

<https://doi.org/10.24867/JPE-1989-06-109>

ORIGINALNI NAUČNI RAD

J. Rekecki, M. Zeljković, Lj. Borojev, R. Gatalo, J. Hodolič*

PRILOG ISTRAŽIVANJU PODLOGA ZA POSTAVLJANJE KONCEPCIJE MODULARNE GRADNJE OBRADNIH SISTEMA**

Rezime

U radu se izlaže deo rezultata istraživanja geometrijskih i tehnoloških karakteristika savremenih rešenja mašina za obradu struganjem, brušenjem, bušenjem i obradnih centara, kao podloga za projektovanje glavnih karakteristika istih i postavljanje koncepcije njihove modularne gradnje. Pri tome se pošlo od stava da je za prognoziranje tehničkih karakteristika obradnih sistema jedna od najefikasnijih metoda, metoda ekstrapolacije trenda.

CONTRIBUTION TO RESEARCH AFTER FOUNDATIONS FOR DEFINING THE CONCEPTION OF MACHINING SYSTEM MODULAR DESIGN

Summary

The paper presents some results of research made into geometric and technological characteristics up-to-date constructions of turning machines, grinders, drilling machines and machining centers, as a foundation for designing their main characteristics, and defining the conception of modular design. In spite of that, the starting attitude was that for machining system technical characteristics forecast, one of the most efficient method is the trend extrapolation.

*) Dr Jožef Rekecki, dipl.ing., redovni profesor, Mr Milan Zeljković, dipl.ing. asistent, Mr Ljubomir Borojev, dipl.ing., asistent, Dr Ratko Gatalo, dipl.ing. redovni profesor, dr Janko Hodolič, dipl.ing., asistent -Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, V.Perića Valtera 2.

***) Rad je proizašao iz istraživačkog projekta pod nazivom: FLEKSIBILNI AUTOMATSKI PROIZVODNI SISTEMI U OBLASTI ALATNIH MAŠINA, čiju realizaciju finansira SIZ NR Vojvodine; istraživačko-razvojnog projekta pod nazivom: RAZVOJ KONCEPCIJE MODULARNOG PROJEKTOVANJA BRUSILICA ZA SPOLJAŠNJE I UNUTRAŠNJE OKRUGLO BRUŠENJE, čiju realizaciju je finansirao SIZ NR Vojvodine i LZT "KIKINDA" iz Kikinde i istraživačko-razvojnog projekta SISTEM STRUGOVA - koncepcija razvoja i koncepciona rešenja familije horizontalnih strugova za oblast prečnika obrade od 450 do 2000 [mm], čiju realizaciju je finansirala FAMIL "POTISJE" iz Ade.

1.0 UVOD

Uticaj industrije mašina alatki na razvoj industrije prerade metala ne treba posebno isticati. U savremenim tržišnim uslovima od industrije mašina alatki se zahteva velika raznolikost proizvodnog programa uz značajno skraćivanje vremenskog ciklusa, koji počinje sa fazom davanja ponuda, a završava se isporukom proizvoda. Značajnu ulogu za postizanje prethodno nabrojanih zahteva predstavlja modularni prilaz projektovanju mašina alatki.

U cilju donošenja što pouzdanijih zaključaka u vezi stanja i tendencija razvoja glavnih karakteristika pojedinih mašina alatki izvršena je analiza velikog broja ovih mašina koje se danas nude na svetskom tržištu. Ova analiza, kao i prikazane korelacione zavisnosti dobijene uopštavanjem rezultata analize, korisno su poslužile pri definisanju pojedinih parametara mašina alatki pri razvoju sistema modularnog projektovanja prikazanih u radu: Modularna gradnja savremenih obradnih sistema - koncepcije i dostignuća u razvoju, od istih autora [9].

U radu se izlažu odredjeni rezultati istraživanja geometrijskih i tehnoloških karakteristika savremenih rešenja mašina za obradu struganjem, brušenjem, bušenjem i obradnih centara.

2.0 ANALIZA GLAVNIH KARAKTERISTIKA OBRADNIH SISTEMA KAO PODLOGA ZA PROJEKTOVANJE ISTIH

Glavne karakteristike obradnih sistema uopšte delimo na:

- geometrijske (dimenzione),
- tehnološke i
- eksploatacione.

Geometrijske karakteristike obradnih sistema u prvom redu odredjuju veličinu, oblik i položaj radnog prostora. Ovaj prostor je delimično ili potpuno ogradjen konstrukcionim elementima. Grubo posmatrano, glavne geometrijske karakteristike obradnih sistema za obradu rotacionih izradaka su: maksimalni prečnik obrade i razmak šiljaka, a obradnih sistema za obradu prizmatičnih izradaka: maksimalna širina, dužina i visina obrade.

Tehnološke karakteristike su one veličine koje definišu sam proces rezanja u pogledu efikasnosti skidanja strugotine. Tu spadaju: otpor rezanja, brzina rezanja i pogonska snaga ili kao izvedene tehnološke karakteristike: obrtni moment na glavnom vretenu, broj obrtaja, odnosno ugaona brzina glavnog vretena.

Eksploatacione karakteristike se odnose uglavnom na način upravljanja, posluživanja i održavanja obradnog sistema, odnosno ponašanje obradnog sistema u eksploataciji.

Medjusobna povezanost radnog prostora i konstrukcionih elemenata obradnog sistema predstavlja funkcionalnu karakteristiku. Uskladjenoost ovih funkcija predstavlja eksploatacionu prilagodjenost mašine. S druge strane, oblik konstrukcionih elemenata direktno definiše tehnologiju i troškove proizvodnje, a kako se ovi proizvodi uglavnom proizvode u uslovima malo i srednje serijske proizvodnje uz relativno visoke troškove, to je u cilju snižavanja istih neophodno preći na savremeni način projektovanja, tzv. modularno projektovanje. Na taj način se pojedini tipovi u okviru sistema modularnog projektovanja proizvoda u velikom procentu sastavljaju od tipiziranih delova i sklopova, odabranih iz šireg spektra raspoloživih tipiziranih delova i sklopova, projektovanih za ceo sistem modularnog projektovanja. Jedan od problema koji se pri tome nameće je pitanje definisanja geometrijskih i tehnoloških karakteristika ovih sklopova. Kao jedna od podloga za pravilno definisanje istih služi nam analiza izvedenih savremenih obradnih sistema.

2.1 GLAVNE KARAKTERISTIKE MAŠINA ZA OBRADU STRUGANJEM

Kroz istraživanja su analizirane geometrijske i tehnološke karakteristike najnovijih rešenja strugova poznatih svetskih proizvođača [2]*.

2.1.1. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

Osnovne geometrijske karakteristike ovih mašina predstavljaju sledeće veličine:

- maksimalni prečnik obrade nad postoljem (D),
- razmak šiljaka (L), odnosno maksimalna dužina obradka koji se može obraditi na mašini.

*) U radu su pojedini proizvođači označavani 1.....n, pri čemu se označavanje odnosi na jednu vrstu mašina (strugove, brusilice,....)

Pored analize prethodnih karakteristika analizirane su: širina postolja (B), prečnik glavnog vretena u prednjem ležištu, (D_V), dužina poprečnog klizača, hod poprečnog klizača, širina poprečnog klizača, hod malog klizača, visina ose mašine od ravni postolja.

U rezultatu analize došlo se do dijagramski predstavljenih zavisnosti pojedinih geometrijskih karakteristika u zavisnosti od maksimalnog prečnika (D).

Na sl. 1. prikazana je zavisnost širine postolja (B) od maksimalnog prečnika obrade (D). Dijagram je dat u dvostrukom logaritamskom koordinatnom sistemu, a predstavljena zavisnost se lako može napisati u obliku matematičke funkcije. Na dijagramu su prikazane tri funkcije "L", "S" i "T". Funkcija označena sa "T" predstavlja funkciju B(D) za strugove veoma robusne konstrukcije, funkcija "S" za strugove srednje robusne, a "L" lake konstrukcije.

Na isti način došlo se i do zavisnosti prečnika glavnog vretena u prednjem ležištu (D_V) od prečnika obradka (D), sl. 2.

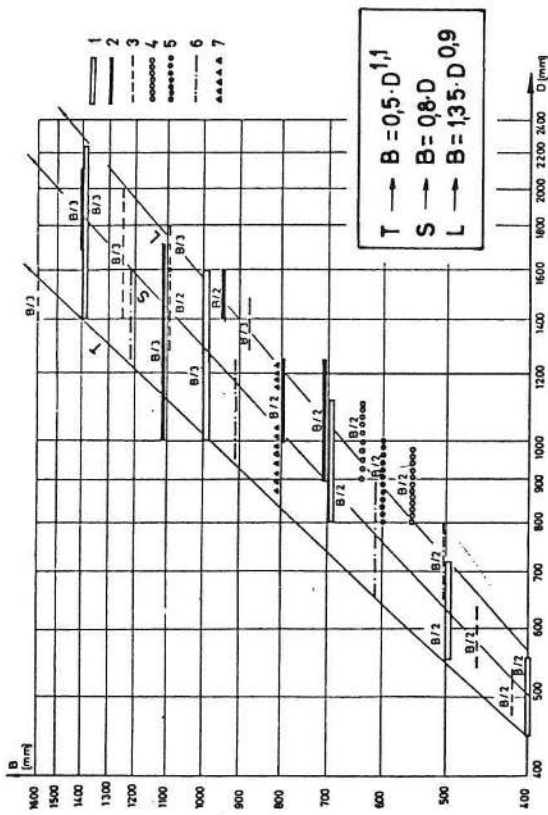
Na sl. 3a i sl. 3b prikazane su zavisnosti prečnika pinole (D_p) i hoda pinole konjica (H_p) od maksimalnog prečnika (D).

Od analiziranih geometrijskih karakteristika strugova ovde se na kraju navodi i zavisnost najveće mase obradka (G) koja se može obraditi u steznoj glavi (1), odnosno izmedju šiljaka (2) bez upotrebe linete (sl. 4). Upotrebom linete vrednost "G" se povećava za cca 25%.

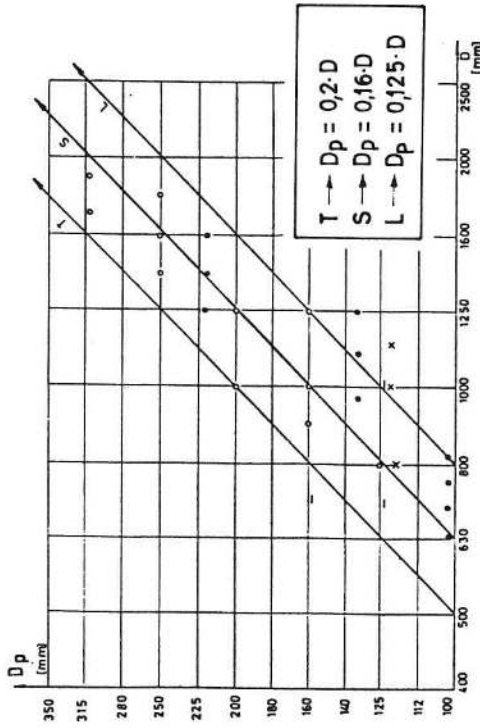
Na osnovu prikazanog dijagrama izvedene su zavisnosti, kako sledi:

	za masu obradka	
	u steznoj glavi	izmedju šiljaka
za robusne (teške) strugove	$G = 630 \left(\frac{D}{500}\right)^{2,16}$ $Z_c = 160 \left(\frac{D}{500}\right)^{0,5}$	$G = 1750 \left(\frac{D}{500}\right)^{2,5}$
Za srednje robusne konstrukcije	$G = 500 \left(\frac{D}{500}\right)^{1,83}$ $Z_c = 160 \left(\frac{D}{500}\right)^{0,5}$	$G = 1400 \left(\frac{D}{500}\right)^{2,25}$
Za lake strugove	$G = 400 \left(\frac{D}{500}\right)^{1,66}$ $Z_c = 160 \left(\frac{D}{500}\right)^{0,5}$	$G = 1000 \left(\frac{D}{500}\right)^{2,0}$

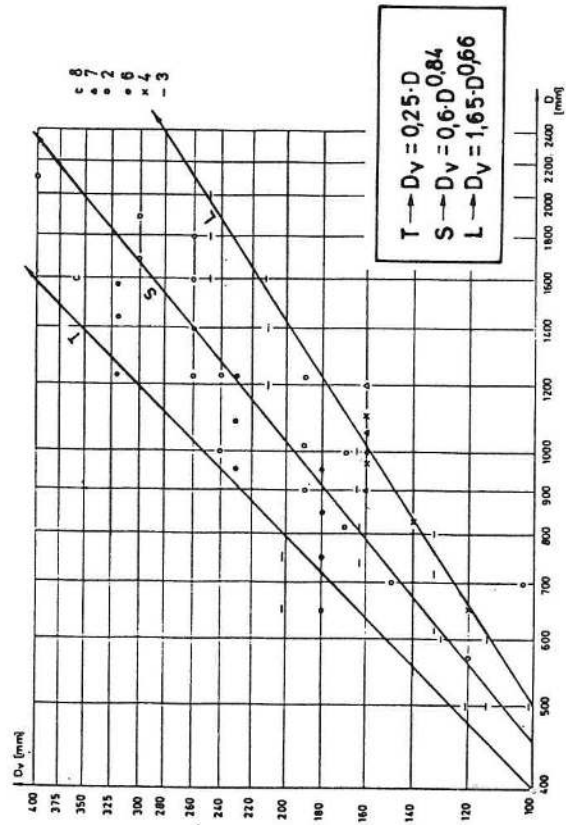
Z_c - centar težišta obradka od površine stezne glave



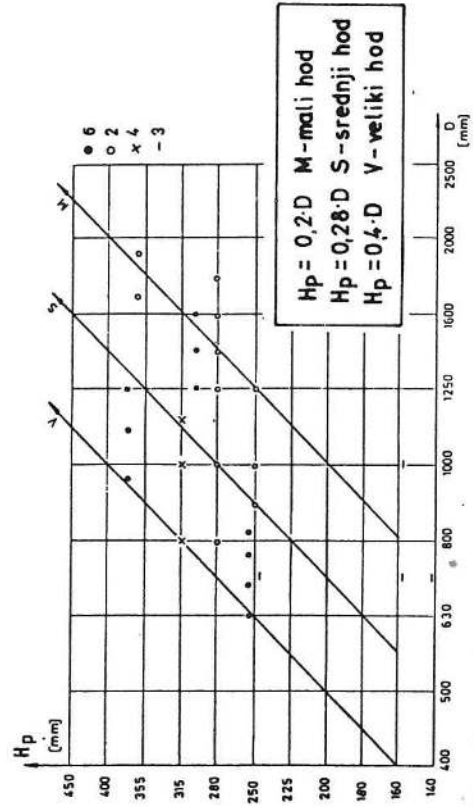
Sl. 1 Zavisnost širine postolja (B) od maksimalnog prečnika obrade (D) (za L - lake; S - srednje; T - teške strugove)



Sl. 3a Zavisnost prečnika pinole (D_p) od maksimalnog prečnika obrade (D)



Sl. 2 Zavisnost prečnika glavnog vretena u prednjem ležištu (D_v) od maksimalnog prečnika (D)



Sl. 3b Zavisnost hoda pinole (H_p) od maksimalnog prečnika obrade (D)

2.1.2 TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE

U okviru tehnoloških karakteristika izvedena je analiza onih karakteristika, koje se odnose na tzv. glavno kretanje. Tu spadaju:

- pogonska snaga (P)
- brzina rezanja (v).

Poznato je da kod strugova postoji jedan prečnik obrade pri čijoj obradi je angažovana celokupna pogonska snaga glavnog kretanja, pri čemu se obrada vrši tzv. idealnom brzinom rezanja v_i pri maksimalnom preseku strugotine, odnosno maksimalnom otporu rezanja F_{\max} . To je tzv. idealni (optimalni) prečnik obrade D_i . Za ovaj slučaj obrade može se napisati izraz:

$$P = F_{\max} \cdot v_i$$

gde je:

$$v_i = D_i \cdot \pi \cdot n_i$$

n_i - idealni broj obrtaja glavnog vretena.

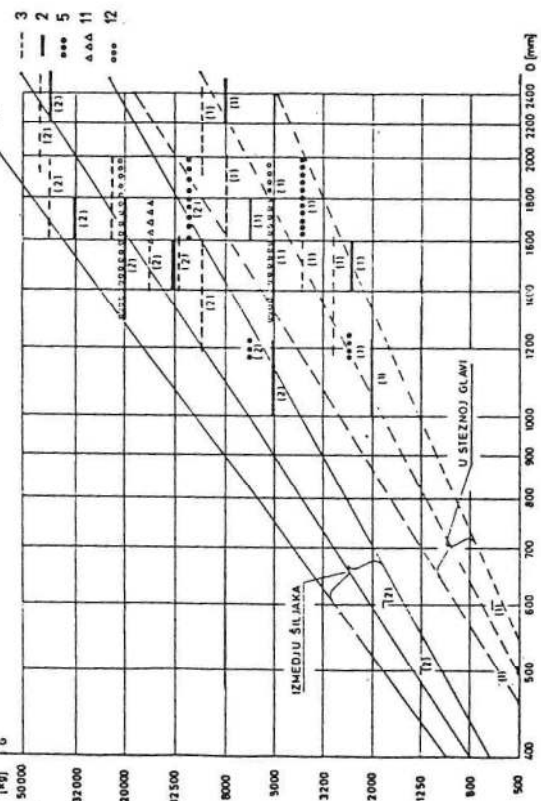
U skladu sa prethodnim u nastavku se, u funkciji od maksimalnog prečnika obrade, analizira:

- pogonska snaga (P)
- idealni prečnik obrade (D_i)
- minimalni (n_{\min}) i maksimalni (n_{\max}) broj obrtaja glavnog vretena.

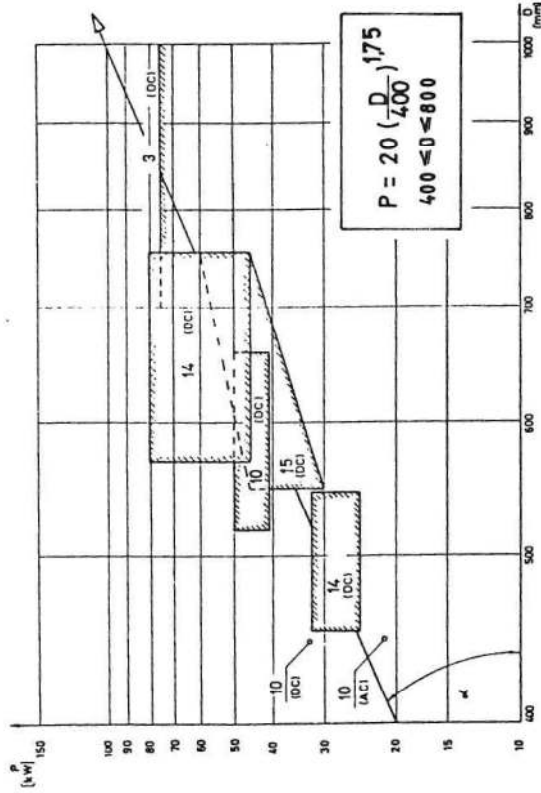
Na sl. 5a i sl. 5b prikazani su rezultati analize vezani za zavisnost pogonske snage (P) od maksimalnog prečnika obrade (D). Pri tome su rezultati posebno dati za strugove sa horizontalnim (a) i kosim (b) postoljem. Pored toga na sl. 5a su prikazani i rezultati analize Prof. I. Stankovića [7,8] iz sedamdesetih godina, za oblast maksimalnog prečnika obrade od 200 do 800 [mm].

Na sl. 6a i 6b prikazana je zavisnost minimalnog (n_{\min}) i maksimalnog (n_{\max}) broja obrtaja od maksimalnog prečnika obrade. Prikazane zavisnosti su date u funkciji od brzohodnosti istih i to: sporohodni (starije konstrukcije) (SH), srednje brzohodi (SB) i brzohodi (BH). Pored toga na sl. 6b su prikazani rezultati analize Prof. P. Stankovića [7, 8].

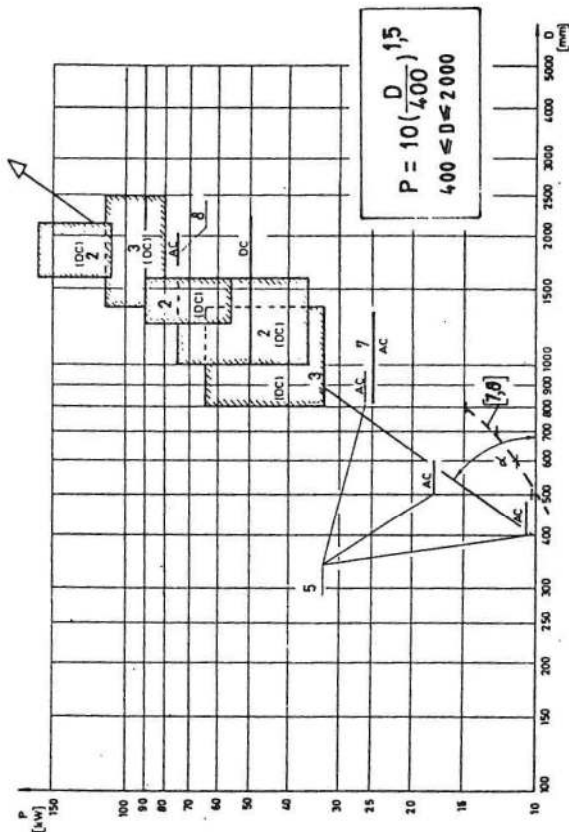
Zavisnost idealnog prečnika obrade (D_i) od maksimalnog prečnika prikazana je na sl. 7.



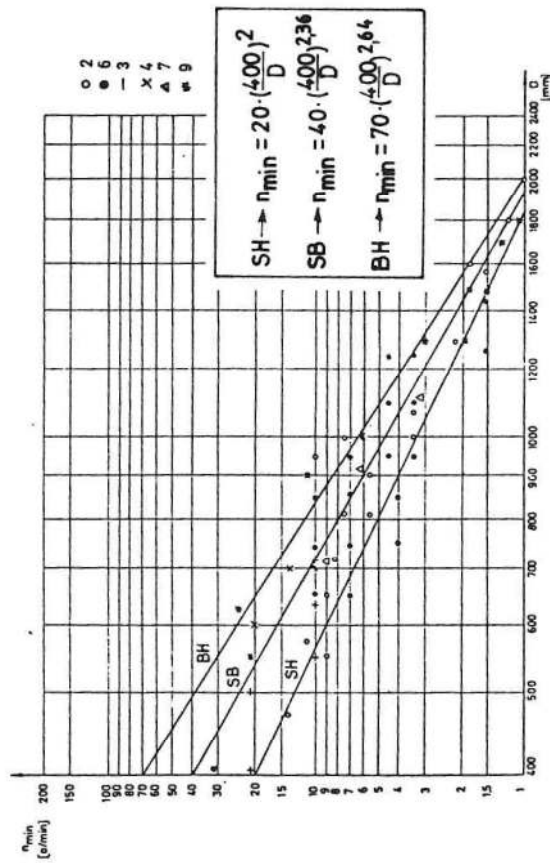
Sl. 4 Zavisnost mase obradka (G) od maksimalnog prečnika obrade (D)



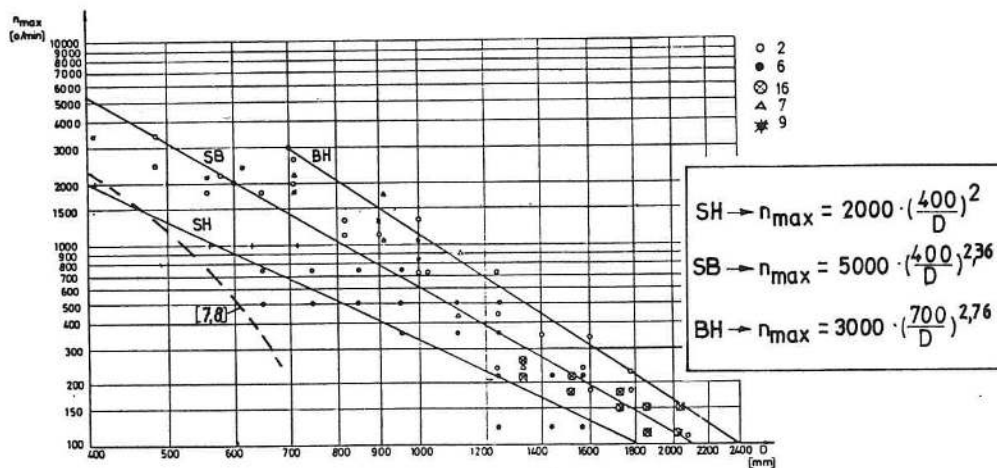
Sl. 5b Zavisnost pogonske snage (P) i maksimalnog prečnika obrade (D) - za strugove sa kosim postoljem



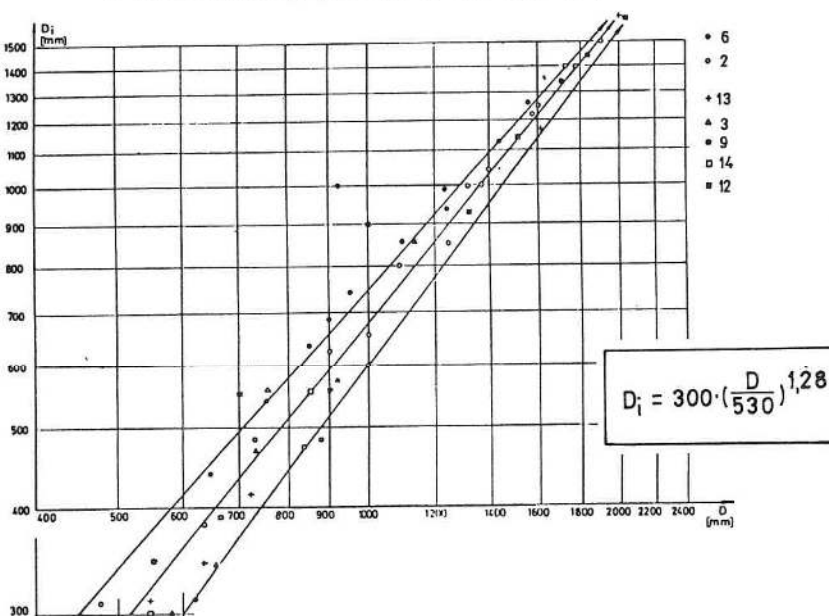
Sl. 5a Zavisnost pogonske snage (P) i maksimalnog prečnika obrade (D) - za strugove sa horizontalnim postoljem



Sl. 6a Zavisnost minimalnog broja obrtaja (n_min) i maksimalnog prečnika obrade (D)



Sl. 6b Zavisnost maksimalnog broja obrtaja (n_{max}) i maksimalnog prečnika obrade (D)



Sl. 7 Zavisnost idealnog prečnika obrade (D_i) i maksimalnog prečnika obrade (D)

2.2. GLAVNE KARAKTERISTIKE MAŠINA ZA OBRADU BRUŠENJEM

Sprovedena istraživanja su obuhvatila analizu glavnih karakteristika brusilica za spoljno okruglo brušenje, univerzalnih brusilica, brusilica za unutrašnje okruglo brušenje i brusilica za ravno brušenje [3]. Pri tome je analizirano oko 300 mašina za obradu brušenjem poznatih svetskih proizvođača.

2.2.1 GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

Analizom brusilica za spoljašnje okruglo brušenje i univerzalnih brusilica su obuhvaćene brusilice sa maksimalnim prečnikom obrade od 100 do 600

[mm]. Osnovne geometrijske karakteristike ovih mašina su:

- maksimalni prečnik brušenja (D_{max}) i
- razmak šiljaka (L), odnosno maksimalna dužina obradka koji se može obraditi na mašini.

U okviru geometrijskih karakteristika analizirane su još i sledeće veličine: visina šiljaka (H), maksimalni prečnik tocila (D_{bmax}), maksimalna širina tocila (b) i maksimalna dubina brušenja (S) (kod univerzalnih brusilica). Pored toga analizirana je masa obradka i masa mašine. U nastavku se prikazuju neki od rezultata analize.

Na sl. 8a i sl. 8b prikazani su rezultati analize prečnika (D_{bmax}) i širine (b) tocila u zavisnosti od visine šiljaka (H).

Zavisnost dubine brušenja (S) od visine šiljaka kod univerzalnih brusilica prikazana je na sl. 9.

Analiza brusilica za unutrašnje okruglo brušenje obuhvatila je brusilice sa maksimalnim prečnikom brušenja provrta od 63 do 250 [mm]. Od geometrijskih karakteristika analizirane su: maksimalni prečnik provrta (d_{max}), minimalni prečnik provrta (d_{min}), maksimalna dubina brušenja (S) i masa obradka.

Na sl. 10. prikazana je zavisnost maksimalnog prečnika provrta (d_{max}) u funkciji maksimalne dubina brušenja (S), samo kao ilustracija sprovedenih istraživanja.

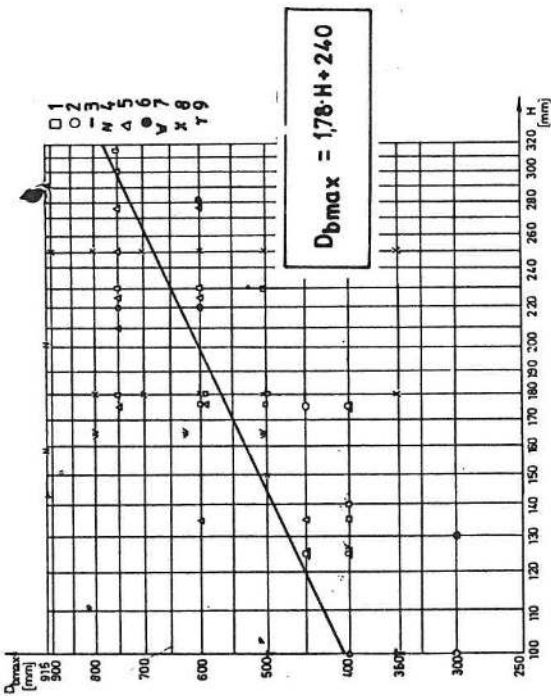
Pri analizi brusilica za ravno brušenje iste su grupisane u četiri podvrste i to:

- brusilice za ravno brušenje omotačem tocila, sa pravougaonim stolom;
- brusilice za ravno brušenje omotačem tocila, sa obrnutim stolom;
- brusilice za ravno brušenje čelom tocila, sa pravougaonim stolom i
- brusilice za ravno brušenje čelom tocila, sa obrtnim stolom.

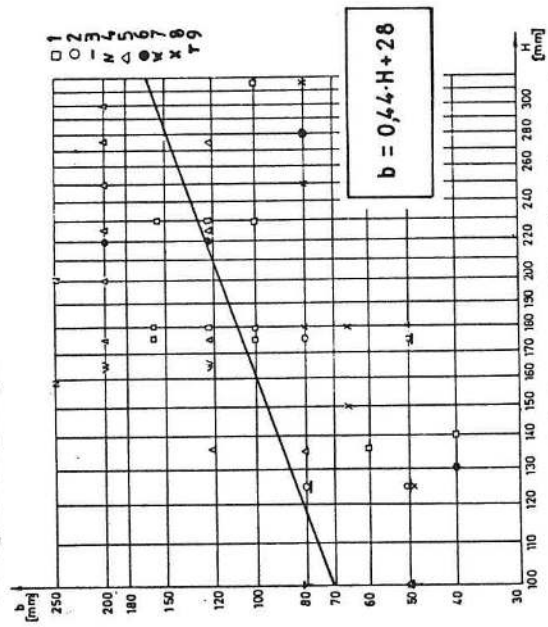
Kod ovih mašina, od geometrijskih karakteristika analizirane su: dimenzije radnog stola, dimenzije obradka, dimenzije tocila i masa obradka.

Zavisno od oblika radnog stola analiza je sprovedena dvojako i to:

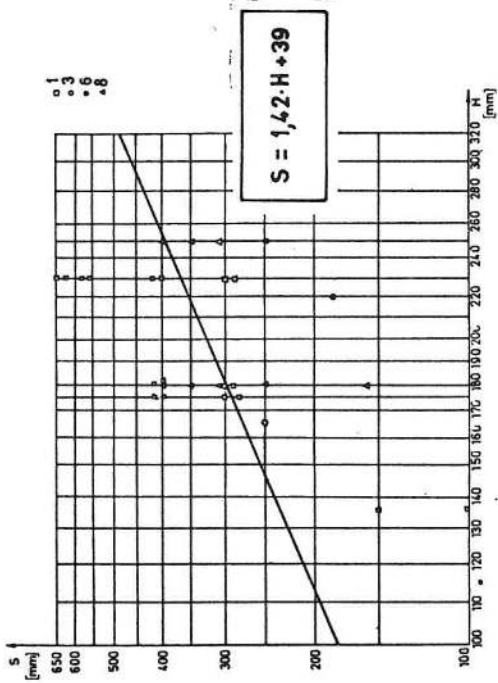
- kod mašina sa pravougaonim stolom analiza je prikazana u zavisnosti od širine brušenja (B_b), a
- kod mašina sa obrtnim stolom analiza je sprovedena u zavisnosti od prečnika stola (D).



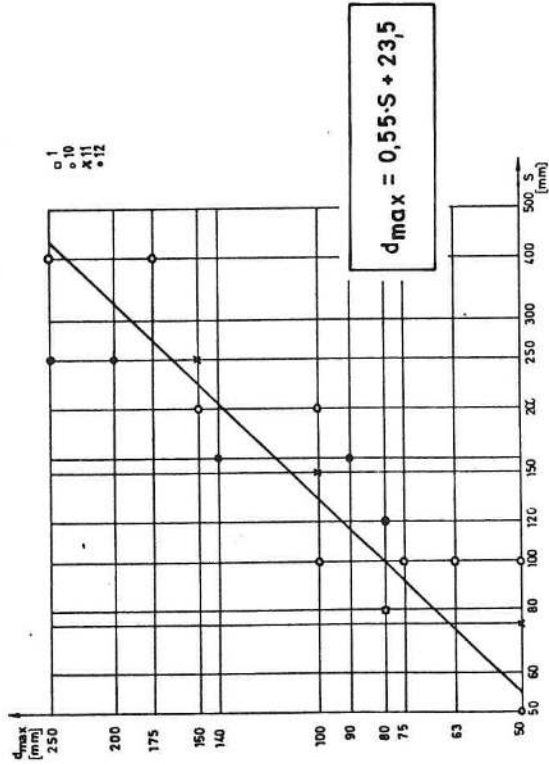
Sl. 8a Zavisnost prečnika točila (D_{bmax}) i visine šiljaka (H) kod brusilica za spoljno okruglo brušenje



Sl. 8b Zavisnost širine točila (b) i visine šiljaka (H) kod brusilica za spoljno okruglo brušenje



Sl. 9 Zavisnost dubine brušenja (S) i visine šiljaka (H) kod univerzalnih brusilica



Sl. 10 Zavisnost prečnika provrta (d_{max}) i dubine brušenja (S) kod brusilica za unutrašnje brušenje

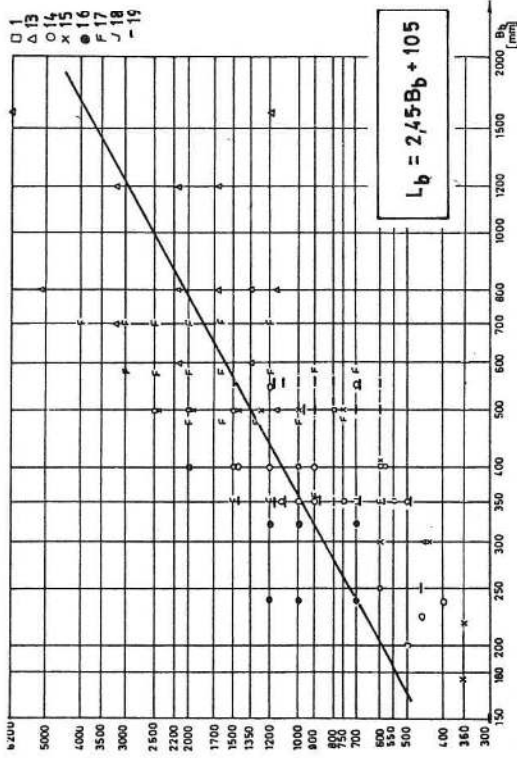
U okviru ovog rada prikazuje se samo deo rezultata za mašine za ravno brušenje omotačem tocila sa pravougaonim stolom.

Na sl. 11 prikazana je zavisnost dužine (L_b) i širine (B_b) brušenja, a na sl. 12 zavisnost visine obradka (H) i širine brušenja (B_b) kod brusilica za ravno brušenje omotačem tocila sa pravougaonim stolom. Pored toga na sl. 13a i sl. 13b prikazani su podaci vezani za dimenzije tocila kod ovih mašina.

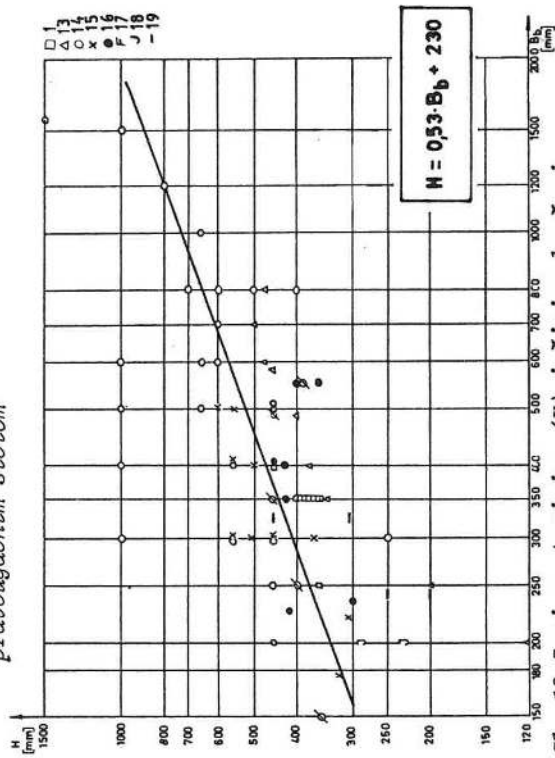
2.2.2 TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Zbog nedostatka podataka o otporima rezanja kod izvedenih mašina ovde su razmatrani samo podaci vezani za brzinu rezanja i pogonsku snagu. Kako se obimna brzina tocila nalazi u relativno uskom dijapazonu, to se teško može uspostaviti funkcionalna zavisnost brzine tocila i geometrijskih karakteristika izvedenih mašina. Pored toga prenosnik za glavno kretanje kod ovih mašina je vrlo prost i njegovo projektovanje ne predstavlja poseban problem. Nešto širi dijapazon promena brojeva obrtaja prisutan je kod nosača obradka kod brusilica za okruglo brušenje. Medjutim, stoji činjenica da svakako najvažniju tehnološku karakteristiku brusilica predstavlja pogonska snaga za glavno kretanje. Zbog toga je u istraživanjima poenta data na tu karakteristiku.

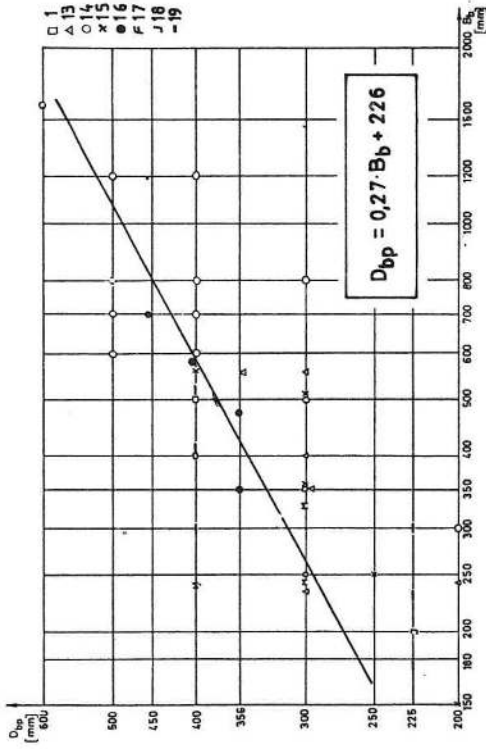
Kao ilustracija istih na sl. 14 je prikazana zavisnost pogonske snage tocila (P_{bp}) i visine šiljaka (H) kod brusilica za spoljašnje okruglo brušenje, a na sl. 15 zavisnost pogonske snage tocila (P_{bp}) i širine brušenja (B_b) kod brusilica za ravno brušenje.



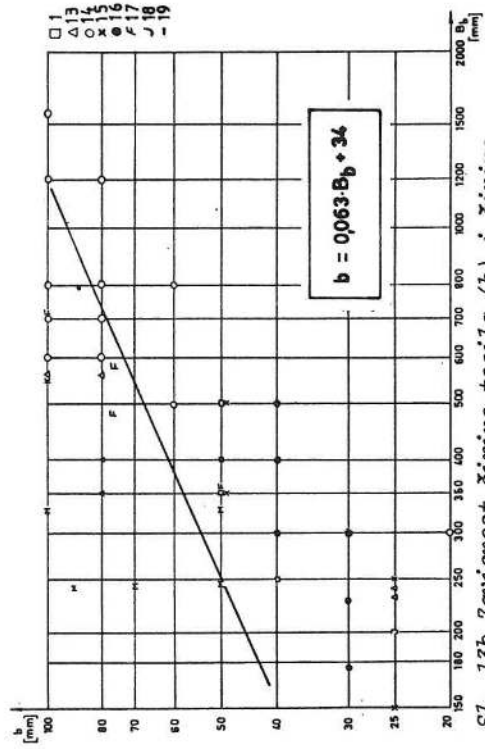
Sl. 11 Zavisnost dužine (L_b) i širine (B_b) brušenja kod brusilica sa ravno brušenje ometačem tocila sa pravougaonim stolom



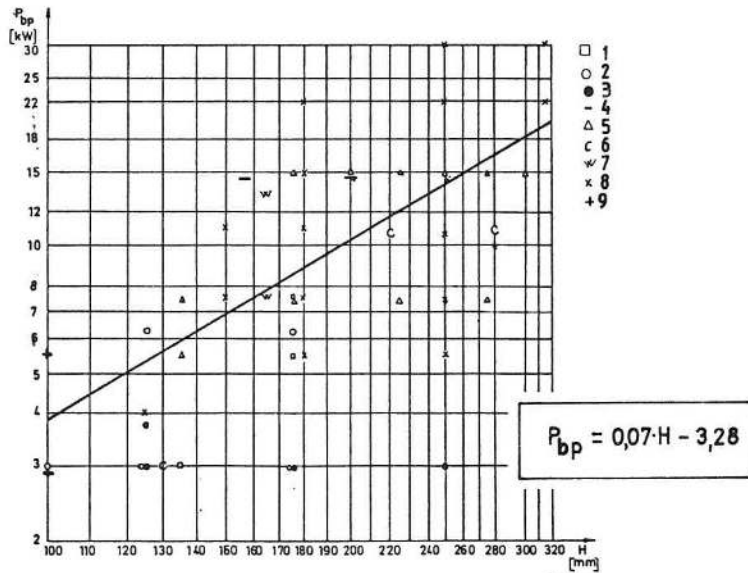
Sl. 12 Zavisnost visine (H) i širine brušenja (B_b) kod brusilica sa ravno brušenje ometačem tocila sa pravougaonim stolom



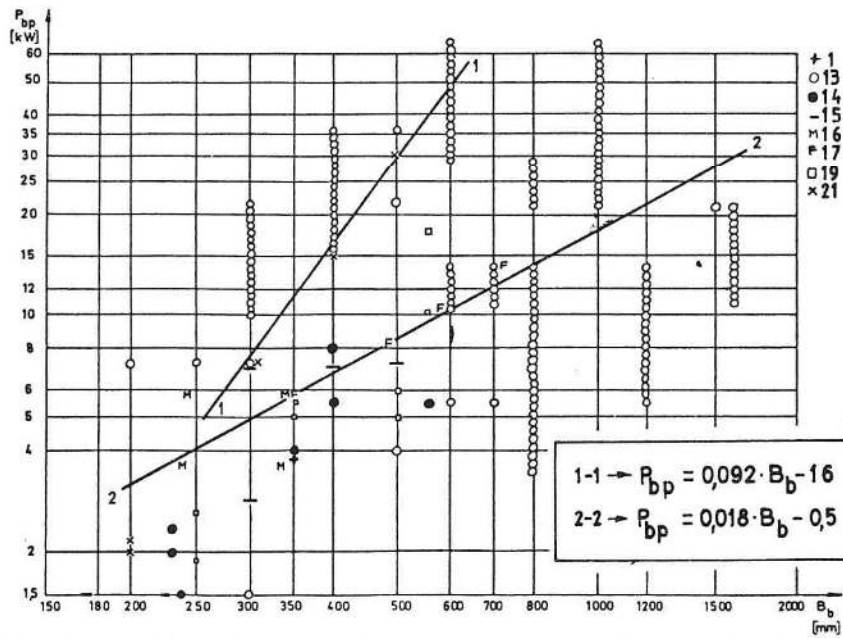
Sl. 13a Zavisnost prečnika tocila (D_{bp}) i širine brušenja (B_b) kod brusilica sa ravno brušenje ometačem tocila sa pravougaonim stolom



Sl. 13b Zavisnost širine tocila (b) i širine brušenja (B_b) kod brusilica sa ravno brušenje ometačem tocila sa pravougaonim stolom



Sl. 14 Zavisnost snage pogonskog motora točila (P_{bp}) i visine šiljaka (H) kod brusilica za spoljašnje okruglo brušenje



Sl. 15 Zavisnost pogonske snage točila (P_{bp}) i širine brušenja (B_b) kod brusilica za ravno brušenje sa pravougaonim stolom

2.3. GLAVNE KARAKTERISTIKE MAŠINA ZA OBRADU BUŠENJEM

U okviru sprovedenih istraživanja izvršena je analiza radialnih bušilica poznatih svetskih proizvođača. Analizom su obuhvaćene radialne bušilice sa maksimalnim prečnikom bušenja od 25 do 150 [mm].

2.3.1 GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

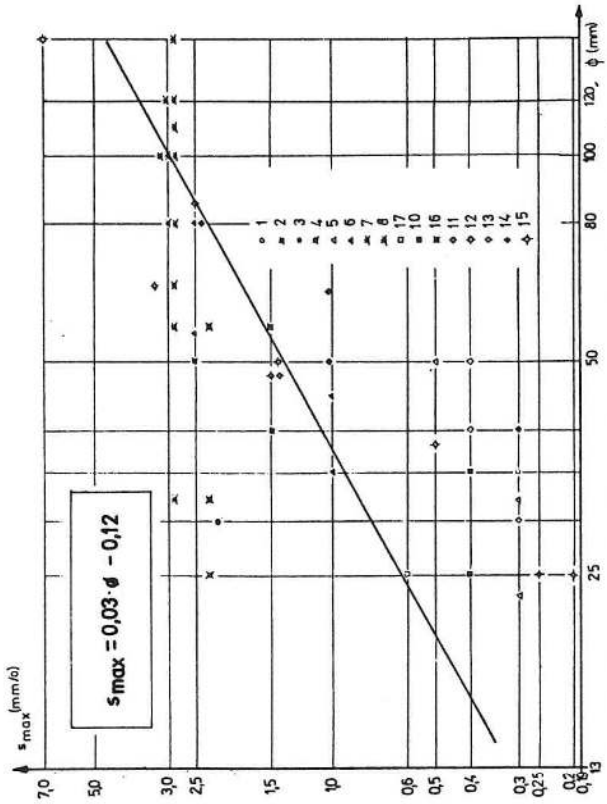
Osnovna geometrijska karakteristika ovih mašina je maksimalni prečnik bušenja u čeliku (\emptyset). Pored prethodne, analizirane su sledeće geometrijske veličine: veličina konusa za prihvatanje alata, hod pinole, minimalni i maksimalni krak bušenja (raspon), hod konzole, prečnik stuba i dimenzije osnovne ploče. Kao ilustracija izvedenih ispitivanja na sl. 16 se prikazuje zavisnost hoda pinole (H) od maksimalnog prečnika bušenja (\emptyset).

2.3.2 TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE

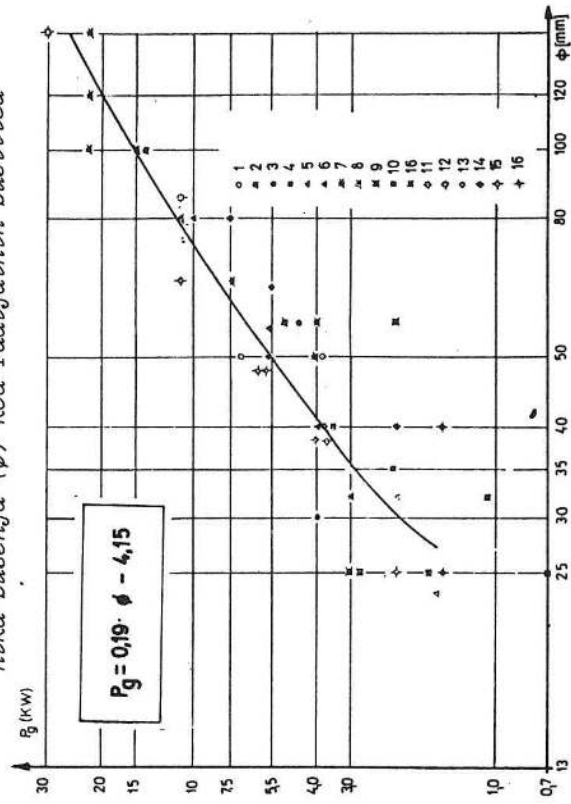
Od tehnoloških karakteristika ovih mašina razmatrane su sledeće veličine: minimalni (n_{\min}) i maksimalan (n_{\max}) broj obrtaja glavnog vretena, minimalni (s_{\min}) i maksimalni (s_{\max}) pomak, faktor stupnjevanja i broj stupnjeva brojeva obrtaja glavnog vretena, faktor stupnjevanja i broj stupnjeva pomaka kao i snaga pogonskog motora za glavno kretanje. Prethodne veličine su analizirane u zavisnosti od maksimalnog prečnika bušenja. Kao ilustracija izvršenih istraživanja i uopštavanjem rezultata dobijenih funkcionalnih zavisnosti na sl. 17 je prikazana zavisnost minimalnog broja obrtaja (n_{\min}) u funkciji prečnika bušenja (\emptyset); na sl. 18 zavisnost maksimalnog pomaka (s_{\max}), a na sl. 19 zavisnost snage pogonskog motora za glavno kretanje (P_g) u funkciji maksimalnog prečnika bušenja (\emptyset).

2.4. GLAVNE KARAKTERISTIKE OBRADNIH CENTARA

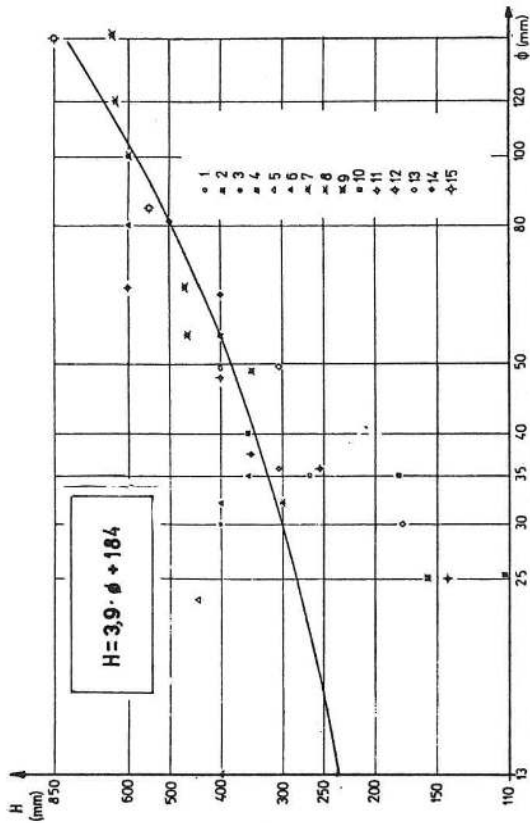
Obradni centri omogućuju izvodenje velikog broja operacija obrade kao što su: bušenje, razvrtanje, upuštanje, unutrašnje struganje, urezivanje navoja, glodanje ravnih i krivolinijskih površina. Prema statističkim podacima od celog asortimana delova koji se obradjuju na ovim mašinama oko 70% se obradjuje na mašinama sa horizontalnim glavnim vretenom, a 30% sa vertikalnim. Vertikalni obradni centri su predvidjeni prvenstveno za obradu velikih obradaka ili obradaka koji se obradjuju samo sa jedne strane, a horizontalni obradni centri su predvidjeni za obradu obradaka sa četiri, a ponekad i pet strana. Drugim rečima, ceo asortiman obradaka za obradu na obradnim centrima se grubo može podeliti na delove oblika paralelopipeda i pločaste delove. Polazeći od prethodnog, pri analizi obradnih centara posebno su analizirani obradni centri sa horizontalnim glavnim vretenom (horizontalni obradni centri), a posebno obradni centri sa vertikalnim glavnim vretenom (vertikalni obradni centri). Analizirano je oko 150 horizontalnih i oko 80 vertikalnih obradnih



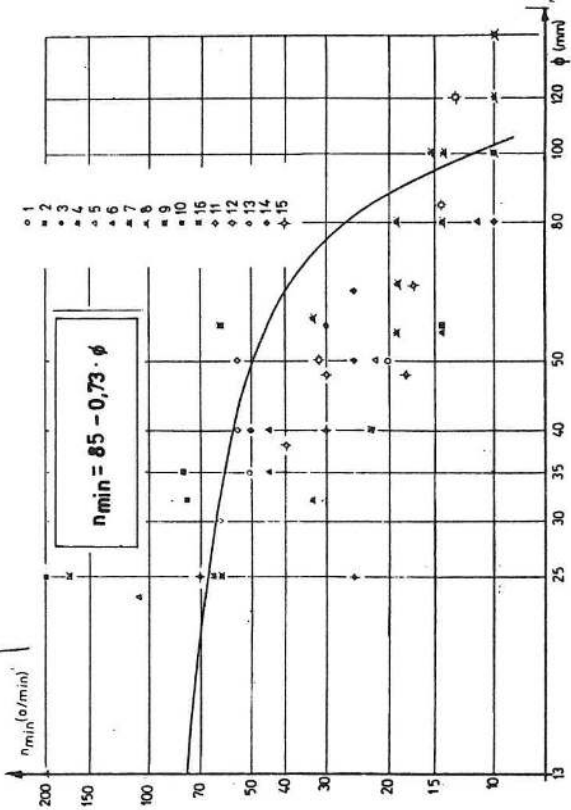
Sl. 18 Zavisnost maksimalnog pomaka (s_{max}) od prečnika bušenja (ϕ) kod radijalnih bušilica



Sl. 19 Zavisnost snage pogonskog motora za glavno kretanje (P_g) od prečnika bušenja (ϕ) kod radijalnih bušilica



Sl. 16 Zavisnost hoda ptnole (H) od maksimalnog prečnika bušenja u čeliku (ϕ) kod radijalnih bušilica



Sl. 17 Zavisnost minimalnog broja obrtaja glavnog vretena (n_{min}) od prečnika bušenja (ϕ) kod radijalnih bušilica

centara poznatih svetskih proizvođača.

2.4.1 GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE

Zbog vrlo velikog broja različitih alata koji se mogu koristiti na obradnim centrima, parametri koji definišu geometrijske karakteristike istih mogu se podeliti u dve grupe: parametri alata i parametri obradka. Najvažniji parametri alata su: maksimalni prečnik alata, veličina ISO konusa, prečnik glavnog vretena u prednjem ležištu i sl. Najvažniji parametri obradka su: veličine pomeranja u pravcu pojedinih osa, dimenzije radnog stola, opterećenje stola, masa obradaka itd.

Na osnovu prehodno iznetog pri analizi geometrijskih karakteristika obradnih centara izvršena je analiza sledećih veličina: veličine kretanja u pravcu pojedinih osa (X,Y,Z), površine radnog stola, broj položaja radnog stola, maksimalna masa obradka, prečnik glavnog vretena u prednjem ležištu, veličina konusa u glavnom vretenu za prihvatanje alata, maksimalni broj alata u magacinu alata, maksimalni prečnik alata, maksimalna masa alata. Analizirane geometrijske karakteristike su posmatrane u zavisnosti od: veličine vertikalnog pomeranja (Y) kod horizontalnih obradnih centara, odnosno veličine vertikalnog pomeranja (Z) kod vertikalnih obradnih centara.

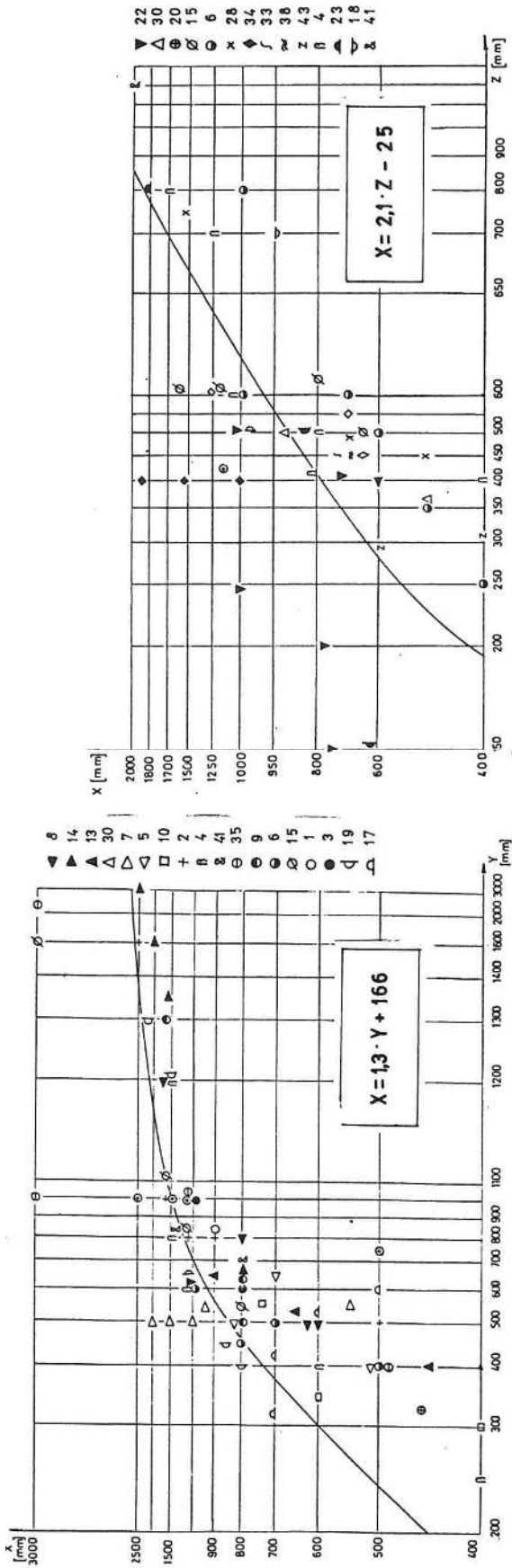
Kao ilustracija navedenih istraživanja na sl. 20a prikazana je zavisnost veličine kretanja u pravcu ose "X" kod horizontalnih, a na sl. 20b kod vertikalnih obradnih centara.

Zavisnost prečnika glavnog vretena u prednjem ležištu (D_{g1}) od veličine vertikalnog pomeranja (Y) prikazana je na sl. 21.

2.4.2 TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE

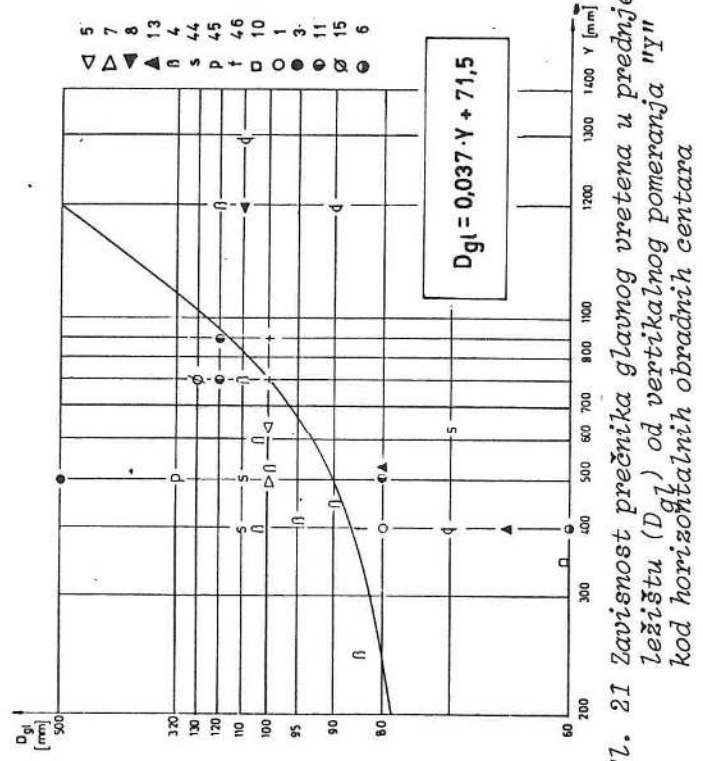
Analiza tehnoloških karakteristika obradnih centara obuhvatila je kako veličine vezane za ostvarivanje glavnog kretanja tako i veličine vezane za ostvarivanje pomoćnog kretanja. Analizirane su sledeće veličine: snaga pogonskog motora za glavno kretanje, minimalni i maksimalni broj obrtaja glavnog vretena, maksimalni obrtni moment na glavnom vretenu, maksimalna sila na zavojnom vretenu za pomoćno kretanje, maksimalna veličina pomaka, maksimalna brzina pomoćnog kretanja i sl. Pored toga, izvršena je analiza vrste upravljanja radnim stolom, postojanje i vrste paletnog sistema i izmenljivaca magacina alata.

Segment sprovedenih istraživanja se navodi u slici 22 i 23. Na sl.22a prikazana je zavisnost maksimalnog broja obrtaja glavnog vretena (n_{max}) u fun-

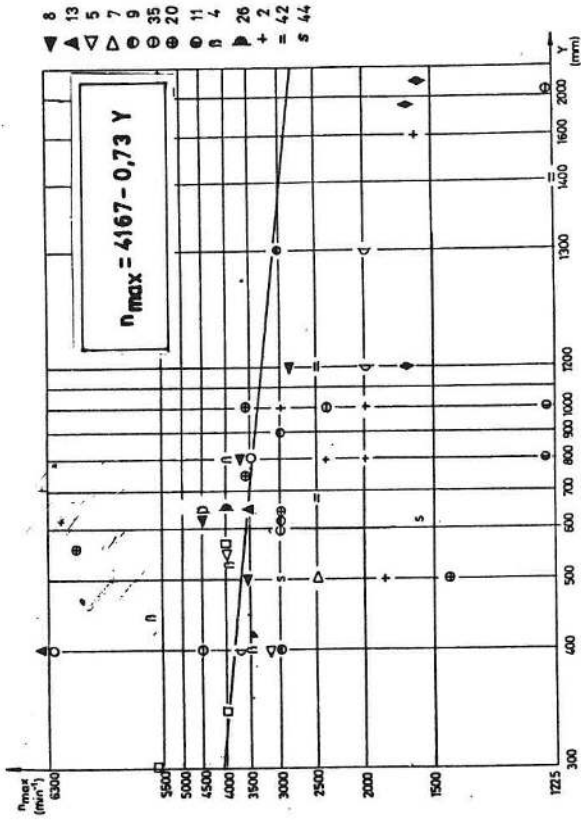


Sl. 20a Zavisnost veličine pomeranja u pravcu ose "X" od veličine vertikalnog pomeranja "Y" kod horizontalnih obradnih centara

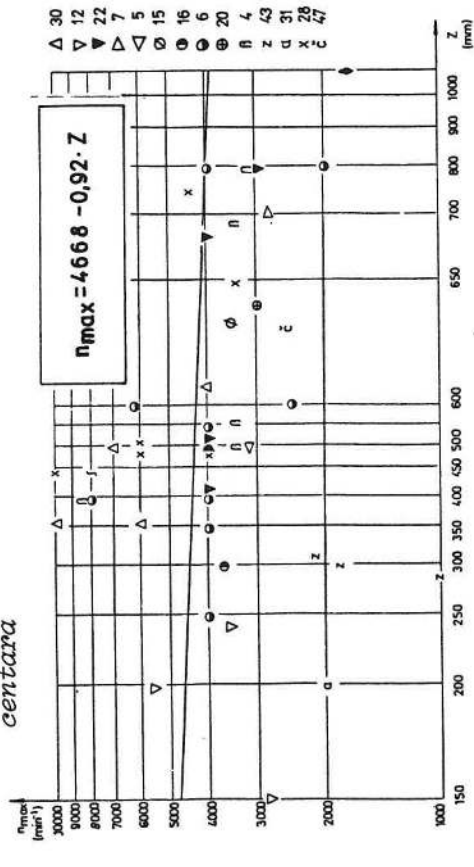
Sl. 20b Zavisnost veličine pomeranja u pravcu ose "X" od veličine vertikalnog pomeranja "Z" kod vertikalnih obradnih centara



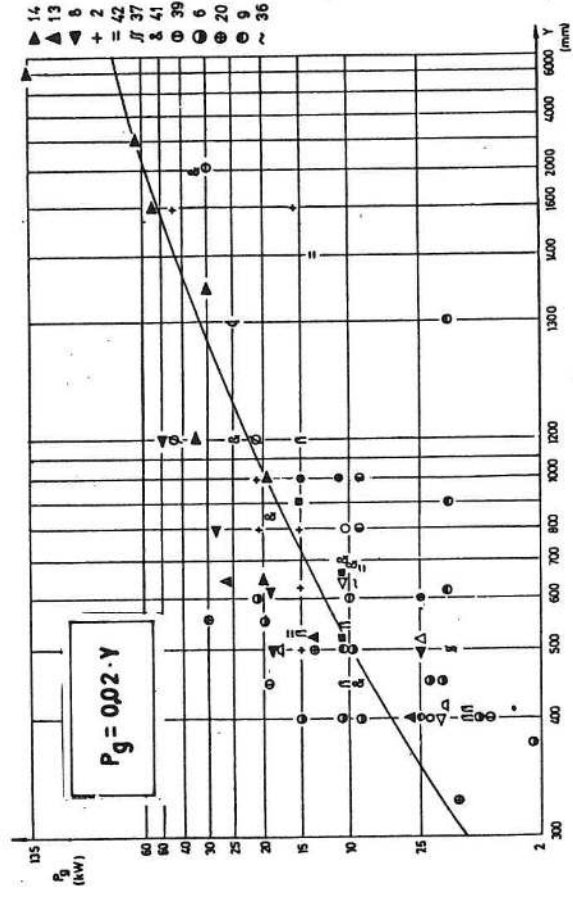
Sl. 21 Zavisnost prečnika glavnog vretena u prednjem ležištu (D_{gl}) od vertikalnog pomeranja "Y" kod horizontalnih obradnih centara



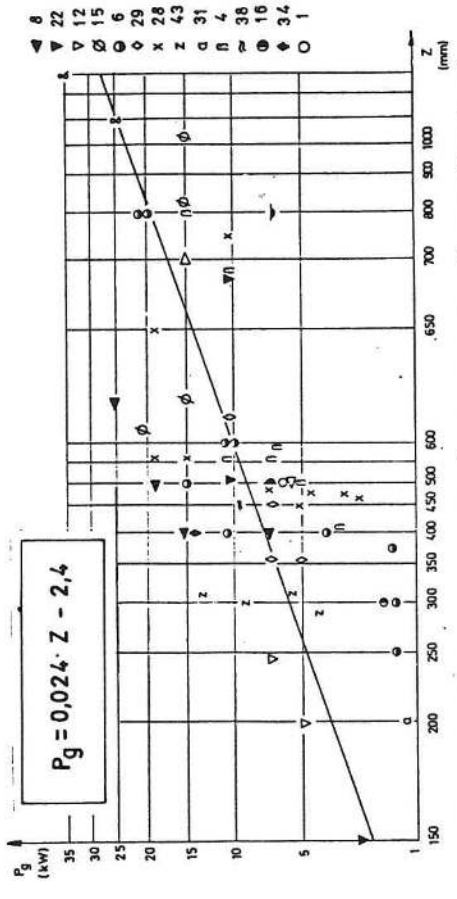
Sl. 22a Zavisnost maksimalnog broja obrtaja glavnog vretena (n_{max}) od veličine vertikalnog pomeranja Y_{max} kod horizontalnih obradnih centara



Sl. 22b Zavisnost maksimalnog broja obrtaja glavnog vretena (n_{max}) od vertikalnog pomeranja Y_{Z} kod vertikalnih obradnih centara



Sl. 23a Zavisnost pogonske snage za glavno kretanje (P_g) od vertikalnog pomeranja Y kod horizontalnih obradnih centara



Sl. 23b Zavisnost pogonske snage za glavno kretanje (P_g) od vertikalnog pomeranja Z kod vertikalnih obradnih centara

kaciji veličine vertikalnog pomeranja (Y) kod horizontalnih, a na sl. 22b kod vertikalnih obradnih centara.

Funkcija snage pogonskog motora za glavno kretanje od veličine vertikalnog pomeranja prikazana je na sl. 23a za horizontalne obradne centre, a na sl. 23b za vertikalne obradne centre.

3.0 ZAVRŠNI OSVRT

Sprovedena istraživanja su obuhvatila veliki broj obradnih sistema različitih tipova i veličina. Uopštavanje rezultata analize izvršeno je primenom teorije korelacije. U radu je prikazan samo manji deo rezultata istraživanja, pri čemu je veća pažnja ukazana rezultatima analize mašina za obradu struganjem i mašina za obradu brušenjem. Dobijeni rezultati se vrlo efikasno mogu koristiti pri definisanju geometrijskih (dimenzionih) i tehnoloških karakteristika pojedinih modula obradnih sistema. Ovo je posebno značajno u slučaju kada se primenom teorije rezanja ne mogu egzaktno definisati ove karakteristike, i to ne samo pri modularnom projektovanju mašina alatki, nego i pri projektovanju mašina alatki uopšte.

U konkretnom slučaju, sprovedena istraživanja su korisno poslužila pri postavljanju koncepcije modularnog projektovanja mašina za obradu struganjem i mašina za obradu brušenjem.

LITERATURA

- [1] Rekecki, J., Gatalo, R., Borojev, Lj., Hodolič, J., Zeljković, M., i dr.: Fleksibilni automatski proizvodni sistemi u oblasti alatnih mašina, naučno-istraživački projekt (radni materijal), Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, 1986-1990.
- [2] Rekecki, J., Janoši, J., Gatalo, R., Brauhler, J., Nadjabonji, G., Zeljković, M., Borojev, Lj., Hodolič, J.: Sistem strugova - koncepcija razvoja i koncepciona rešenja familije horizontalnih strugova za oblast prečnika obrade od 450 do 2000 [mm], istraživačko-razvojni projekat, Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, 1982.
- [3] Rekecki, J., Zeljković, M., Siraki, B., Francuski, M., Borojev, Lj., Gatalo, R., Kosić, D., Čabarkapa, S., Hodolič, J., Romček, A., Petrović, Z.: Razvoj koncepcije modularnog projektovanja brusilica za spoljašnje i unutrašnje okruglo brušenje, istraživačko-razvojni projekat, Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, 1987.
- [4] Rekecki, J., Zeljković, M., Gatalo, R., Borojev, Lj., Hodolič, J., Novaković, D., i dr.: Razvoj vitalnih komponenti NU obradnog centra - I faza, istraživačko-razvojni projekat (radni materijal), Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, 1987-1989.

- [5] Rekecki, J., Janoši, J., Brauhler, J., Zeljković, M.: Integralni prilaz koncipiranju razvoja mašina za obradu struganjem, VI seminar BIAM'82, Zagreb, 1982.
- [6] Rekecki, J., Zeljković, M., Gatalo, R., Siraki, B., Francuski, M.: Razvoj sistema modularnog projektovanja brusilica za okruglo brušenje, IX internacionalni simpozijum BIAM'88 Zagreb, 1988.
- [7] Stanković, P.: Principi tipizacije mašina alatki s obzirom na njihovo eksploataciono iskorišćenje, V savetovanje proizvodnog mašinstva, Kragujevac, 1969.
- [8] Stanković, P.: Mašine alatke 1-Koncepcijska i eksploatacijska analiza mašina za obradu rezanjem, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1968.
- [9] Rekecki, J., Zeljković, M., Borojev, Lj., Gatalo, R., Hodolič, J.: Modularna gradnja savremenih obradnih sistema - koncepcije i dostignuća u razvoju, Zbornik radova IPM br. 5., Institut za proizvodno mašinstvo FTN, Novi Sad, 1988.