

ORIGINALNI NAUČNI RAD

R. Gatalo, S. Navalušić\*

RAZVOJ SISTEMA ZA AUTOMATIZOVANO KONSTRUISANJE DELOVA  
ROTACIONOG OBLIKA\*\*

Rezime

*U radu je prikazan sistem za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika, čiji je izlaz radionički crtež. U okviru prikaza date su najosnovnije informacije o pojedinim modulima procesora sistema. Posebno se navode informacije o dosadašnjim rezultatima njegovog testiranja na računarskom sistemu EI-H6/53 i grafičkom terminalu TEKTRONIX 4010.*

*Rad predstavlja segment višegodišnjih istraživačkih rezultata postignutih na Institutu za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.*

THE DEVELOPMENT OF THE SYSTEM FOR AUTOMATIC DESIGN OF  
ROTATIONAL PARTS

Summary

*The paper deals with a system for automatic design of rotational parts with technical drawing as an exit. Only basic informations have been presented about modules of the system processor. Particulary are presented informations about testing results obtained on computer EI-H6/43 and graphic terminal TEKTRONIX 4010.*

*The paper presents a part of the results of the several years research project at the Institute for Production Engineering of Faculty of Technical Sciences in Novi Sad.*

---

\* ) Dr Ratko Gatalo, dipl.ing., redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, V. Perića Valtera 2

Mr Slobodan Navalušić, dipl.ing., asistent, Fakultet tehničkih nauka, Institut za mehaniku i mašinske konstrukcije, Novi Sad, Veljka Vlahovića 3

\*\* ) Rad je proizašao iz istraživačke teme pod nazivom "Automatizovano projektovanje i konstruisanje proizvoda i delova", koju je finansirala SIZ NR Vojvodine.

## 1.0 UVOD

Sve intenzivniji prodor savremene opreme i tehnologije u domaće proizvodne pogodne uslovio je potrebu za razvijanjem sistema za automatizovano projektovanje proizvoda i tehnološkog procesa, a razvoj elektronskih računara i odgovarajućih perifernih jedinica pružio je mogućnosti za razvoj i primenu ovih sistema.

Istraživanja u području automatizacije postupaka projektovanja realizuju se već niz godina u okviru Laboratorije za mašinske alatke, Instituta za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka. Ta istraživanja su i donela određene rezultate [1], [2], [3], [4], [6], [7], [8], [10] u razvoju sistema za projektovanje delova, dok su u području projektovanja tehnološkog procesa, posebno procesa i upravljačkih informacija za NU mašine, ti rezultati dovedeni i do industrijske primene [9] [11].

Orijentacija na razvoj sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika proistekla je iz činjenice o njihovoj velikoj učestalosti u ukupnoj strukturi delova u proizvodnom pogonu, značajnog učešća u ukupnoj strukturi troškova, kako proizvodnje tako i projektovanja, kao i iz težnje za što bližim povezivanjem konstrukcionog projektovanja sa projektovanjem tehnološkog procesa. I podatak da rotacioni delovi čine jednu od najpogodnijih klasa za automatizaciju procesa projektovanja, ukazuje na to, da postoje svi uslovi za postizanje značajnih efekata kroz automatizaciju procesa njihovog projektovanja.

Istraživanja su pokazala, da pri projektovanju delova, u okviru razrade tehničke dokumentacije, oko 70% aktivnosti konstruktora otpada na crtanje. Kako je izrada tehničkog crtanja sa svim potrebnim podacima veoma pogodna za algoritmizaciju, elektronski računar se u ovoj oblasti može vrlo efikasno iskoristiti. Zbog toga je, u ovom slučaju, pojam automatizacije projekto-

vanja i konstruisanja delova ograničen na tzv. INZENJERSKU GRAFIKU, odnosno, na automatizaciju onih projektantsko-konstruktorskih aktivnosti, čiji je izlaz u vidu grafičke prezentacije.

TEHCRT programski sistem za automatizovano projektovanje, koji se ovde razmatra, nastao je kao rezultat napora da se u okviru integralnog SAPOR sistema razvijaju pojedini, manji, sistemi čije su funkcije ograničene na neku od faza u procesu projektovanja, u ovom slučaju, na izradu radioničkog crteža.

Praktično, sistem TEHCRT predstavlja deo integralnog SAPOR sistema, pomoću koga je moguće dobiti radionički crtež dela koji se projektuje-konstruiše, uz napomenu, da su ulazne informacije o delu modelirane prema principima SAPOR simboličkog jezika.

Programski sistem TEHCRT predstavlja originalno rešenje razvijeno na Institutu za proizvodno mašinstvo, uz intenzivnu saradnju sa Institutom za mehaniku i mašinske konstrukcije i Institutom za mernu tehniku i upravljanje Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.

Svi računarski programi su pisani u programskom jeziku FORTRAN IV. Kao bazna programska podrška, koristi se grafički paket CALCOMP. Testiranje sistema je izvedeno na el. računaru EI-H6/43 i grafičkom terminalu TEKTRONIX 4010\*

## 2.0 MODEL SISTEMA ZA AUTOMATSKO KONSTRUISANJE ROTACIONIH DELOVA

Istraživanja vezana za razvoj sistema za automatsko konstruisanje delova rotacionog oblika, predstavljaju rezultat napora da se u okviru integralnog SAPOR [9] sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika i njihove tehnologije izrade, razvijaju pojedini, manji, sistemi čije bi funkcije bile ograničene na neku od faza u procesu projektovanja. U ovom slučaju sistem treba da obezbedi izradu radioničkog crteža dela koji se projektuje\*\*.

---

\*) Oprema instalirana na Institutu za mernu tehniku i upravljanje Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu,

\*\*\*) Interni naziv sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika čiji je izlaz radionički crtež, je TEHCRT (SAPOR-K)

Pre detaljnijeg razmatranja samog modela sistema, potrebno je dati nekoliko napomena:

- Pošto je koncepcija sistema usmerena samo na delove rotacionog oblika, a imajući u vidu postojeće, odnosno, dostupne računarske sisteme, ceo sistem se orijentiše na primenu računara manjeg kapaciteta.
- Orijehtacija na računar manjeg kapaciteta usloвила je građnju sistema na modularnom principu.
- Zbog povećanja fleksibilnosti sistema, predviđena je mogućnost (u ovoj fazi istraživanja nije realizovana) tzv. dijaloga, odnosno interaktivnog rada između projektanta i elektronskog računara

## 2.1 MODEL SISTEMA

Model sistema za automatsko projektovanje delova rotacionog oblika, čiji je izlaz radionički crtež - TEHCRT, prikazan je na sl. 1.

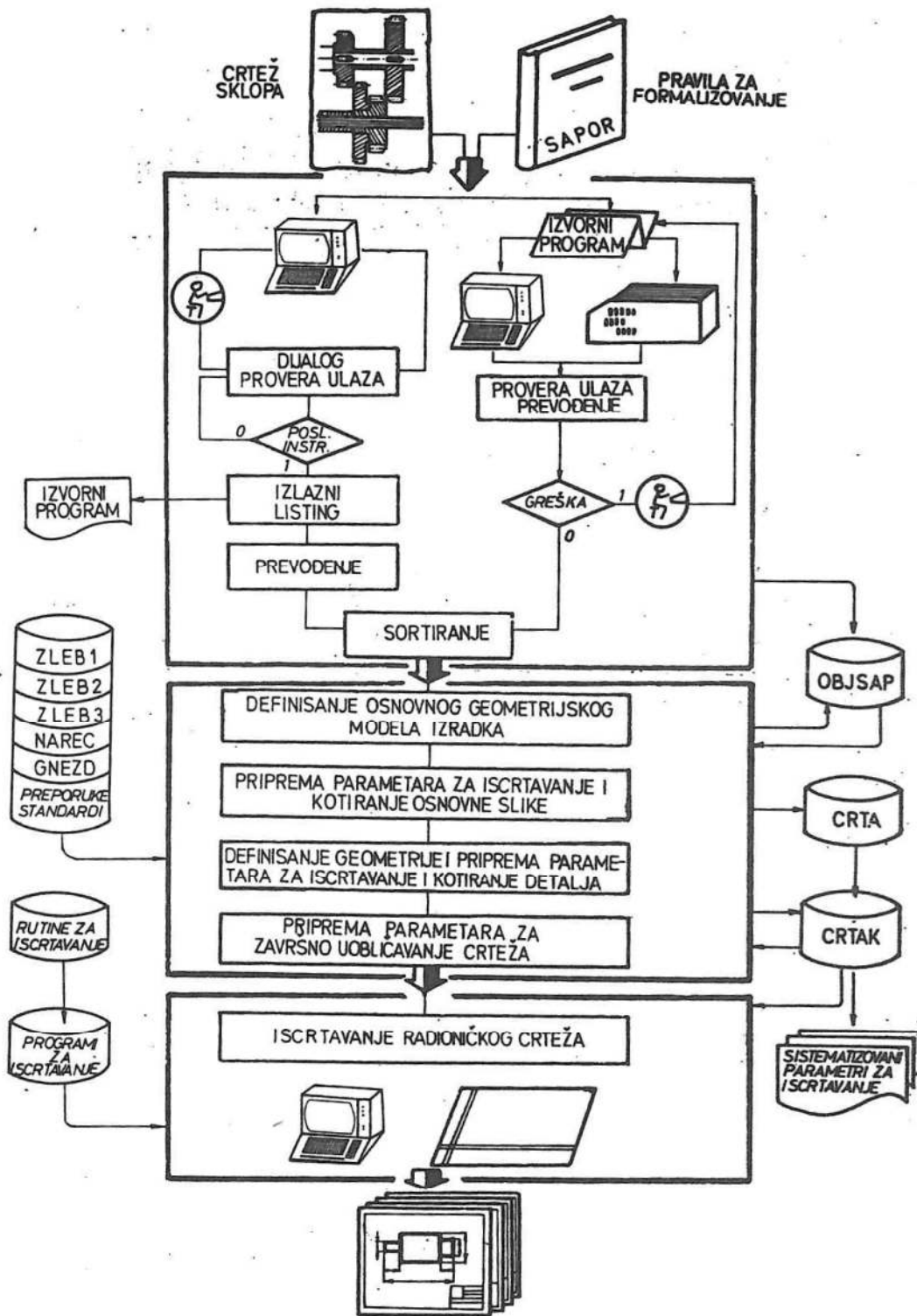
Pošto su osnovne informacije za formiranje ovog modela proizašle iz analize konvencionalnog procesa projektovanja [1][2][3], i sam model je koncipiran tako, da se svakoj od faza u procesu projektovanja dodeli poseban procesorski modul.

Model sistema se zasniva na četiri osnovna strukturalna dela, i to:

1. Podsystem za modeliranje ulaznih informacija (gornji deo).
2. Datoteke informacija (levi deo)
3. Glavni računarski program-procesor (centralni deo).
4. Izlazne informacije (desni i donji deo).

U nastavku se kratko ukazuje na funkcije pojedinih od ova četiri strukturalna dela.

1. Podsystem za modeliranje ulaznih informacija predstavlja ulazni deo celog sistema i obuhvata sistematizovanje i prevodjenje informacija u potrebnu formu, po posebno razvijenoj metodi za modeliranje, kao i prenošenje informacija na odgovarajući nosilac. Polazne informacije projektant-programer prikuplja direktno sa sklopnog crteža. Izlazne informacije iz podsystema



Sl. 1 Model sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika, čiji je izlaz radionički crtež

oblikovane su u vidu izvornog programa.

Tekuća i naredna istraživanja usmerena su na stvaranje uslova za interaktivni alfanumerički i grafički rad u toku oblikovanja izvornog programa. Zbog toga je, kao jedna mogućnost, u modelu sistema predviđeno oblikovanje izvornog programa putem dijaloga "čovek-elektronski računar". Konceptija principa modeliranja ulaznih informacija obezbeđuje postupno utičnjavanje geometrije dela, što je vrlo blisko aktivnosti konstruktora u toku izrade tehničkog crteža, pa sa te strane obezbeđenje komponovanja ulaznih informacija kroz dijalog ne predstavlja poseban problem.

2. Datoteke informacija obuhvataju osnovne podloge za uspešno funkcionisanje procesora sistema projektovanja. To su, za projektovanje neophodne, datoteke standarda i preporuka kao i datoteke rutina za iscrtavanje, neophodne za iscrtavanje radioničkog crteža.

3. Procesor ili glavni računarski program, razdvojen je na dva dela. Nakon prvog dela dobijaju se svi neophodni parametri potrebni za iscrtavanje radioničkog crteža, a nakon drugog, crtež dela koji se projektuje. Procesor je organizovan na modularnom principu. Konkretnije informacije o pojedinim modulima biće date u posebnom poglavlju.

4. Pored parcijalnih izlaznih rezultata u vidu medjurezultata iz većine od modula sistema projektovanja, završne informacije dobijaju se u vidu radioničkog crteža izradka.

Konkretno rešenje sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika, čiji je izlaz radionički crtež, bazirano je na posebno projektovanom SAPOR simboličkom programskom jeziku |1||5|, koji omogućava lako, brzo i jednostavno modeliranje ulaznih informacija o izradku i pripremu.

### 3.0 MODULI PROCESORA SISTEMA

Već je napomenuto da je procesor sistema podeljen na dva osnovna dela.

1. Deo u kome se na osnovu, prethodno pripremljenih, ulaznih informacija, računarskom obradom, vrši priprema svih parame-

tara neophodnih za iscrtavanje kompletnog radioničkog crteža.

2. Deo u kome se vrši iscrtavanje radioničkog crteža.

Do ove podele je došlo iz težnje za povećanjem fleksibilnosti sistema, odnosno, stvaranja uslova za mogućnost nezavisnog korišćenja sistematizovanih parametara za iscrtavanje, kao rezultata računarske obrade u modulima za pripremu parametara, na bilo kojoj grafičkoj jedinici koja, naravno, poseduje odgovarajuće, prilagodjene rutine za iscrtavanje.

U nastavku se daju najosnovnije informacije o pojedinim modulima procesora sistema.

### 3.1 Modul: PROVERA ULAZA, PREVODJENJE I SORTIRANJE

Funkcija ovog modula je otkrivanje grubih logičkih grešaka u izvornom programu, a posle njihovog otkrivanja i ispravljanja, prevodjenje izvornih informacija na interni kôd i zatim njihovo sortiranje u operativnoj datoteci OBJSAP [4]. Navedeno sortiranje omogućuje u kasnijim modulima brzi pristup bilo kom podatku iz izvornog programa.

### 3.2 Modul: DEFINISANJE OSNOVNOG GEOMETRIJSKOG MODELA IZRADKA

Funkcija modula je definisanje računarskog, ravanskog modela izradka, na osnovu kojeg je moguće nacrtati njegov crtež. Principijelno rešenje bazira na iterativnom postupku utalnjanja konture kroz definisanje koordinata karakterističnih tačaka (koje su sortirane u operativnoj datoteci CRTA [4]), po fazama koje približno odgovaraju i redosledu formiranja izvornog programa.

### 3.3 Modul: PRIPREMA PARAMETARA ZA ISCRTAVANJE I KOTIRANJE OSNOVNE SLIKE

Osnovna funkcija modula je priprema i sortiranje koordinata karakterističnih tačaka konture, linija preseka i karakterističnih tačaka potrebnih za kotiranje osnovne konture, u operativnu datoteku CRTAK [2][1].

Koordinate karakterističnih tačaka konture i linija preseka čitaju se direktno iz operativne datoteke CRTA i sortiraju u operativnu datoteku CRTAK.

Karakteristične tačke, potrebne za kotiranje, se određuju ispitivanjem koordinata konture, pri čemu se istovremeno i eliminišu duplirane kote.

Izlazni rezultati (medjurezultati) iz ovog modula su pripremljeni i sortirani parametri za iscrtavanje osnovne konture, presečnih linija, i kotiranje osnovne konture.

### 3.4 Modul: DEFINISANJE GEOMETRIJE I PRIPREMA PARAMETARA ZA ISCRTAVANJE I KOTIRANJE DETALJA

U okviru ovog modula vrši se računarska obrada instrukcija drugostepenih oblika koji se na crtežu prikazuju kao detalji. Pošto se, u okviru ovog sistema, instrukcije za standardne oblike definišu pomoću modifikatora K |2|, prvi korak pri računarskoj obradi ovih instrukcija je kompletiranje operativne datoteke OBJSAP podacima o karakterističnim veličinama posmatranog oblika, koji se čitaju iz odgovarajuće konstrukcione datoteke. U drugom koraku izračunavaju se karakteristične tačke konture pojedinih detalja i sortiraju u operativnoj datoteci CRTAK.

U okviru ovog modula koriste se kreirane konstrukcione datoteke (datoteke konstrukcionih informacija) koje sadrže sve karakteristične veličine standardnih oblika |2|.

### 3.5 Modul: PRIPREMA PARAMETARA ZA ZAVRŠNO UOBLIČAVANJE CRTEŽA

Osnovna funkcija modula je priprema parametara za ispisivanje sastavnice, eventualnih tekstualnih napomena na crtežu (npr. informacije o termičkoj obradi, površinskoj zaštiti i sl.), i njihovo sortiranje u operativnoj datoteci CRTAK.

### 3.6 Modul: ISCRTAVANJE RADIONIČKOG CRTEŽA

Osnovna funkcija modula je, iscrtavanje radioničkog crteža dela koji se projektuje.



U ovoj fazi istraživanja, iscrtavanje radioničkog crteža je prilagodjeno karakteristikama i mogućnostima grafičkog terminala TEKTRONIX 4010. Njegove dimenzije su 1024 x 760 vidljivih tačaka (~200 x 150 mm). Zbog, relativno, malih dimenzija grafičkog terminala, iscrtavanje jednog radioničkog crteža je podeljeno u tri faze:

1. Iscrtavanje i kotiranje osnovne konture, šrafiranje preseka i pozicioniranje (označavanje) detalja koje treba posebno crtati.

2. Iscrtavanje i kotiranje detalja.

3. Iscrtavanje i ispisivanje sastavnice i ispisivanje eventualnih tekstualnih napomena na crtežu.

Svako od navedenih faza odgovara posebna slika na grafičkom terminalu, a sve tri slike su povezane istim brojem crteža, koji je definisan instrukcijom BROJ/... u izvornom programu.

#### 4.0 REZULTATI TESTIRANJA SISTEMA

Testiranje sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika, čiji je izlaz radionički crtež\*, obavljeno je na el. računaru EI-H6/43 i grafičkom terminalu TEKTRONIX 4010\*\*.

Za kompletnije rezultate testiranja se ukazuje na literaturu pod [2] i [1], dok se ovde, kao primer na sl. 2 i 3, navode izlazni rezultati za delove oblika:

- vratila (sl. 2)

- čaure (sl.3)

i to iz modula PROVERA ULAZA, PREVODJENJE I SORTIRANJE (slika označena sa "a") i iz modula ISCRTAVANJE RADIONIČKOG CRTEŽA\*\*\*:

- prikaz osnovne konture (slika označena sa "b")

- prikaz detalja koje treba posebno nacrtati (slika označena sa "c")

- prikaz sastavnice (zaglavlja) crteža (slika označena sa "d")

\* Svi programi su pisani u programskom jeziku FORTAN, uz podršku grafičkog paketa CALCOMP

\*\* Oprema instalirana na Institutu za memu tehniku i upravljanje, FTN u Novom Sadu

\*\*\* Svi izlazni rezultati sa ekrana VIDEO jedinice dobijeni su snimanjem fotoaparatom



IZVORNI PROGRAM

KOMT/NASLOVNE INFORMACIJE

SIJE/SAPOR,S,P  
 PRED/IPM-LAMA  
 SAST/NAVALUSIC  
 DATU/12.3.86.  
 NAIP/I.P.ZA TESTIRANJE  
 NAIZ/CAURA - TEST  
 BROJ/1714

KOMT/TEHNOLOSKE INFORMACIJE

MATR/C.1530  
 BKOM/50  
 TCSD/80,30,25,60,1

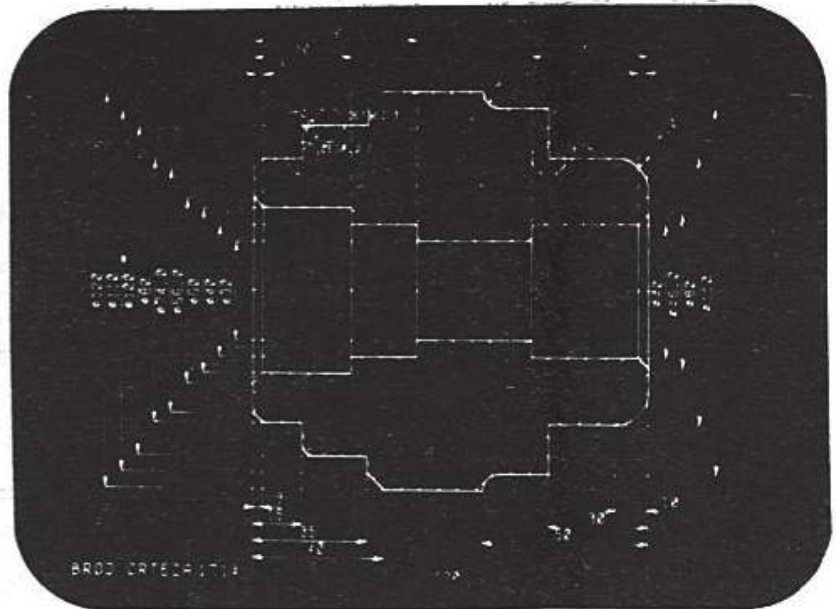
KOMT/GEOMETRIJSKE INFORMACIJE

POGI  
 GAPO/S,120,120,0,0  
 GAME/120,120,30  
 SOSD/110,45,80,30  
 SOSL/100,35,80,15  
 OKSL/120,5,45,35  
 OKSL/80,3,45,0  
 ORSD/110,5,50  
 OQSD/80,10,0  
 OQSL/100,4,15  
 SOUL/40,50,50,30  
 SOUD/40,35  
 OKUD/40,3,45,0  
 OKUL/50,3,45,0  
 ZPSL/80,15,K  
 ZISD/K,80,30,K  
 ZRSL/100,23,K

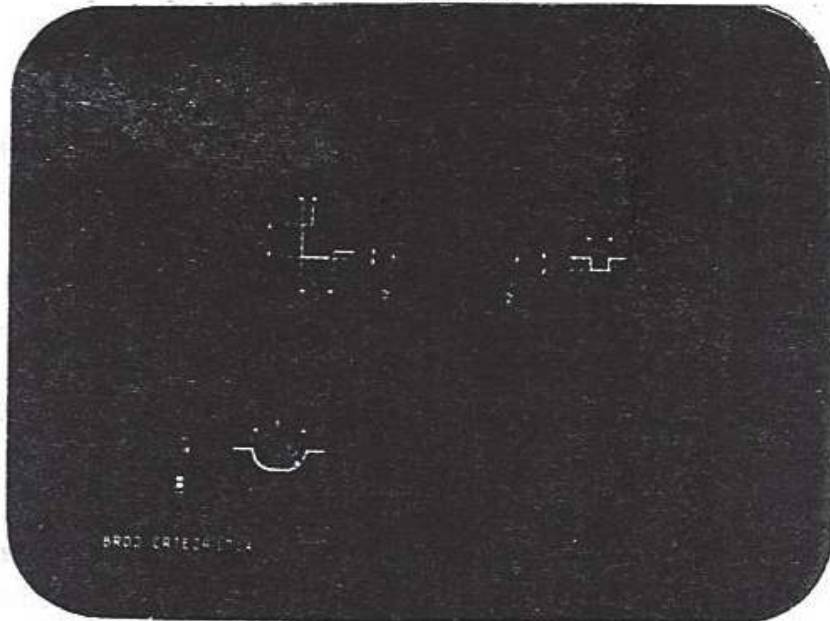
ZAGI

KRAJ

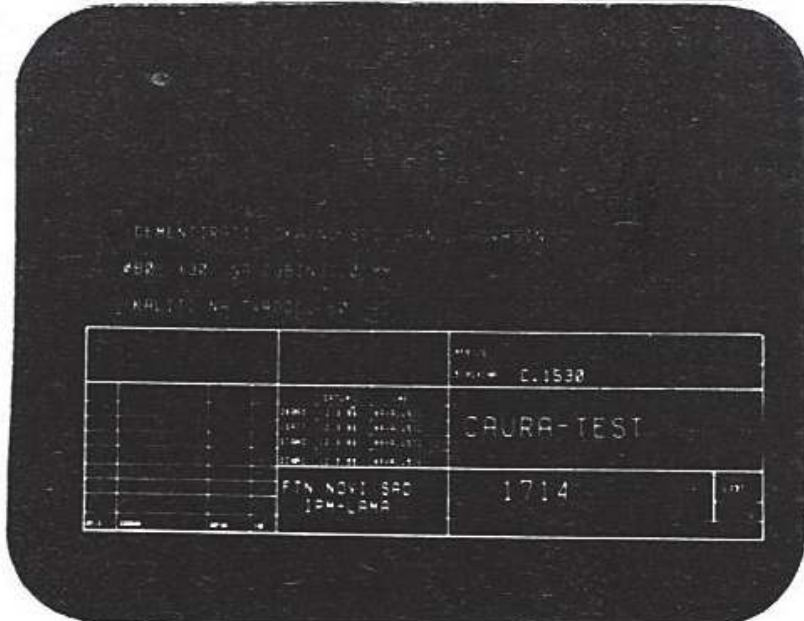
Sl.3a



Sl. 3b



Sl.3c



Sl.3d

## 5.0 ZAVRŠNI OSVRT

Istraživački zahvati, čiji su rezultati prikazani u ovom radu imali su za cilj kreiranje i razvoj sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika, čiji je izlaz radionički crtež. Neposredni povod ovim istraživanjima, kao što je to već ranije napomenuto, je težnja da se u okviru integralnog SAPOR sistema, razvijaju pojedini, manji, sistemi čija bi funkcija bila automatizacija pojedinih faza u procesu projektovanja. Konkretno, sistem, o kome je ovde reč, treba da obezbedi izradu radioničkog crteža dela koji se projektuje.

Opravdanost istraživačkog rada na razvoju jednog ovakvog sistema potvrđuju i sledeće činjenice:

- na izradu tehničke dokumentacije otpada najveći deo vremena u procesu konstruisanja,
- aktivnosti pri izradi tehničke dokumentacije imaju pretežno algoritmički karakter, te su zbog toga veoma pogodne za automatizaciju.

Koristeći iskustva i određene rezultate istraživanja iz prethodnog perioda [3][4], razvijen je model sistema, interno nazvan TEHCRT (SAPOR-K). Za razvijeni sistem projektovani su odgovarajući programski paketi koji baziraju na korišćenju datoteka preporuka i standarda i sistemskih rutina za iscrtavanje iz grafičkog paketa CALCOMP.

U tom smislu, kroz istraživanje su razvijeni takvi osnovni podprogrami koji dozvoljavaju univerzalnu primenu za:

- automatizovano definisanje geometrije drugostepenih oblika (detalja), koji se na crtežu posebno crtaju,
- automatizovano crtanje osnovne konture rotacionih delova i karakterističnih detalja koji se na njima javljaju,
- automatizovano šrafiranje preseka,
- automatizovano kotiranje i ispisivanje dimenzija
- automatizovano crtanje i ispisivanje sastavnice na crtežu, i ispisivanje napomene o termičkoj obradi i površinskoj zaštiti,
- automatizovani izbor razmere za crtanje.

Potrebno je naglasiti da je i pored konkretne realizacije, SISTEM ZA AUTOMATIZOVANO PROJEKTOVANJE DELOVA ROTACIONOG OBLIKA, ČIJI JE IZLAZ RADIONIČKI CRTEŽ, još uvek u fazi razvoja, i da dosadašnji rezultati treba da posluže kao osnova za dalje usavršavanje i kompletiranje postavljene koncepcije sistema i, konačno, njegovu primenu u industriji.

## 6.0 LITERATURA

- [1] R.GATALO, M.ZELJKOVIĆ, S.NAVALUŠIĆ, J.REKECKI, J.HODOLIČ, V.MILOŠEVIĆ, Lj.BOROJEV, Z.KONJOVIĆ, V.KRAGUJEVIĆ: Automatizovano projektovanje i konstruisanje proizvoda i delova, elaborat istraživačke teme, Institut za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka Novi Sad, 1986.
- [2] S.NAVALUŠIĆ: Prilog razvoju sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika, Magistarski rad, FTN, Novi Sad, 1986.
- [3] R.GATALO: Prilog razvoju integralnog sistema za automatsko projektovanje rotacionih izradaka i njihove tehnologije izrade u metaloprerađivačkoj industriji, doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1978.
- [4] R.GATALO, J.REKECKI, J.HODOLIČ, Lj.BOROJEV, V.MILOŠEVIĆ, M.ZELJKOVIĆ, G.AVRAMOV: Istraživanje metoda automatizacije projektovanja i konstruisanja delova i proizvoda, elaborat istraživačke teme, Institut za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad, 1980.
- [5] R.GATALO, J.HODOLIČ, M.ZELJKOVIĆ, Lj.BOROJEV, J.REKECKI: Formalizacija geometrijskih, proračunskih i tehnoloških informacija, kao osnova za pojedinačne i integralne programske sisteme za automatizovano projektovanje (I deo), zbornik radova Instituta za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka, broj 1, Novi Sad, 1984.
- [6] R.GATALO, S.NAVALUŠIĆ: Automatizacija procesa projektovanja delova rotacionog oblika, JUPITER konferencija, Herceg Novi, 1983.
- [7] R.GATALO, S.NAVALUŠIĆ: Neki od rezultata istraživanja u razvoju sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika, čiji je izlaz radionički crtež, JUPITER konferencija, Cavtat, 1984.
- [8] R.GATALO, S.NAVALUŠIĆ: Neki od rezultata istraživanja u razvoju sistema za automatizovano projektovanje delova rotacionog oblika, čiji je izlaz radionički crtež, vezani za razvoj integralnog SAPOR sistema, II znanstveno-stručni skup o konstruiranju, Zagreb, 1984.

- |9| R.GATALO, J.HODOLIČ, M.ZELJKOVIĆ, V.MILOŠEVIĆ, Z.KONJOVIĆ: Automatsko projektovanje tehnološkog procesa za mašine sa numeričkim upravljanjem u sklopu tendencija razvoja CAD/CAP/CAM sistema, XIX savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Kragujevac, 1985.
- |10| R. GATALO, J.HODOLIČ, V.MILOŠEVIĆ, S.NAVALUŠIĆ: Automatizovano projektovanje delova i proizvoda sa posebnim osvrtom na projektovanje delova rotacionog oblika, Znanstveno naučni skup Nauka o konstruiranju i konstruiranje pomoću računala, Zagreb, 1981.
- |11| R.GATALO, J.HODOLIČ, V.MILOŠEVIĆ, M.ZELJKOVIĆ, J.REKECKI, Z.KONJOVIĆ, Lj.BOROJEV, L.ČASIĆ, F.HOMOLJA: Uvodjenje SAPOR-S sistema za automatizovano projektovanje tehnološkog procesa za NU mašine za obradu struganjem u proizvodni pogon FAMIL "POTISJE" u Adi, Elaborat projekta, Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, 1984.