vreme zamene i regulisanja alata na mašinama [min/kom]

t_{me} - vreme merenja (zbog kojeg obradni sistem čeka) [min/kom]

$\sum_{j=1}^m t_j$ - nepredviđeni vremenski gubici [min/kom]

n_s - broj komada u seriji [kom/ser]

T_{pz} - pripremno završno vreme [min/ser]

T_z - vreme zauzetosti pribora [min/kom]

z - broj različitih obradaka [kom]

$n = n_1 + n_2 + \dots + n_m = \sum_{j=1}^z n_j$ - broj urađenih obradaka u pribora [kom/god]

n_j - broj urađenih istih obradaka u priboru [kom/god]

$k = m_k n_k S_k \eta_k 60$ [min/god] korisni kapacitet korišćenja pribora

$m_k = 252$ - broj radnih dana u godini

$n_k = 7,5$ - broj radnih sati u smeni

$S_k = 2$ - broj smena

$\eta_k = 0,78$ - stepen iskorišćenja

Ako je $K_{z1} \geq K_{min}$ rešenje zadatka se traži u skladu sa blokom 1.

Pri korišćenju pribora u tipskoj tehnologiji, za operacije obrade više sličnih obradaka Z_t pri uslovu $K_z^t \geq K_{min}$ rešenje zadatka je prema bloku 2.

Koeficijent zauzetosti pribora za tipske operacije je $K_z^t = \sum_{i=1}^t K_{zi}^1$ (gde je t - broj različitih obradaka istog tipa).

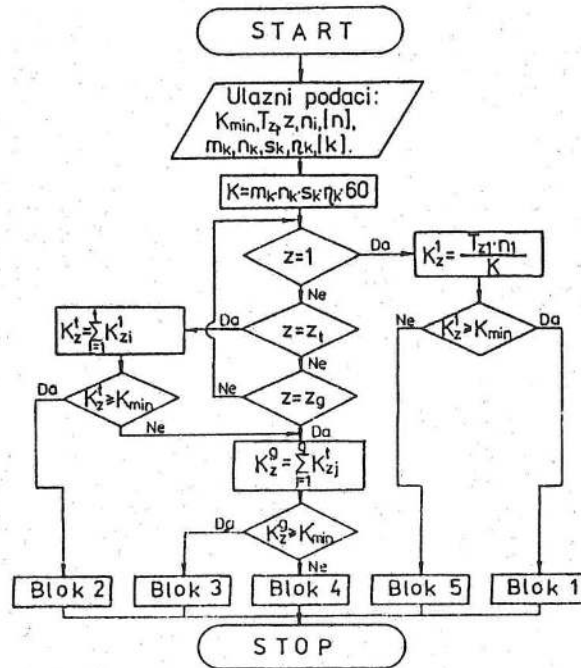
Ako je $K_z^t < K_{min}$ tipske operacije se objedinjuju u veće grupe koje se karakterišu istim svojstvima obrade i osnovnim karakteristikama obrade. Koeficijent zauzetosti u ovom slučaju je $K_z^g = \sum_{i=1}^g K_{zi}^t$ (gde je d - broj različitih tipova obradaka). Ako je

$K_z^g \geq K_{min}$ zadatak se rešava prema bloku 3. Rešenja pribora su univerzalni pribori i univerzalni montažni pribori oko tehnološke operacije nisu rešene na principima grupne tehnologije. Ako se koriste pribori za grupne operacije onda su rešenja grupni pribori univerzalni ili specijalni. Kad je $K_z^g < K_{min}$ pribori se biraju prema bloku 4. Rešenja pribora su univerzalni ili univerzalni montažno - demontažni, a za grupne operacije grupni univerzalni pribori.

Za slučaj da je $K_z^1 < K_{min}$ koriste se univerzalni, univerzalni ili specijalni montažno - demontažni pribori prema bloku 5.

Algoritamski prikaz odlučivanja na osnovu tabele 2. dat je na slici 4.

U okviru svakog od blokova prvo se utvrđuje vreme korišćenja pribora T_k (god) i upoređuje sa minimalnim vremenom korišćenja pribora T_{min} (god) za koje je celishodno projektovati specijalni ili specijalizovani pribor. Predlaže se da u zavisnosti od složenosti pribora bude $T_{min} = 1-2$ (god). Veće vrednosti se uzimaju za složenije pribore.



Slika 4. Algoritam izbora pribora u zavisnosti od koeficijenta zauzetosti pribora i tipa proizvodnje prema tabeli 2

Figure 4 Fixture selection flow chart depending on the fixture utilisation-rate coefficient and a production type according to Table 2

Drugi ograničavajući faktor su troškovi pribora:

$$U_p = \frac{U_{pr}}{K} K_z^i \text{ [din/min]}$$

$$U_{pr} = C_p a + U_{mon} + U_{pod} + U_{odr} \text{ [din/god]}$$

gde je :

C_p - cena pribora [din]

a - amortizacija [%/god]

U_{mon} - troškovi montaže pribora [din/god]

U_{pod} - troškovi podešavanja pribora [din/god]

U_{odr} - troškovi održavanja i remonta pribora [din/god]

Izložena analiza strukture troškova pojedinih pribora omogućava da se ovi troškovi mogu odrediti u jedinici vremena. Time je moguće odrediti učešće troškova pribora u ukupnim troškovima operacije obrade. Ovde su ostali troškovi za operaciju obrade (troškovi mašine, troškovi alata, troškovi energije itd.) smatrani konstantnim za sve varijante.

3.5 Osnovne postavke pojedinih modula u podsistemu za automatizovano projektovanje novih pribora

U okviru strukture integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora, čiji je model pokazan na slici 1. na nivou projektovanja pribora pojedini moduli procesora sistema imaju tačno određenu ulogu. Ovde se želi ukazati na osnovnu ulogu, postavke pri projektovanju procesora, kao i neophodne informacione podloge. Za

većinu modula prikaz je dat u osnovnim crtama. Za modul za projektovanje pozicioniranja obradaka prikaz je detaljniji.

3.5.1 Kodiranje podataka za projektovanje pribora

Pored podataka koji su kodirani u okviru modula za definisanje klasifikacione oznake, ovde se na osnovu ulaznih informacija kodiraju i sledeći podaci: položaj pravougaonog dekartovog desnoorijentisanog koordinatnog sistema, pregled, identifikacija i karakteristike svih površina na obradku (npr. površina za stezanje, obrađena površina itd.) sa podacima o dimenzijama, tolerancijama, položajima površina, kvalitetu obrađene površine i drugim specifičnim podacima koji će poslužiti da se lakše projektuje novi pribor ili dograđuje postojeći.

3.5.2 Projektovanje pozicioniranja obradaka

Osnovna funkcija modula je izbor odgovarajućih elemenata za pozicioniranje i postavljanje tih elemenata na potrebno mesto na crtežu pribora. Prva faza se ostvaruje na osnovu napred definisanog dela klasifikacione oznake potrebnog pribora koja definiše šemu pozicioniranja B3 i prikazanih šema oslanjanja u zavisnosti od šema pozicioniranja, detaljnije prikazanih u [13,15]. U radu se prikazuju samo najčešće korišćeni elementi za ostvarivanje šema pozicioniranja po naslonj baznoj površini - NBP (tabela 3). Postupak određivanja elemenata sa kojima se vrši pozicioniranje odvija se u tri etape, prema napred prikazanim šemama oslanjanja u zavisnosti od šema pozicioniranja. U prvoj etapi biraju se elementi za oslanjanje u zavisnosti od načina pozicioniranja po naslonj baznoj površini (NBP). Izgled algoritma za određivanje elemenata za oslanjanje po NBP dat je na slici 5. U slučaju da ima više ponuđenih rešenja, konstruktor u interaktivnom radu odlučuje koje će rešenje usvojiti. Na izlazu se dobija kodna oznaka elemenata za pozicioniranje sa odgovarajućim crtežom.

Nakon predhodnog u drugoj etapi određuju se elementi za oslanjanje po orijentisanoj baznoj površini (OBP).

U trećoj etapi vrši se izbor elemenata za oslanjanje po upornoj baznoj površini (UBP).

Pri izboru elemenata za oslanjanje potrebno je uzeti u obzir greške pozicioniranja. Ukupna greška Δ koja se javlja u datoj operaciji u pravcu merne veličine koja je tolerisana sa T treba da je:

$$\Delta \leq T$$

Na ovaj način vrši se kontrola tačnosti pribora kao jedne od najznačajnijih karakteristika bitnih za proces obrade obradka.

Kada su u interaktivnom radu sa računarom izabrani svi potrebni elementi za oslanjanje da bi se ostvarila zahtevana šema pozicioniranja, sledeća i poslednja faza u okviru ovog modula je pravilno raspoređivanje elemenata za oslanjanje oko obradka. To se postiže definisanjem rastojanja čvornih tačaka sopstvenih koordinatnih sistema svih elemenata za oslanjanje u odnosu na glavni koordinatni sistem (x_{ei} , y_{ei} , z_{ei}) i položaja vektora u odnosu na glavni koordinatni sistem (α_{ei} , β_{ei} , γ_{ei}) prema metodologiji izloženoj u literaturi [15]. Kao rezultat projektovanja u okviru modula za pozicioniranje

Tabela 3. Najčešće korišćeni elementi za ostvarivanje šema pozicioniranja po NBP

Table 3 The most frequently used elements for realization of positioning schemes by NBP

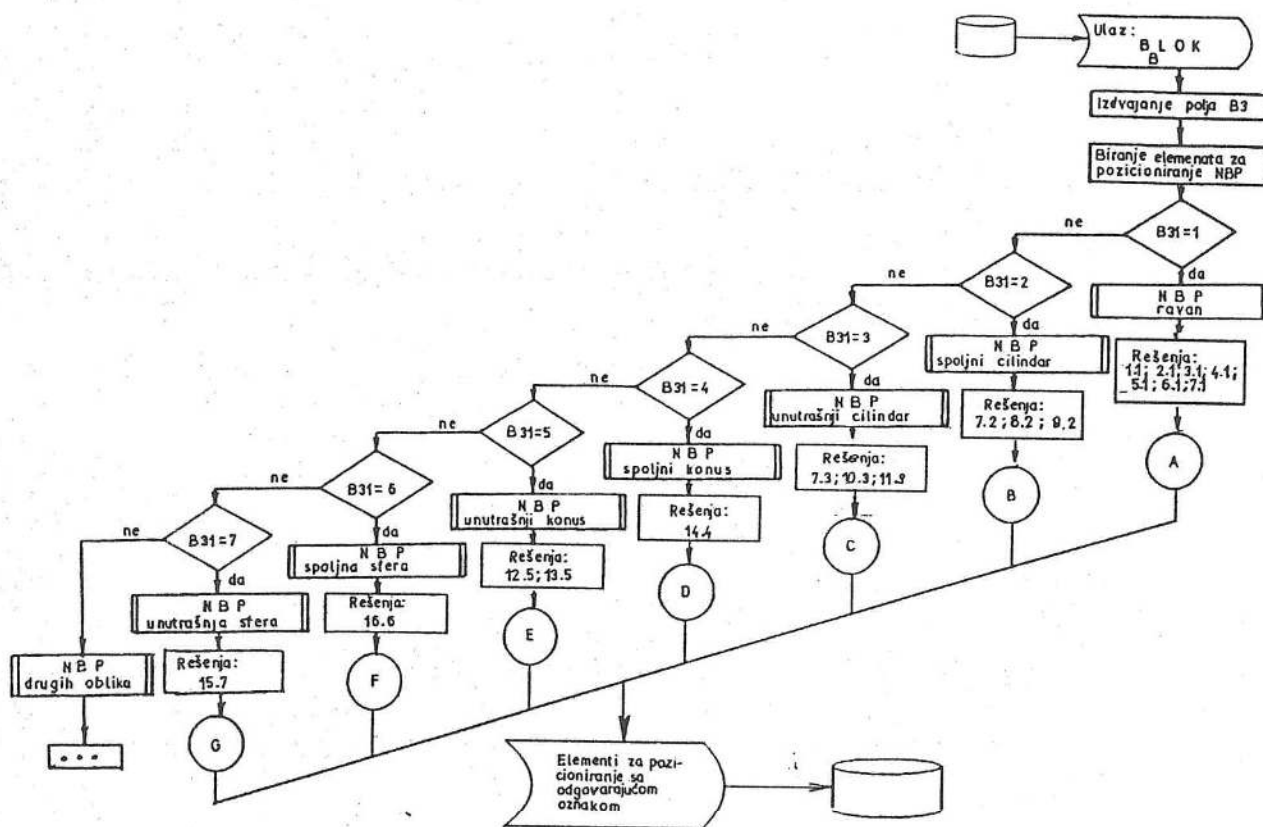
ŠEMA OSLANJANJA			Oblik NBP-e						
			1	2	3	4	5	6	7
Y	Elementi za oslanjanje	Crtež el.	RAVNA PLOŠTA	CILINDRIČNA SPOLJNA PLOŠTA	CILINDRIČNA UNUTRAŠNJA PLOŠTA	KONUSNA SPOLJNA PLOŠTA	KONUSNA UNUTRAŠNJA PLOŠTA	SFERNA SPOLJNA PLOŠTA	SFERNA UNUTRAŠNJA PLOŠTA
Y1	OKRUGLI NASLON SA RAVNOM GLAVOM		11 3 2r						
Y2	OKRUGLI NASLON SA POLUKRUGLOM GL.		21 3 2r						
Y3	OKRUGLI NASLON SA NAREČKANOM GL.		31 3 2r						
Y4	PRIZMATIČNI RAVNI NASLON		41 3 2r						
Y5	PRIZMATIČNI NASLON OŽLJEBLJENI		51 3 2r						
Y6	PODEŠLJIVI OKRUGLI NASLON		61 3 2r						
Y7	SAMOCENTRIRAJUĆI MEHANIZAM		7.1 3-11 (2) 2r	7.2 4 2r	7.3 4 2r				
Y8	PRIZMA			8.2 4 2r					
Y9	ELASTIČNA ČAURA			9.2 4 2r					
Y10	ŠIRLJIVI TRN				10.3 4-21 (1) 2r (11)				
Y11	TRN				11.3 4-21 (1) 2r (11)				
Y12	ŠILJAK - PREDNJI						12.5 3 31		
Y13	SPOLJNI KONUS						13.5 3-31 (2) 2r		
Y14	UNUTRAŠNJI KONUS					14.2 3-31 (2) 2r			
Y15	SPOLJNA SFERA							15.7 3 31	
Y16	UNUTRAŠNJA SFERA							16.6 3 31	

dobija se specifikacija konstruktivnih elemenata i raspoređeni elementi na ekranu terminala (ili ploteru) uz mogućnost njihove vizuelne provere.

Ako dobijeni rezultati zahtevaju korekciju, konstruktor neposredno unosi neophodne dopune ili izmene, u polazne podatke za sledeću etapu.

3.5.3 Konceptije ostalih modula u sistemu za automatizovano projektovanje pribora

Modul za projektovanje stezanja obradaka, koncipiran je i razvijen tako da se u interaktivnom radu na principu menija biraju elementi za stezanje i raspoređuju oko obradaka na određeno mesto. Pri tome se pri izboru elemenata za stezanje uzimaju u obzir šema stezanja, veličina sile stezanja, pogon stezanja itd. Ako je potrebno vrši se korekcija elemenata i projektovanje se nastavlja. U sledećoj etapi razvoja modula



Slika 5. Algoritam za određivanje elemenata za oslanjanje po NBP
 Figure 5 Flow chart for definition of leaning elements by NBP

biće neophodno veći broj aktivnosti automatizovati po uzoru na modul za pozicioniranje obradaka.

U okviru modula za projektovanje elemenata za vođenje i podešavanje alata biraju se elementi, eventualno koriguju i zatim raspoređuju na crtežu na određeno mesto.

U modulu za projektovanje elemenata tela pribora oblikuje se telo pribora u interaktivnom radu kao i predhodni moduli. Pri automatizovanom projektovanju tela pribora potrebno je izbegavati specijalne oblike tela.

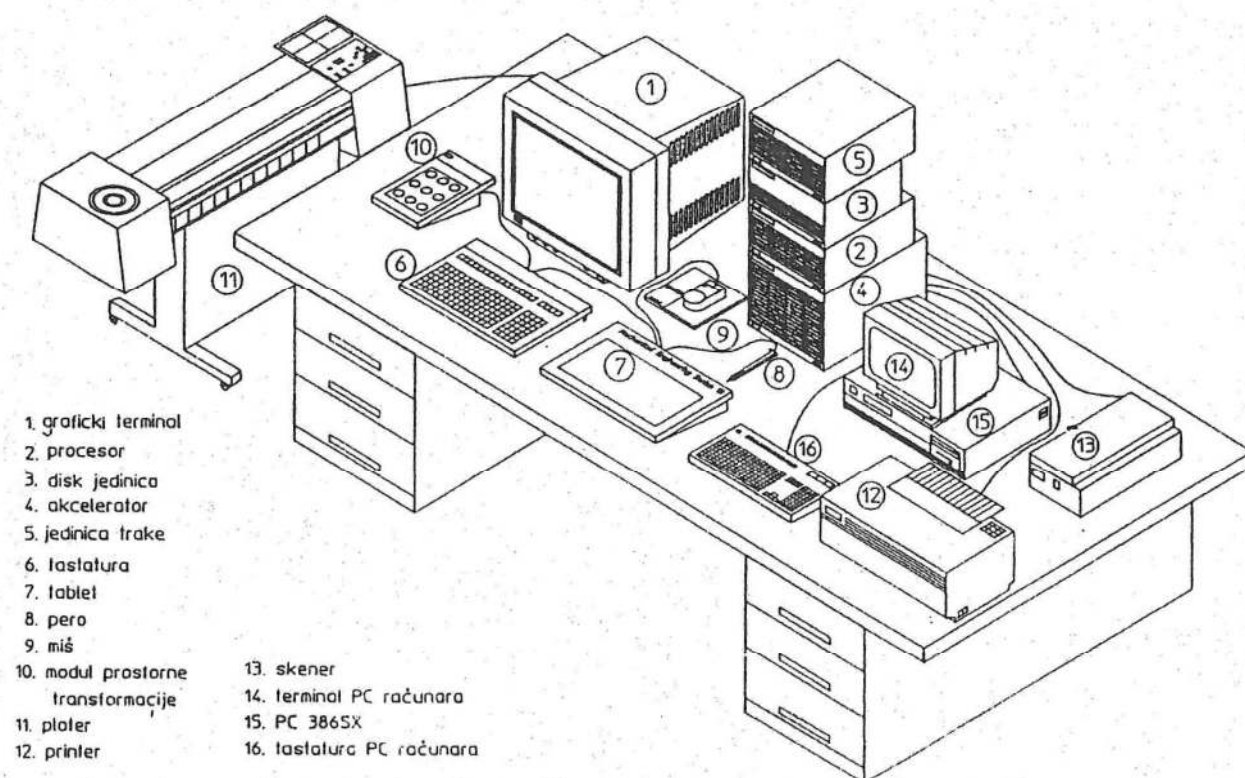
Neophodno je iskoristiti unificirane elemente tela : ploče, ugonike, valjke i slično od kojih se može kompletirati telo pribora. Pri tome unificirani elementi se podvrgavaju neophodnoj doradi, kako pri projektovanju tako i pri izradi pribora.

Svi ostali elementi pribora projektuju se po principima kao u predhodnim modulima. To se odnosi na izbor elemenata, postavljanje tih elemenata na određeno mesto na priboru i eventualne korekcije elemenata.

Sklopni crtež pribora sa sastavnicom dobija se kao rezultat iz zadnjeg modula projektovanja putem odstranjivanja iz njega linija nevidljive konture i drugih nepotrebnih pojedinosti i unošenjem u njega neophodnih dimenzija, koje su potrebne pri montaži, kao i brojeva pozicija elemenata pribora i ispisivanja sastavnice i drugog neophodnog teksta.

4.0 REZULTATI - PROVERE

Za postavljeni model strukture integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora provera i testiranje razvijenog modela vršena je na CAD radnoj stanici (slika 6).



Slika 6. Konfiguracija CAD radne stanice SRX 360 (H.Packard) proširena sa PC računarom i skenerom

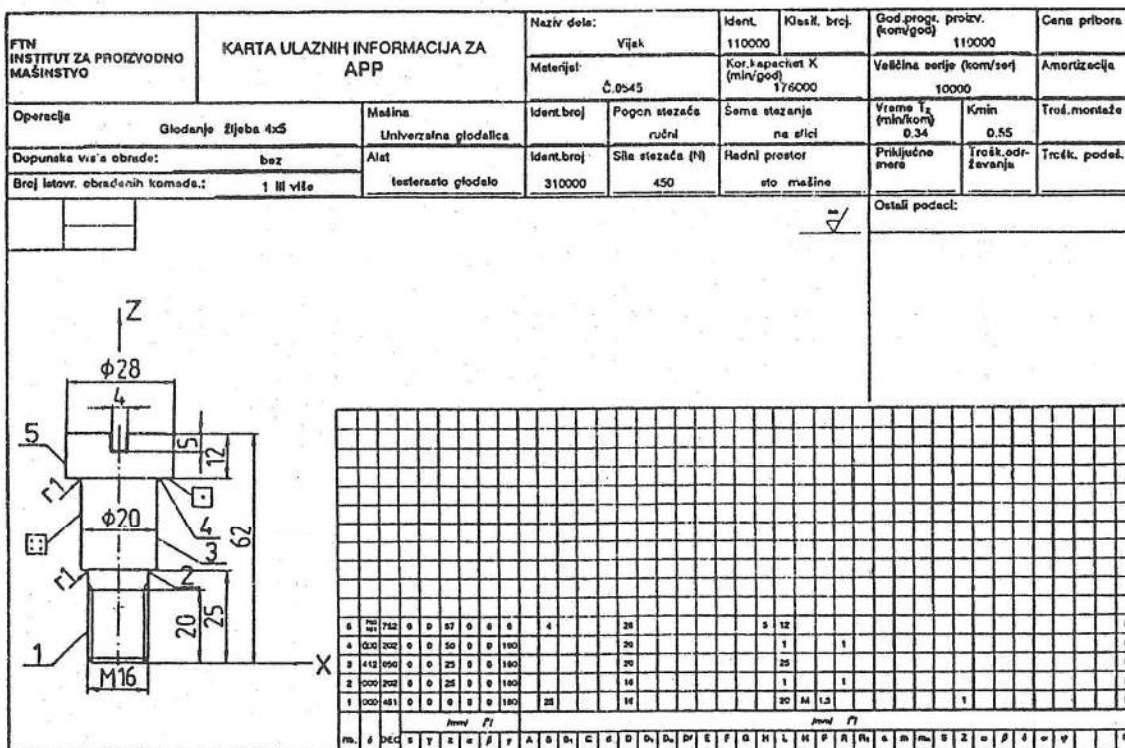
Figure 6 Configuration of SRX 360 CAD workstation (HP) enhanced with a PC computer and a scanner

Razvijena programska rešenja pisana su u programskim jezicima CLIPPER i MACRO jeziku programskog paketa ME10.

Na osnovu crteža obradka i njegovog tehnološkog procesa definiše se karta ulaznih informacija za automatizovano projektovanje pribora (slika 7).

Na osnovu tako definisanih ulaznih podataka u interaktivnom radu korišćenjem razvijenog sistema označavanja (klasifikacije) koji je zapamćen u datoteci određuje se klasifikaciona oznaka potrebnog pribora (blok B).

U prvom modulu ovog podsistema, na osnovu napred definisane karte ulaznih informacija korišćenjem datoteke pribora u interaktivnom radu sa računarnom određuju se blokovi B klasifikacione oznake potrebnih pribora. Za zadatak definisan na slici 7 klasifikacione oznake potrebnih pribora su na slici 8.



Slika 7. Karta ulaznih informacija za konkretan obradak
Figure 7 Input data chart for a concrete workpiece

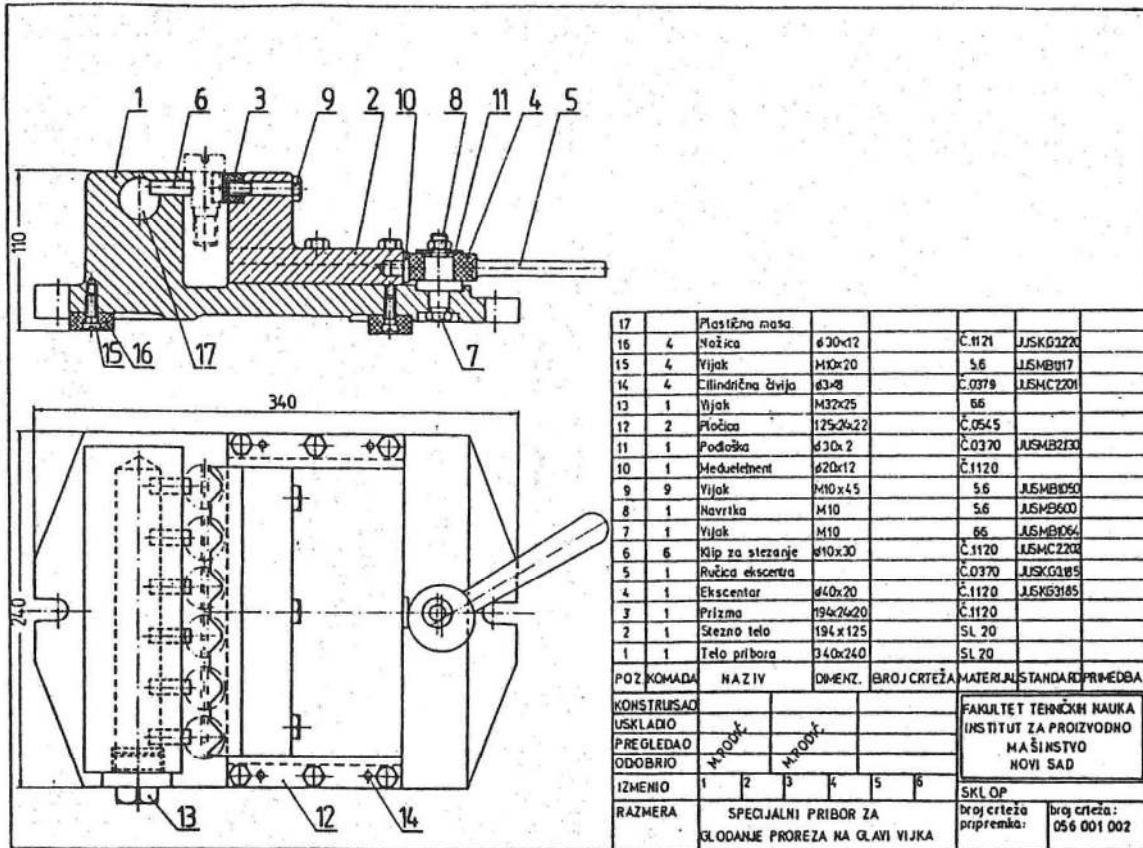
U drugom modulu se vrši pretraživanje datoteke gotovih rešenja pribora. Ulaženjem sa klasifikacionom oznakom (blok B) u datoteku gotovih rešenja pribora i određivanjem stepena saglasnosti (poklapanja) određenog broja polja bloka B klasifikacione oznake potrebnog pribora sa oznakama pribora koje postoje u datoteci biraju se, ako postoje, pribori različitog stepena operativne gotovosti. Za primer na slici 7 moguće radno rešenje dato je na slici 9.

Za istu tehnološku operaciju obrade (slika 7) da je bilo dobijeno više mogućih rešenja pribora u modulu za tehnokonomsku analizu korišćenjem datoteke troškova pribora izabra se optimalno rešenje pribora.

Da nije dobijeno rešenje pribora u podsistemu za automatizovano projektovanje pribora konstruisali bi novi pribor.

B1	B2	B3	B4	B5	B6
331	10	2210	220	322	5611
331	20	2210	220	322	5611
331	30	2210	220	322	5611
331	40	2210	220	322	5611
331	50	2210	220	322	5611
331	60	2210	220	322	5611
331	70	2210	220	322	5611
331	80	2210	220	322	5611
331	90	2210	220	322	5611

Slika 8. Klasifikaciona oznaka potrebnog pribora (blok B) za primer sa slike 7.
 Figure 8 Classification label of the required fixture for example from Fig. 7.



Slika 9. Specijalni pribor za glodanje proreza na glavi vijka za primer sa slike 7.
 Figure 9 Special fixture for bolt head - slot milling for example from Fig. 7.

5.0 ZAKLJUČCI

Razvijeni model integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora omogućava izbor potrebnog pribora, za ostvarenje određene operacije obrade, različitog stepena operativne gotovosti, ako isti postoji u banci podataka i dogradnju ponuđenih rešenja ili projektovanje novog pribora, kad rešenje ne postoji. Prema tome, ovaj sistem pruža mogućnost da se, u okviru rada tehnološke pripreme proizvodnje, na efikasan način dolazi do postavljenih rešenja pribora u tekućoj proizvodnji i iznalaženje najboljih pribora pri osvajanju novih proizvoda, odnosno delova, čime se utiče na podizanje tehnoeekonomskih izlaznih pokazatelja ukupnog procesa.

6.0 LITERATURA

- [1] Boerma, R.J., Kals, J.J.H. : FIXES, a System for Automatic selection of Set-Ups and Design of Fixtures, Annals of CIRP Vol.37/1/1988.
- [2] Von Barbeleben, W. : Systematische Betriebsmittelplanung: Methodik und Hilfsmittel, gezeigt am Beispiel der Varrichtungskonstruktion, Dissertation, TH Aachen, 1972.
- [3] Eversheim, W., Buchholz, G., Knauf, A. : Rechnerunterstutzte Konstruktion von Baukastenvorrichtungen, Ind.-Anz. 107(1985) Nr.10
- [4] Eversheim, W., Buchholz, G. : Rechnerunterstutzte Konstruktion von Baukostenvorrichtungen, VDI- Z Bd. 129(1987) Nr.11
- [5] Jing, W., Wang, Z., Cai, Y. : Computer-Aided Group Fixture Design, Annals of the CIRP vol. 37/1/1988.
- [6] Kapustin, M.N., Pavlov, V.V., Kozlov, A.L. i dr. : Dijalogovoe projektirovanie tehnologičeskikh procesov, Mašinstroenie, Moskva, 1983.
- [7] Markus, A., Markusz, Z., Farkas, J., Filemon, J. : Fixture design using Prolog: an expert system, Robotics Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 1 No.2,1984.
- [8] Nee, A.Y.C., Bhattacharyya, N. end Poo, N.A. : Applying ai in jigs and fixtures design, Robotics- Computer-Intergrated Manufacturing, Vol. 3 No. 2, 1987.
- [9] Pieperhoff, H.J. : Rechnerunterstuetzte Konstruktion von Vorrichtungen, Disertation, RWTH Aachen, 1979.
- [10] Rodić, M. : Sistem klasifikacije pribora kao osnova za automatizovano projektovanje i unifikaciju pribora, 22 Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Ohrid, 1989.
- [11] Rodić, M., Stankov, J. : Prilog automatizovanom projektovanju pozicioniranja obradaka u sistemu automatizovanog projektovanja pribora, Zbornik radova IPM, br. 7, Novi Sad, 1990.
- [12] Rodić, M. : Definisanje karakterističnih načina pozicioniranja obradaka u priboru, Zbornik radova IPM, br. 8, Novi Sad, 1991.
- [13] Rodić, M., Stankov, J. : Podloge za razvoj banke podataka elemenata za oslanjanje pri prethodno definisanim karakterističnim načinima pozicioniranja obradaka u priboru, 24. Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Zbornik radova, Novi Sad, 1992.,
- [14] Rodić M. : Struktura modula za tehnoeekonomsku analizu ponuđenih rešenja pribora u okviru integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora, 24. Savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Zbornik radova, Novi Sad, 1992.,
- [15] Rodić M. : Razvoj strukture integralnog sistema za automatizovano projektovanje pribora, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1992.
- [16] Rodić M. : Uporedna analiza sistema za automatizovano projektovanje pribora, Zbornik radova IPM, br.10, Novi Sad, 1993.
- [17] Rodić M. : Struktura integralnog sistema projektovanja pribora, Zbornik radova IPM, br.10, Novi Sad, 1993.
- [18] Rodić M. : Generalni okvir za automatizovano projektovanje pribora sa posebnim naglasakom na potrebne ulazne informacije, 19. JUPITER konferencija, 6. Jugoslovenski simpozijum CAD/CAM, Zbornik radova, Prohor Pčinjski, 1993.