Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Производно машинство
Предмет: Производне технологије 2
Број индекса: 113/2012

Ана З. Павловић

ТОК ИЗБОРА РЕЖИМА ОБРАДЕ У ОБРАДИ СТРУГАЊЕМ УЗ РАЧУНАРСКУ ПОДРШКУ

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Проф. др Богдан Недић - ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране:_____

Оцена:_____

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
Катедра за: ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО
Предмет: Производне технологије 2

ЗАВРШНИ РАД

Са темом:

Избор режима обраде у обради стругањем уз рачунарску подршку

За кандидата: Ану Павловић, бр. индекса 113/2012

У оквиру свог дипломског рада кандидат треба да размотри проблематику избора режима обраде у обради метала стругањем. Радом треба обухватити детаљан приказ поступка избора режима обраде у обради стругањем, приказ алгоритма и програмске апликације избора режима применом рачунара, за један од процеса обраде стругањем.

Рад треба да садржи следеће целине:

1. Уводна разматрања проблематике избора режима обраде
2. Избор режима обраде у обради стругањем
3. Алгоритам избора режима обраде
4. Програмску апликацију поступка режима обраде
5. Закључак
6. Литературу

Предметни наставник
Проф. др. Богдан Недић
Шеф катедре
Проф. др. Богдан Недић

Октобар 2015.

Резиме:

Обрада метала резањем је једна од најзаступљенијих обрада садашњице која је уједно и примат у CNC обради. Изводи се на машинама алаткама, које у структури производне опреме процентуално, још увек, и поред наглог развоја неконвенционалних поступака обраде, заузимају највећи део. У овом раду приказан је детаљан прорачун одабира режима рада у обради метала стругањем. Приказани су основни елементи при стругању и основни или базни елементи режима обраде, као и алгоритам тока избора параметара режима у обради стругањем и програмска апликација намењена за прорачун тих параметара.

Кључне речи: обрада метала стругањем, режим рада, програмска апликација

Abstract:

Metal cutting is one of the most common metalworking nowadays which also has a primate in CNC metalworking. It is done on machines, which are, in the structure of the manufacturing equipment, by percentage, still most used. This work presents a detailed calculation of selecting treatmant regime in metal scraping. The basic elements of scraping are shown in this work, also as the basic elements of the treatmant regime, as well as the algorithm of parameters selection in metal scraping, and the application that is designed for calculation of those parameters.

Key words: metal scraping, treatmant regime, application

САДРЖАЈ

1. Увод.....1
2. Режим обраде у обради стругањем.....3
   2.1. Основне напомене.....3
   2.2. Ток избора режима у обради стругањем.....4
      2.2.1. Избор корака.....4
      2.2.2. Економична постојаност алата.....18
      2.2.3. Избог брзине резања у обради стругањем.....19
      2.2.4. Меродавни број обртаја и режим обраде.....25
      2.2.5. Главно и комадно време израде.....27
      2.2.6. Трошкови обраде производне операције.....27
      2.2.7. Провера потребне снаге машине.....27
3. Алгоритам (ток) избора режима обраде.....29
   3.1.Основне напомене.....29
   3.2. Општи ток избора режима резања.....29
4. Програмска апликација.....36
5. Закључак.....50
6. Литература.....51

1. УВОД

Производни процеси у металопрерађивачкој индустрији остварују се различитим процесима обраде, међу којима обрада резањем заузима значајно место. Обрада резањем је врста обраде при којој се врши одношење, уклањање вишка материјала са површине предмета обраде.

Обрада резањем се изводи на машинама алаткама, које у структури производне опреме процентуално, још увек, и поред наглог развоја неконвенционалних поступака обраде, заузимају највећи део.

У данашње време наглог техничког напретка развијено је много врста нових материјала. То су материјали знатно бољих механичких и триболошких карактеристика, велике затезне чврстоће и тврдоће, високе отпорности на високим и ниским температурама, знатно веће отпорности на хабање и сл. Ова чињеница усложава обраду резањем и повећава и онако релативно високе трошкове обраде.

Обрадни процес обраде резањем сачињавају:

- Машина на којој се обрада изводи
- Алат којим се врши обрада
- Средство за хлађење и подмазивање и
- Радник који управља процесором

У савременим производним условима доста велико учешће међу машинама на којима се изводи обрада резањем имају савремене нумеричке машине. Те машине имају изразито високу цену, а још битније је то да се оне састоје из великог броја изузетно сложених подсклопова и склопова који имају тачно дефинисане режиме рада. Ови услови се морају узети у обзир при извођењу обраде. Алати који се данас користе, са плочицама од тврдог метала или алатне керамике су такође сложене израде и високе цене те се при избору услова обраде мора водити рачуна и о њиховом оптималном искоришћењу.

Начин и услови под којима се обрада изводи дефинишу се одређивањем режима обраде материјала. Режим обраде је дефинисан основним или базним параметрима којима је одређен међусобни положај и релативно кретање алата и предмета обраде у току процеса обраде. Одређивање режима обраде подразумева дефинисање:

- Дубине резања *a*
- Корака S или брзине помоћног кретања V_p
- Број обрта алата или предмета обраде n
- Број пролаза *i*.

За избор параметара режима обраде користе се два начина:

- На бази препорука
- Аналитичким поступком

Који ће се начин применити зависи искључиво од производних услова за које се прорачунава одређени режим обраде. Веће уштеде се остварују када се примењује поступак аналитичког одређивања режима. Међутим због дугог тока прорачуна и због чињенице да се режим обраде прорачунава за сваки захват посебно, аналитички начин прорачуна режима се примењује само у великосеријској и масовној производњи.

Постоје две врсте режима обраде:

- Економични
- Меродавни

Економични режим обраде је режим обраде који се прорачунава за машину непознате снаге. Она се усваја на крају прорачуна режима. Због опасности да се прорачуном добију изузетно велике снаге машина ова врста прорачуна режима се примењује углавном за одређивање режима код завршне обраде. Меродавни режим обраде се прорачунава за познату машину релативно мале снаге.

Раније наведене чињенице само истичу значај тачног и прецизног одређивања параметара режима обраде. У овом раду је детаљно разрађен поступак одређивања режима обраде у обради стругањем.

У другом поглављу рада дат је детаљан приказ прорачуна параметара режима обраде у обради стругањем. Приказани су основни елементи при стругању и основни или базни елементи режима обраде. Приказан је ток избора режима у обради стругањем, од избора корака па до одређивања меродавног броја обртаја и режима обраде.

Треће поглавље садржи алгоритам (ток) избора режима обраде и детаљан ток избора параметара режима у обради стругањем. Алгоритам треба да омогући јасан приказ свих етапа које треба проћи да би се добили параметри режима обраде.

У четвртом поглављу приказан је пример апликације, урађене у програму Microsoft Excel намењене за прорачун параметара режима обраде и одабир одговарајућих параметара кроз табеле.

На крају рада дат је закључак и списак коришћене литературе.

2. РЕЖИМ ОБРАДЕ У ОБРАДИ СТРУГАЊЕМ

2.1.Основне напомене

Резање настаје при продирању резног клина алата у материјал под дејством механичке силе. У зони контакта између радних површина алата и материјала предмета обраде долази до пластичног деформисања, разарања и одвођења једног слоја материјала, који се назива струготина.

Резање се обавља у строго одређеној кинематици релативног кретања између алата и обратка, где се дефинишу главно и помоћно кретање. Главно кретање, кружно или праволинијско одређује брзину резања, а изводе га алат или обрадак. За свако главно кретање дефмише:

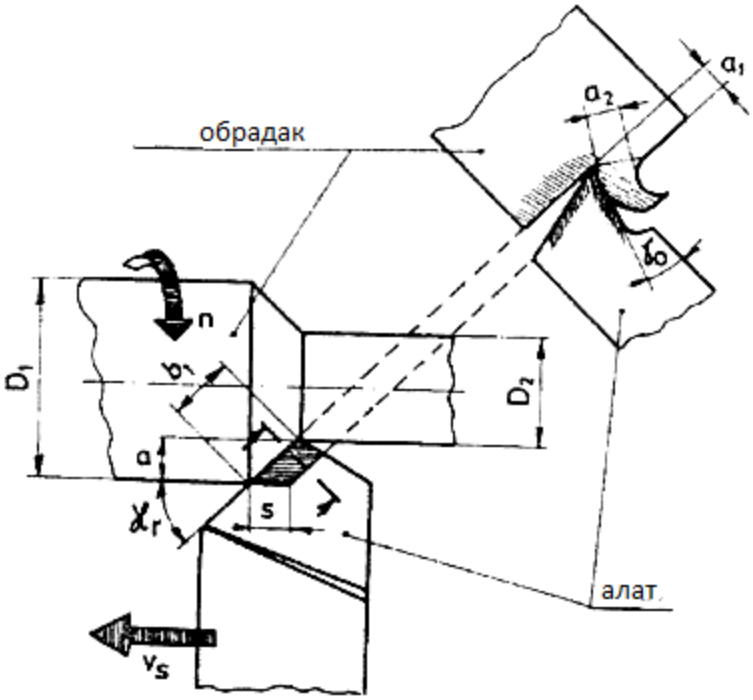
- број обрта - n, o/min - за случај кружног главног кретања, или
- број дуплих ходова – n_L, dh/min - за случај праволинијског главног кретања.
- Помоћно кретање које изводи алат или обрадак, може, као и главно кретање, бити кружно или праволинијско. Мера помоћног кретања је:
- корак - s, mm/o или mm/dh - померање алата или обратка за један обрт или дупли ход главног кретања.

Главно и помоћно кратање, у одређеној кинематици кретања алата и обратка дефинишу метод обраде. Један метод обраде може имати само једно главно и једно или више помоћних кретања.

За сваки метод обраде резањем, као један захват, дефинишу се основни или базни елементи, и то:

- брзина резања - v, m/min или m/s;
- корак - s, mm/o или mm/dh;
- дубина резања - a, mm;
- главно време резања - tg, min и
- специфична производност - q, cm^3 /min.

На слици 1 приказана је шема стругања са основним елементима обраде. Код стругања обрадак изводи главно обртно кретање, док алат изводи помоћно праволинијско кретање.



Слика 1. Основни елементи при стругању [5]

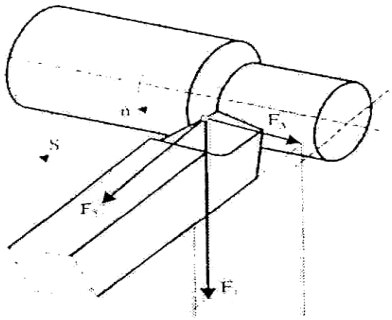
2.2 Ток избора режима у обради стругањем

2.2.1 Избор корака

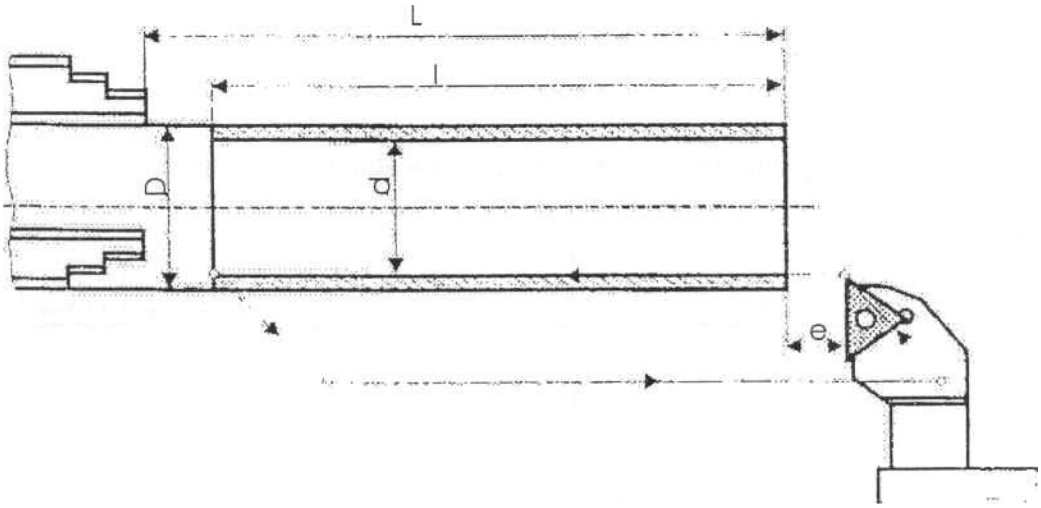
Поступак избора корака у обради стругањем обухвата:

1. проучавање производне операције;
2. избор препоручене вредности и
3. провера и коначан избор корака.

1. На слици 2 приказана је уздужна обрада стругањем заједно са силама које делују, док слика 3 приказује грубу уздужну обраду стругањем при чему су приказане и главне величине које одређују предмет обраде.



Слика 2. Уздужна обрада стругањем [1]



Слика 3. Груба уздужна обрада стругањем [1]

Препоручена вредност корака, (S) бира се из табеле 1. Избор препоручене вредности корака зависи од:

- пречника предмета обраде (почетног);
- дубине резања;
- материјала предмета обраде.

Табела 1: Препоручене вредности корака за грубо стругање алатима од БЧ и ТМ [1]

пречник, D	корак S, mm/o за дубину резања a, mm				
	до 3mm	3-5mm	5-8mm	8-12mm	преко 12mm
		Челик и челични лив			
do 20	0.3-0,4				
20-40	0.4-0.4	0.3-0.4			
40-60	0.5-0.9	0.4-0.8	0.3-0.7		
60-100	0.6-1.2	0.5-1.1	0.5-0.9	0.4-0.8	
100-200	0.8-1.3	0.7-1.2	0.6-1.0	0.5-0.9	
200-400	1.1-1.4	1.0-1.3	0.7-1.2	0.6-1.2	0.4-1.1
400-600	1.2-1.5	1.0-1.4	0.8-1.3	0.6-1.3	0.4-1.2
600-1000	1.2-1.8	1.1-1.5	0.9-1.4	0.8-1.4	0.7-1.3
preko 1000	1.3-2.0	1.3-1.8	1.2-1.6	1.1-1.5	1.0-1.5

Из табеле 1 бира се максимална могућа вредност корака. Иста се стандардизује усвајањем прве мање стандардне вредности, за познату вредност геометријског фактора преносника машине за помоћно кретање φ_n (табела 2).

Табела 2: Стандардне вредности корака и брзине помоћног кретања [1]

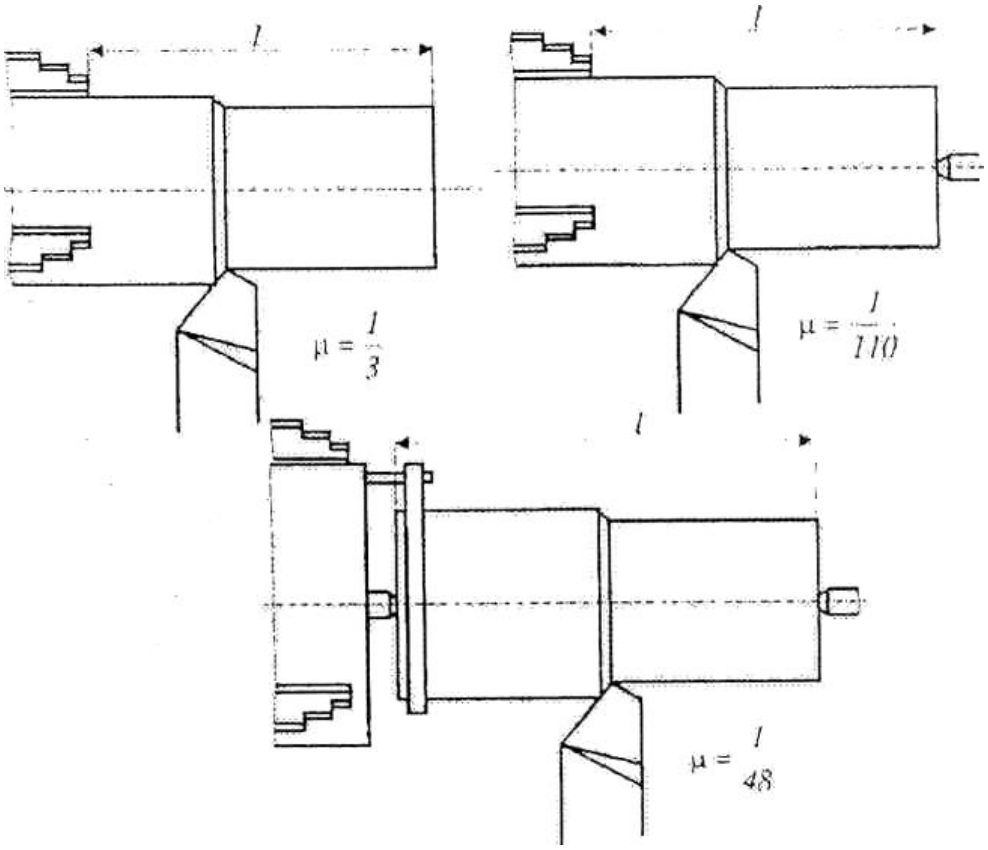
Основни ред		**Изведени ред**			**Осн. ред**	**Изведени ред**		
R20	R10	R 20/3			R5	R 10/3		
φ=1,12	φ=1,25	φ=1,4			φ=1,6	φ=2		
1	1		1		1		1	
1,12				11,2				
1,25	1,25	0,125				0,125		
1,4			1,4					
1,6	1,6			16	1,6			16
1,8		0,18						
2	2		2				2	
2,24				22,4				
2,5	2,5	0,25			2,5	0,25		
2,8			2,8					
3,15	3,15			31,5				31,5
3,55		0,355						
4	4		4		4		4	
4,5				45				
5	5	0,5				0,5		
5,6			5,6					
6,3	6,3			63	6,3			63
7,1		0,71						
8	8		8				8	
9				90				
10	10				10			

Друга фаза у избору корака је провера усвојене, препоручене вредности корака.

2. Код грубе обраде после које следи завршна обрада провера корака се изводи с обзиром на стабилност предмета обраде према обрасцу:

$$S \leq \left[\frac{E \cdot l \cdot K_s}{0{,}4 \cdot \mu \cdot C_k . a^{x_1} \cdot l^3}\right]^{\frac{1}{y_1}}$$

Провера по овом критеријуму се изводи само ако је однос L/D≥2 код конзолног стезања или L/D≥10 код обраде са ослањањем. На слици 4 приказани су могући начини стезања и ослањања предмета обраде као и вредност коефицијента μ који зависи од начина стезања и ослањања.



Слика 4. Начини стезања и ослањања предмета обраде [1]

Величине које фигуришу у изразу представљају:
E, MPa - модул еластичности материјала предмета обраде (табела 3);
I, mm^4 - момент инерције попречног пресека предмета обраде на месту најмање вредности;
$K_s = a_z - R_z - C$, mm, $a_z = \frac{\delta_2}{2}$;
a_z - дубина резања у операцијама завршне обраде;
R_z - средња висина неравнина, (табела 4);
C - дубина дефектног слоја, (табела 5);
μ - коефицијент који узима у обзир начин стезања и ослањања (слика 4);
C_{k1}, x_1,y_1 - константа и експоненти главног отпора резања (табела 6);
l, mm - препуст предмета обраде.

Табела 3: Оријентационе вредности модула еластичности и густине материјала: [1]

Материјал	E, MPa	p, kg/m3	Материјал	E, Mpa	p, kg/m³
Челик	(2 - 2,1) 10^5	7,85 10^3	Месинг	1,1 10^5	8.85 10^3
Сиви лив	10^5	7,4 10^3	Бронза	1,2 10^5	8.2 10^3

Табела 4: Класе храпавости површина при појединим поступцима обраде: [1]

Градације		**Најфинија обрада**				**Фина обрада**		**Претходна обрада**			**Груба обрада**		
Класа квалитета		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Врста обраде		0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
		0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200
		0,16	0,32	0,64	1,25	2,5	5	10	20	40	80	160	320
Грубо рендисање											■	■	■
Фино рендисање								■	■	■			
Грубо стругање											■	■	■
Прет. стругање									■	■			
Фино стругање								■					
Најфиније стругање						■	■						
Бушење										■	■		
Упуштање									■	■			
Проширивање							■	■					
Фино развртање						■							
Најфиније развртање					■								
Грубо глодање											■	■	■
Претходно глодање									■	■			
Фино глодање								■					
Најфиније глодање						■	■						
Провлачење								■	■				
Фино провлачење						■	■						
Грубо брушење									■	■	■		
Нормално брушење							■	■					
Фино брушење						■							
Најфиније брушење					■								
Хоновање				■	■								
Фино хоновање			■										
Најфиније хоновање		■											
Грубо лепoвање						■	■						
Претходно лепoвање				■	■								
Фино лепoвање			■										
Најфиније лепoвање		■											

Табела 5: Дубина дефектног слоја C, μm [1]

Врста обраде	C, μm	Врста обраде	C, μm
Ковање у калупима	500	**Грубо глодање**	40-60
Ваљање	300	**Завршно глодање**	25-40
Груба обрада на стругу	40-80	**Грубо рендисање**	40-50
Завршна обрада на стругу	30-40	**Завршно рендисање**	25-40
Бушење	50-60	**Спољашње кружно брушење**	15-25
Грубо развртање	25-30	**Унутрашње брушење**	20-30
Завршно развртање	10-20	**Равно брушење**	15-25

Табела 6: Константа и експоненти отпора резања [1]

материјал предмета обраде	**Rm, MPa ili HB**	**F1**			**F2**			**F3**		
		Ck1	x1	y1	Ck2	x2	y2	Ck3	x3	y3
Сиви лив	140HB	960	1	0.73	1020	0.9	0.75	440	1.1	0.65
	180HB	1100			1280			550		
	200HB	1170			1410			600		
Констру-кциони челик	450	1570	1	0.78	720	0.9	0.75	440	1.1	0.55
	600	1710			910			550		
	700	1840			1030			630		
Cr-Ni челик	500	1780	1	0.78	860	0.9	0.75	530	1.1	0.55
	700	2030			1130			690		
Хром челик	450	1720	1	0.78	790	0.9	0.75	480	1.1	0.55
	700	2030			1130			690		
Бронза	200-300	800	1	0.73	вредности отпора продирања и отпора помоћног кретања се крећу у границама: F2=(0.3-0.5)F1;F3=(0.15-0.3)F1					
	300-380	1000								
Месинг	220-360	700	1	0.78						
	360-480	850								
Алумини-јум	60-80	400	1	0.8						
	80-100	600								

3. Провера корака код грубе уздужне обраде изводи се и у односу на отпорност дршке ножа према обрасцу:

$$S \leq \left[\frac{K_f}{C_k \cdot C_o \cdot a^{x_1}}\right]^{\frac{1}{y_1}}$$

У коме су:

K_f, MPa- дозвољено напрезање на савијање материјала дршке ножа за:

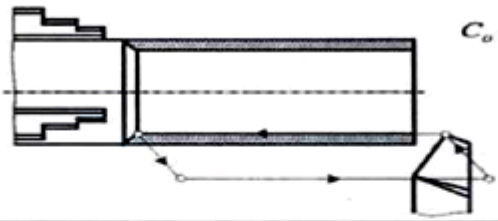
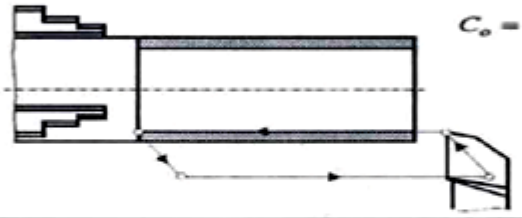
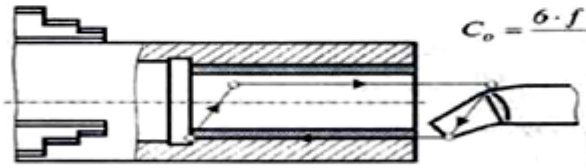
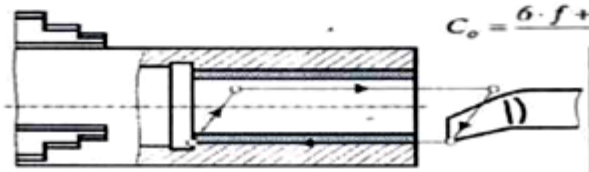
а. Нож од брзорезног челика K_f=220-250 MPa

б. Дршку конструктивног челика K_f= 200-220 MPa

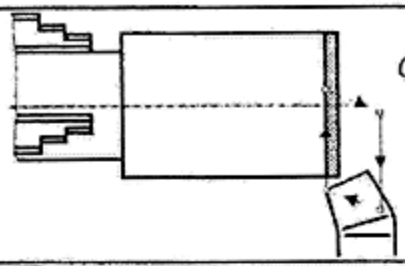
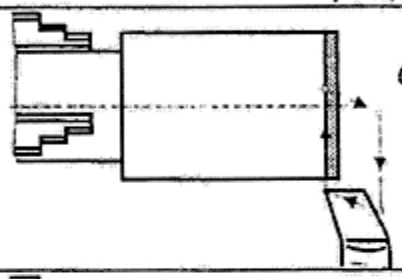
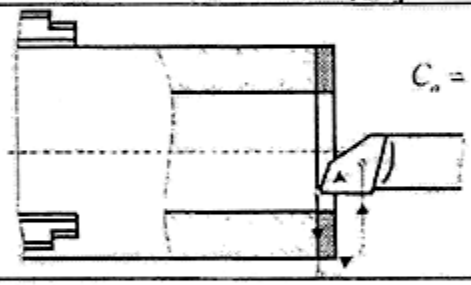
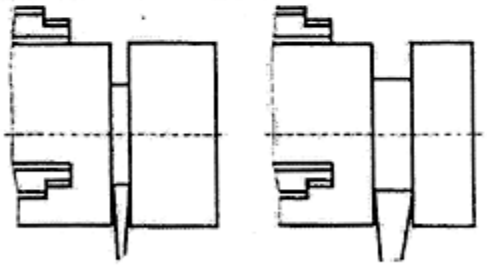
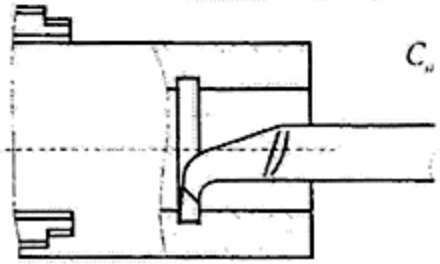
а, mm- дубина резања

C_o- константа која узима у обзир димензије попречног пресека дршке ножа и положај ножа у односу на предмет обраде (табела 7). У табели 8 су стандардне вредности димензија попречних пресека дршки ножева за обраду резањем.

Табела 7.1: Константа C_o за карактеристичне случајеве обраде стругањем [1]

назив операције	скица узајамног положаја алата и предмета обраде	геометријска карактеристика C_o
уздужна спољашња обрада на стругу		$C_o = \frac{6 \cdot f + 1{,}2 \cdot e \cdot f - 0{,}8}{b^2 \cdot e}$
уздужна спољашња обрада на стругу (к= 90)		$C_o = \frac{6 \cdot f + 2{,}2 \cdot e \cdot f - 0{,}2}{b^2 \cdot e}$
уздужна унутрашња обрада на стругу		$C_o = \frac{6 \cdot f + 2{,}4 \cdot e \cdot f - 1{,}0}{b^2 \cdot e}$
уздужна унутрашња обрада на стругу (к=90)		$C_o = \frac{6 \cdot f + 0{,}6 \cdot e \cdot f - 0{,}72}{b^2 \cdot e}$

Табела 7.2: Константа C_o за карактеристичне случајеве обраде стругањем [1]

назив операције	скица узајамног положаја алата и предмета обраде	геометријска карактеристика Co
попречна обрада на стругу		$C_o = \frac{6 \cdot f + 2{,}4 \cdot e \cdot f - 1{,}0}{b^2 \cdot e}$
попречна обрада на стругу (к= 90)		$C_o = \frac{6 \cdot f + 0{,}6 \cdot e \cdot f - 0{,}72}{b^2 \cdot e}$
попречна обрада на стругу		$C_o = \frac{6 \cdot f + 2{,}2 \cdot e \cdot f - 0{,}2}{b^2 \cdot e}$
одсецање и усецање спољашњег жљеба на стругу		$C_o = \frac{6 \cdot f - 1{,}0}{b^2 \cdot e}$
усецање унутрашњег жљеба на стругу		$C_o = \frac{6 \cdot f + 2{,}2 \cdot e \cdot f - 0{,}2}{b^2 \cdot e}$

Величине e и f које се јављају у табелама 7.1 и 7.2 представљају:

- e - однос висине, (h) и ширине, (b) попречног пресека дршке стругарског ножа, e=h/b, и
- h - однос препуста ножа при обради и висине попречног пресека дршке стругарског ножа (h),$f=l_n/h$

Табела 8: Стандардни пресеци дршке стругарских ножева [1]

ознака	b, mm	h, mm	l, mm	ознака	b, mm	h, mm	l, mm	ознака	d, mm	l, mm
8q	8	8	90	12h	8	12	100	8r	8	125
10q	10	10	90	16h	10	16	110	10r	10	150
12q	12	12	100	20h	12	20	125	12r	12	180
16q	16	16	110	25h	16	25	145	16r	16	210
20q	20	20	125	32h	20	32	170	20r	20	250
25q	25	25	140	40h	25	40	200	25r	25	300
32q	32	32	170	50h	32	50	240	32r	32	355
40q	40	40	200	63h	40	63	280			
50q	50	50	224							

4) Провера корака с обзиром на услове настанка струготине, изводи се по следећем изразу:

$$\frac{a}{g_{max}} \leq S \leq \frac{a}{g_{min}}$$

g- коефицијент виткости струготине, за уздужно стругање $5 \leq g \leq 10$

5) Избор меродавне вредности корака

Досадашњи прорачун резултирао је са четири различите вредности корака, и то:

1. S_1 - препоручена вредност корака;
2. S_2- вредност с обзиром на стабилност предмета обраде;
3. S_3- вредност с обзиром на отпорност дршке ножа;
4. S_4- вредност с обзиром на услове настанка сруготине .

Меродавна вредност корака је $S = \min (S_2 ; C_3 ; C_4)$

Уколико је меродавна вредност корака већа од препоручене, препоручена вредност корака се користи за даље прорачуне. У супротном меродавна вредност корака се стандардизује на прву мању стандардну вредност у односу на геометријски фактор преносника за помоћно кретање (табела 2) и користи за даље прорачуне.

Фина уздужна обрада

1) Избор пепоручене вредности корака, C_1, бира се из табеле 9. Избор се врши на основу:

- материјала предмета обраде;
- радијуса врха ножа, r и
- класе храпавости.

Табела 9: Препоручене вредности корака за завршно стругање алатима од БЧ и ТМ [1]

Класа храпавости	Материјал предмета обраде	Радијус врха ножа r, mm			
		r=0,4	r=1	r=1,5	r=2
N9	Челик	0,4-0,55	0,55-0,65	0,65-0,70	
	Сиви лив и обојени метали	0,25-0,40	0,40-0,50	0,50	
N8	Челик	0,20-0,30	0,30-0,45	0,35-0,50	
	Сиви лив и обојени метали	0,15-0,25	0,20-0,40	0,30-0,50	0,34-0,50
N7	Челик	0,11-0,18	0,14-0,24	0,16-0,28	0,18-0,32
	Сиви лив и обојени метали	0,10-0,15	0,12-0,20	0,15-0,30	0,20-0,35

2) Провера корака с обзиром на квалитет обрађене површине:
Провером корака с обзиром на квалитет обрађене површине добија се вредност корака S_2, ова провера се изводи по обрасцу:

$$S_2 \leq \frac{C_s . R_z^y \cdot r^u}{a^x \cdot x^z \cdot x_1^z}$$

где су величине које фигуришу у изразу:
C_s, y, u, x и z - константа и експоненти корака (табела 10);
R_z, µm - средња висина неравнина (табела 4);
r, mm - радијус врха ножа;
a, mm - дубина резања;
X, X_1, rad - нападни и помоћни нападни угао (табела 11).

Табела 10: Вредности константе C_s, експонената x, y, z и u [1]

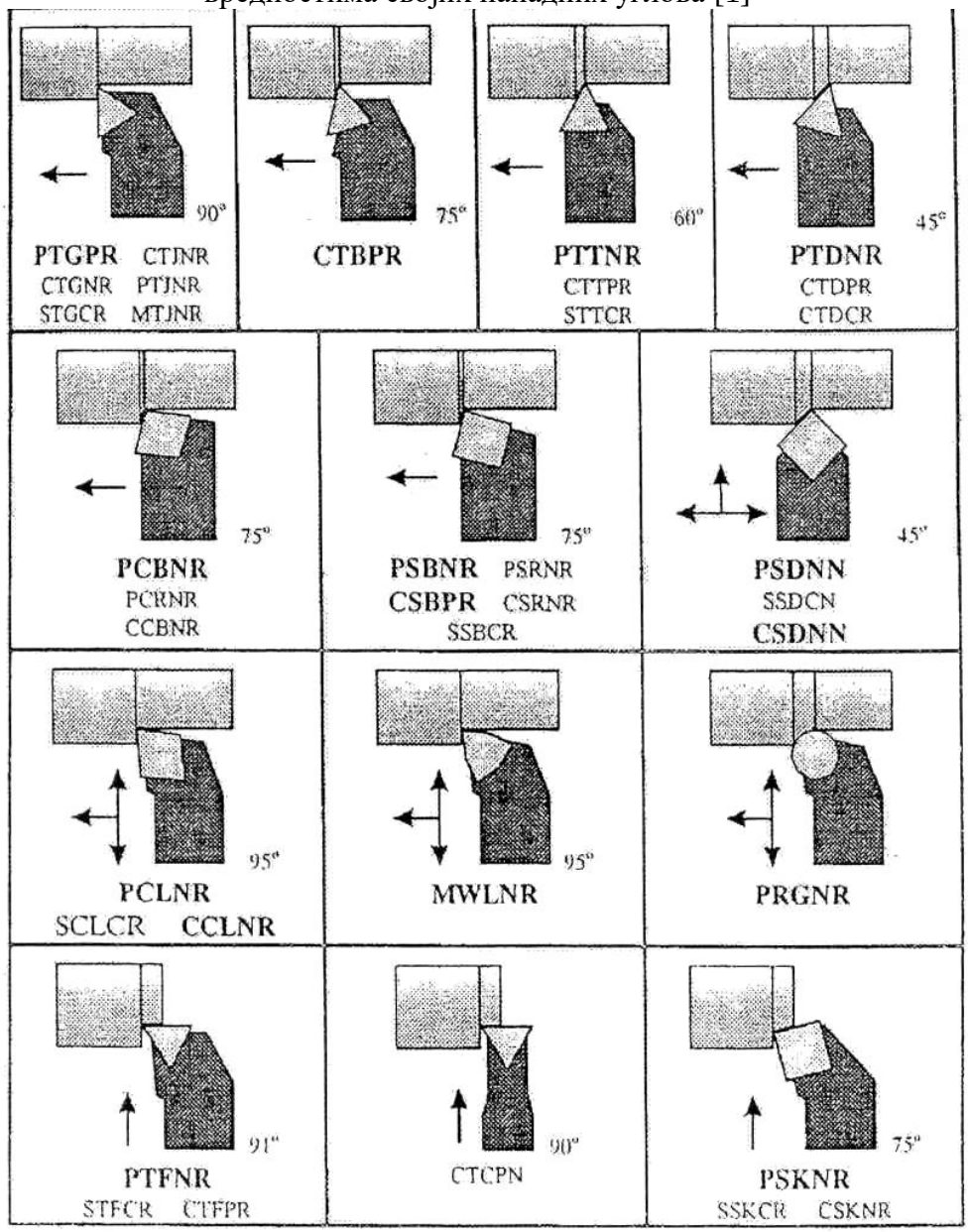
Материјал	S, mm/o	C_s	X	y	z	U
Челик	≤1,75	0,008	0,3	1,4	0,35	0,7
	>1,75	0,170	0,12	0,60	0,15	0,30
Сиви лив	≤1,6	0,045	0,25	1,25	0,50	0,75
	>1,6	0,290	0,12	0,60	0,25	0,35

3) Провера корака с обзиром на стабилност предмета обраде:

$$S_3 \leq \left[\frac{E \cdot I \cdot f_{max}}{0{,}4 \cdot \mu \cdot C_k \cdot a^{x_1} \cdot l^3}\right]^{\frac{1}{y_1}}$$

Величина f_{max} је максимално дозвољена вредност угиба предмета обраде.
f_{max}≈0,05-0,2 mm или $f_{max}=\frac{T}{6}$, mm при чему је T ширина толерантног поља пречника предмета који се обрађује.
Израз има смисла код већих односа препуста и пречника предмета обраде (1/D≥10- обрада са ослањањем и 1/ D≥2- обрада са конзолним стезањем).

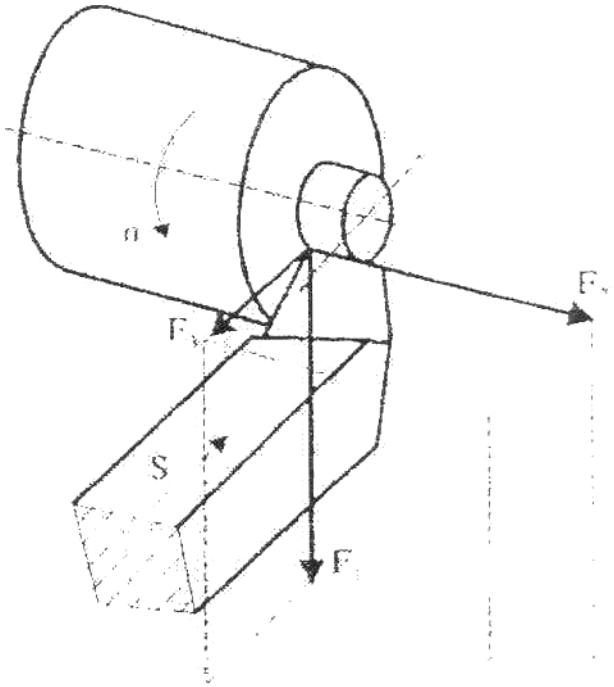
Табела 11.: Најчешће коришћени стругарски ножеви са измењивим плочицама са вредностима својих нападних углова [1]



4) Избор меродавног корака:
На основу вредности добијених провером меродавна вредност корака је:

$S = \min(S_1, S_2, S_3)$.
Уколико је меродавна вредност корака већа од препоручене, препоручена вредност корака се користи за даље прорачуне. У супротном меродавна вредност корака се стандардизује и користи за даље прорачуне. На слици 5 приказана је груба попречна обрада стругањем, при чему су приказане и силе које делују током обраде стругањем.

Попречна обрада стругањем



Слика 5: Груба попречна обрада стругањем [1]

За операције попречне обраде избор корака се изводи у неколико фаза, као и код операција уздужне обраде:
1) избор препоручене вредности корака;
2) провера корака с обзиром на отпорност дршке ножа;
3) провера корака с обзиром на услове настанка струготине и
4) избор меродавне вредности корака.

1) Избор препоручене вредности корака

Препоручена вредност корака за грубу попречну обраду се бира из табеле 12. Избор се врши на основу дубине резања a, mm.
Табела 12: Препоручене вредности корака за грубу попречну обраду стругањем [1]

Дубина резања a, mm	**2**	**3**	**4**	**5**
Корак S, mm/o	0,4-1,0	0,35-0,6	0,3-0,5	0,3-0,4

2) Провера корака с обзиром на отпорност дршке ножа

Провера корака с обзиром на отпорност дршке ножа се изводи по обрасцу:

$$S_2 \leq \left[\frac{K_f}{C_k \cdot C_o \cdot a^{x_1}}\right]^{\frac{1}{y_1}}$$

у коме су:
K_f, MPa - дозвољено напрезање на савијање маатеријала дршке ножа;
C_k, x_1, y_1 - константа и експоненти главног отпора резања (табела 6);
C_o- константа која узима у обзир димензије попречног пресека дршке ножа (табела 8) и положај ножа у односу на предмет обраде (табела 7).

3) Провера корака с обзиром на услове настанка струготине:

Провера корака с обзиром на услове настанка струготине се остварује за познате вредности коефицијента виткости и дубине резања, утврђивањем граничних вредности:

$$\frac{a}{g_{max}} \leq S_3 \leq \frac{a}{g_{min}}$$

Где је:

g- коефицијент виткости струготине, за попречну обраду стругањем овај коефицијент се креће у границама $5 \leq g \leq 20$.

4) Избор меродавне вредности корака:

Меродавна вредност корака је, исто као и код уздужне обраде, једнака минималној од претходно израчунатих вредности.

$S = \min(S_2, S_3)$;

Уколико је меродавна вредност корака већа од препоручене, препоручена вредност корака се користи за даље прорачуне. У супротном меродавна вредност корака се стандардизује на прву мању стандардну вредност у односу на геометријски фактор преносника за помоћно кретање (табела 2) и користи за даље прорачуне.

Фина попречна обрада стругањем

Корак се код фине попречне обраде бира на следећи начин:

1) избор препоручене вредности корака;
2) провера корака с обзиром квалитет обрађене површине;
3) провера корака с обзиром на стабилност предмета обраде и
4) избор меродавне вредности корака.

1) Избор препоручене вредности корака

Избор препоручене вредности корака за фину попречну обраду стругањем изводи се из табеле 13, у зависности од пречника предмета обраде и врсте обраде (завршна или фина).

Табела 13: Препоручене вредности корака за завршну попречну обраду [1]

Врста обраде	**Пречник предмета обраде D, mm**				
	до 30	30-60	60-100	100-150	150-300
Завршна	0,15-0,20	0,2-0,5	0,3-0,4	0,35-0,50	0,4-0,7
фина	0,08-0,15	0,15-0,25	0,25-0,35	0,3-0,4	0,35-0,50

Даља провера корака и избор меродавне вредности код фине попречне обраде стругањем се врши на исти начин као и код фине уздужне обраде, користе се исти изрази и исте табеле за усвајање потребних података, па с обзиром на ту чињеницу неће бити поново разматрана.

2.2.2 Економична постојаност алата

Економична постојаност (Te) алата је време непрекидног резања између два оштрења алата (две замене алата) при коме су трошкови минимални или је специфична производност обраде максимална. Економичне постојаности неких алата са лемљеним плочицама дате су у табели 14.

Табела 14: Економична постојаност стругарскох ножева са лемљеним плочицама тврдог метала (ТМ) [1]

Димензије носача алата	Број оштрења i	T_o, min	T_u, h*	Димензије носача алата	Број оштрења алата i	$T_{o,\,min}$	T_u, h*
10x10	7	105	14	**12x20**	10	110	20
16x16	10	110	20	**16x25**	12	135	29,3
20x20	12	115	23,5	**20x32**	15	140	37,3
25x25	15	130	34,7	**25x40**	18	160	50,7
*) век трајања алата T_u=(i+l)T_e							

Економична постојаност алата на бази трошкова обраде, када је временски степен искоришћења машине једнак или већи од своје максималне вредности ($\eta \geq \eta_{max}$ = 0,7), износи:

$$T_e = \frac{1-m}{m} \frac{n \cdot k \cdot t_1 + k_2 \cdot t_2 + \frac{c_a}{i+1}}{n \cdot k_1 + \frac{C_m \cdot p}{F \cdot \eta \cdot 100 \cdot 60}}; min$$

У случају непотпуног искоришћења машине ($\eta < \eta_{max}$ = 0,7);

$$T_e = \frac{1-m}{m} \frac{n \cdot k_1 \cdot t_1 + k_2 \cdot t_2 + \frac{C_o}{i+1}}{n \cdot k_1}; min$$

Економична постојаност на бази производности обраде је:

$$T_e = \frac{1-m}{m} \cdot t_0; min$$

где су t_0 временски губици који се јављају услед затупљења алата.

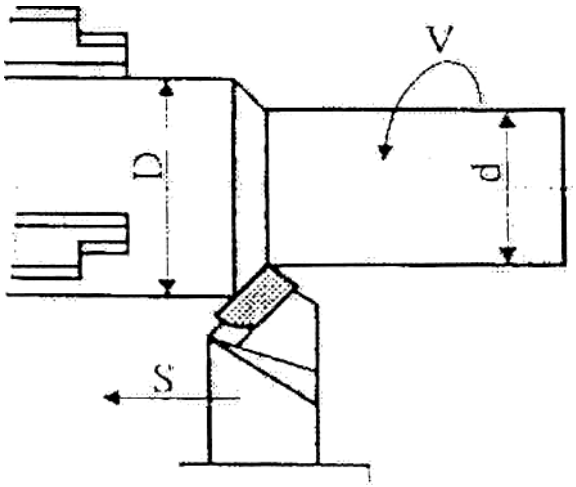
2.2.3 Избор брзине резања у обради стругањем

Брзина резања је обимна брзина предмета обраде (слика 16):

$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000};$$

Где је D, mm- максимална вредност пречника предмета обраде

На слици 6 приказана је брзина резања у обради стругањем заједно са пречницима и кораком.



Слика 6. Брзина резања у обради стругањем [1]

Избор брзине резања се остварује на бази:

- препорука (приближан избор - табела 15) или
- провера (прорачуна).

Провера (прорачун) брзине резања може бити изведен обзиром на искоришћење:

- постојаности алата и
- снаге машине.

Табела 15: Препоручене вредности брзине резања у обради стругањем [1]

Материјал предмета обраде	**Тврдоћа, HB**	**Брзина резања V, m/min**	
		Груба обрада	Завршна обрада
Угљенични челици	до 150	100-130	130-170
Хром-никл челици	206-250	80-100	100-120
Cr- Mo челици	217-303	40-60	60-80
Челични лив	150-180	90-120	120-160
Сиви лив	до 180	40-70	70-100
	180-250	30-50	50-70
Месинг		80-120	120-150
Алуминијум		200-500	600-1200

Табела 16: Препоручене вредности брзине у обради стругањем – наставак таб. 15 [1]

Материјал РО	**V, m/min**	**Материјал РО**	**V, m/min**
Легуре алуминијума	200-1000	Челици	50-500
Ливено гвожђе	60-900	Нерђајући челици	50-300
Бакарне легуре	50-700	Легуре титана	10-100
Ватроотпорне легуре	20-400	Легуре волфрама	60-150

Прорачун брзине резања с обзиром на искоришћење постојаности алата се заснива на примени два проширена израза за уздужну и попречну обраду на стругу:

$$V = \frac{C_{v_1}}{T_m \cdot a^{x_1} \cdot S^{y_1} \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^n} \Pi \cdot K_1$$

Односно за усецање, одсецање и сл.:

$$V = \frac{C_{v_2}}{T^m \cdot S^{y_2} \cdot \frac{HB}{200}^n} \Pi \cdot K_1$$

Где је:

$$\Pi \cdot K_1 = K_m \cdot K_a \cdot K_k \cdot K_{k_1} \cdot K_r \cdot K_n \cdot K_h \cdot K_{shp} \cdot K_p$$

У изразима су:

- m, n - експоненти постојаности алата и тврдоће (табела 17);
- C_{v1}, C_{v2},x_1x_2, y_1, y_2 - константа и експоненти брзине резања (табеле 18 и 19);
- a, mm - дубина резања;
- S, mm/o - корак;
- T, min - постојаност алата;
- HB - тврдоћа материјала предмета обраде;
- K_i - корекциони фактори утицаја, чине га фактори:

K_m - материјала предмета обраде (табела 20);
K_a - материјала алата (табела 21);
K_k - нападног угла (табела 22);
K_{k1} - помоћног нападног угла (табела 22);
K_r - радијуса врха ножа (табела 22);
K_n - површине попречног пресека дршке стругарског ножа (табела 22);
K_h - критеријума затупљеноти алата (табела 23);

K_{shp} - врсте и квалитета СХП-а и

K_p - осталих параметара обраде на брзину резања.

Табела 17: Вредности експонената постојаности алата m и тврдоће n [1]

Материјал предмета обраде	**Врста обраде**	**Услови обраде**	**m за алат од**	
			БЧ	ТМ
Челик	уздужна спољ. и унутр., попр. обрада	Са хлађењем	0.125	0.15
		Без хлађења	0.1	0.15
	Усецање и одсецање	Са хлађењем	0.25	0.15
		Без хлађења	0.2	0.15
Сиви лив	уздужна споељ. и унутр., попр. обрада	Са хлађењем	0.1	0.2
		Без хлађења		
	Усецање и одсецање	Са хлађењем	0.15	0.2
		Без хлађења		
Легуре Cu	Све врсте обраде	Са и без хлађења	0.15	0.2
Легуре Al i Mn	Све врсте обраде	Са и без хлађења	0.3	0.3
Материјал предмета обраде			m	n
Угљенични челик тврдоће < 130 HB			0.1-0.4	1
Угљенични челик тврдоће > 130 HB				1.75
Легирани челик, сиви лив, легуре бакра			0.15-0.5	1.5
Ватросталне легуре				0

Табела 18: Константе и експоненти брзине резања за уздужну и попречну обраду [1]

Материјал алата	**Материјал предмета обраде**	**корак S, mm/o**	**Услови обраде**					
			Са хлађењем			Без хлађења		
			Cv1	x1	y1	Cv1	x1	y1
Брзорезни челик	Челик, легуре Al i Mn	<0.25	96.2	0.25	0.33	52.5	0.25	0.5
		>0.25	60.8		0.66	42		0.66
	Ковано гвожђе	<0.25	55.4	0.2	0.25	42.6	0.2	0.4
		>0.25	47.4		0.5	24.5		
тврди метал	сиви лив, челик, легуре Cu	фина обрада				43.2	0.15	0.3
		груба обрада				32.6		0.4
	челик, легуре Al, Mn	<0.30	257	0.18	0.2	242	0.18	0.2
		0.3-0.75	294		0.35	267		0.35
		>0.75	285		0.45	259		0.45

Табела 19: Вредности константи и експонената за усецање, одсецање и сл. [1]

Материјал алата	**Материјал предмета обраде**	**Услови обраде**			
		Са хлађењем		Без хлађења	
		C_{v2}	Y_2	C_{v2}	Y_2
Брзорезни челик	Челик, легуре Al, Mn	21,8	0,66		
	Ковано гвожђе	22,5	0,50		
	Сиви лив, легуре Cu			20,3	0,40
Тврди метал	Челик, легуре Al, Mn	72,8	0,35	54,2	0,35
	Сиви лив, легуре Cu			36,9	0,40

Табела 20: Вредности корекционог фактора K_m [1]

материјал предмета обраде	**Km**	**материјал предмета обраде**	**Km**
угљенични челици са C<0.6%	1	**алатни челици**	0.75
угљенични челици са C>0.6%	0.85	**брзорезни и нерђајући челици**	0.65
челици за аутомате	1.2	**сиви лив, ковано гвожђе, легуре Cu**	1
челици легирани Cr, Ni i Mo	1.1	**алуминијум и силумен**	5
челици легирани Mn, Cr, Mo, W	0.9	**електрон са Rm=160MPa**	6.5

Табела 21 и 22.: Вредности корекционих фактора K_a, $K_{к1}$, $K_г$, K_n [1]

материјал алата	брзорезни челик			тврди метал							
	Č6880	Č6980	Č7680	P30	P20	P10	P01	K40	K30	K10	K01
K_a	1	1.19	1.1	0.7	0.85	1	1.5	1	1.1	1.26	1.32

Корекциони фактор K_k	Експонент ϕ		
$K_{к=}\left(\frac{45}{K^0}\right)^{\varphi}$	материјал предмета обраде	материјал алата	
		ВČ	ТМ
	челици, легуре Al, Mn	0.6	0.3
	сиви лив	0.45	
Корекциони фактор K_{k1}	материјал алата	константа a	
$K_{k_1} = \left(\frac{a}{K_1^0}\right)^{0,09}$	тврди метал	15	
	брзорезни челик	10	
Корекциони фактор K_r	врста обраде	експонент f	
$\boldsymbol{K_{r=}\left(\frac{r}{2}\right)^{f}}$	груба обрада	0.1	
	завршна обрада	0.2	
Корекциони фактор K_n	материјал предмета обраде	експонент d	
$K_n = \left(\frac{q}{20*30}\right)^{d}$	Челик	0.08	
	сиви лив	0.04	

Табела 23: Вредности корекционог фактора K_h [1]

Критеријум затупљења h, mm	**0,5**		**0,6**	**0,8**	**1,0**
	V<130	V>130			
K_h	0,90	0,95	1,0	1,05	1,15

Прорачун брзине резања с обзиром на искоришћење расположиве снаге машине

Прорачун брзине резања с обзиром на искоришћење расположиве снаге машине се изводи на основу снаге машине, коришћењем израза:

$$V = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot P \cdot \eta}{C_k \cdot a^{x_1} \cdot S^{y_1}}, m/min$$

То значи да је број обртаја:

$$n = n_m \approx \frac{1{,}91 \cdot 10^7 P \cdot \eta}{D \cdot C_k \cdot a^{x_1} \cdot S^{y_1}}, o/min$$

2.2.4 Меродавни број обртаја и режим обраде

Меродавни број обртаја:

$n = \min(n_A, n_M)$

где су:

n_A - број обртаја добијен из економичне брзине резања (Ве) и

n_M - број обртаја с обзиром на искоришћење расположиве снаге машине.

Меродавни број обртаја се налази између две стандардне вредности:

$$n_m < n < n_{m+1}$$

n_m, n_{m+1}- Стандардне вредности корака за одређени геометријски фактор промене преносника за главно кретање ϕ_n (табела 24).

При коришћењу већег стандардног броја обртаја потребно је прорачунати корак који припада њему, коришћењем израза:

$$S_{m+1} = S_m \cdot \left(\frac{n}{n_{m+1}}\right)^{\frac{1}{y_1}}$$

Табела 24: Стандардне вредности бројева обртаја [1]

основни ред		изведени ред			основни ред		изведени ред		
R20	**R10**	**R20/3**			**R5**		**R10/3**		
ϕ=1.12	**ϕ=1.25**	**ϕ=1.4**			**ϕ=1.6**		**ϕ=2**		
100									
112	112	11.2				112	11.2		
125			125						
140	140			1400	140				1400
160		16							
180	180		180			180		180	
200				2000					
224	224	22.4			224		22.4		
250			250						
280	280			2800		280			2800
315		31.5							
355	355		355		355			355	
400				4000					
450	450	45				450	45		
500			500						
560	560			5600	560				5600
630		63							
710	710		710			710		710	
800				8000					
900	900	90			900		90		
1000			1000						

Добијени корак S_{m+1} се стандардизује за одређену вредност геометријског фактора промене преносника за помоћно кретање (ϕ) према табели 24.

Следећи корак у избору меродавног режима обраде је рачунање производа корака и броја обрта за оба случаја, и он износи:

$$V_{pm} = S_m \cdot n_m \text{ i}$$

$$V_{pm+1} = S_{m+1} \cdot n_{m+1}$$

Меродавни режим обраде чине корак и број обрта који дају већу вредност производа, односно брзине помоћног кретања.

2.2.5 Главно и комадно време израде

Главно време израде рачуна се по изразу:

$$t_g = i \cdot \frac{l + e}{n \cdot S}$$

где је:
i - број пролаза;
l, mm - дужина обраде;
e, mm - прилаз алата;
На основу главног времена израде израчунава се комадно време по обрасцу:

$$t_k = \frac{t_g}{0{,}4}$$

2.2.6 Трошкови обраде производне операције

Трошкови обраде производне операције [7] састоје се из:

- трошкова рада;
- трошкова алата и
- трошкова машине.

Трошкови рада :

$$R = n \cdot k_1 \cdot t_k$$

Трошкови алата :

$$A = \left(n \cdot k_1 \cdot t_1 + k_2 \cdot t_2 + \frac{C_a}{i+1}\right) \cdot \frac{t_g}{T_e}$$

Трошкови машине :

$$M = \frac{C_m \cdot P}{F \cdot \eta \cdot 100 \cdot 60} \cdot t_k$$

Укупни трошкови обраде производне операције су:

$$V_0 = R + A + M$$

2.2.7 Провера потребне снаге машине

Снага машине се прорачунава у циљу провере да ли изабрана машина може успешно да изведе предвиђену операцију обраде. Провера се изводи коришћењем израза:

$$P = \frac{C_k \cdot a^{x_1} \cdot S^{y_1} \cdot D \cdot n}{1{,}91 \cdot 10^7 \cdot \eta}$$

Да би прорачун режима обраде био валидан и добар снага добијена овом провером мора бити мања од, у прорачуну, усвојене вредности снаге.

Треба напоменути да се узима иста вредност механичког степена искоришћења снаге машине η (табела 25), која је раније усвојена при прорачуну меродавног броја обрта.

Табела 25: Механички степен искоришћења снаге машине [1]

P, kW	**η**	**P, kW**	**η**
3	0,4	20	0,6
5	0,48	25	0,65
7,5	0,52	30	0,70
10	0,52	40	0,75
15	0,52	60	0,80

3. АЛГОРИТАМ (ТОК) ИЗБОРА РЕЖИМА ОБРАДЕ

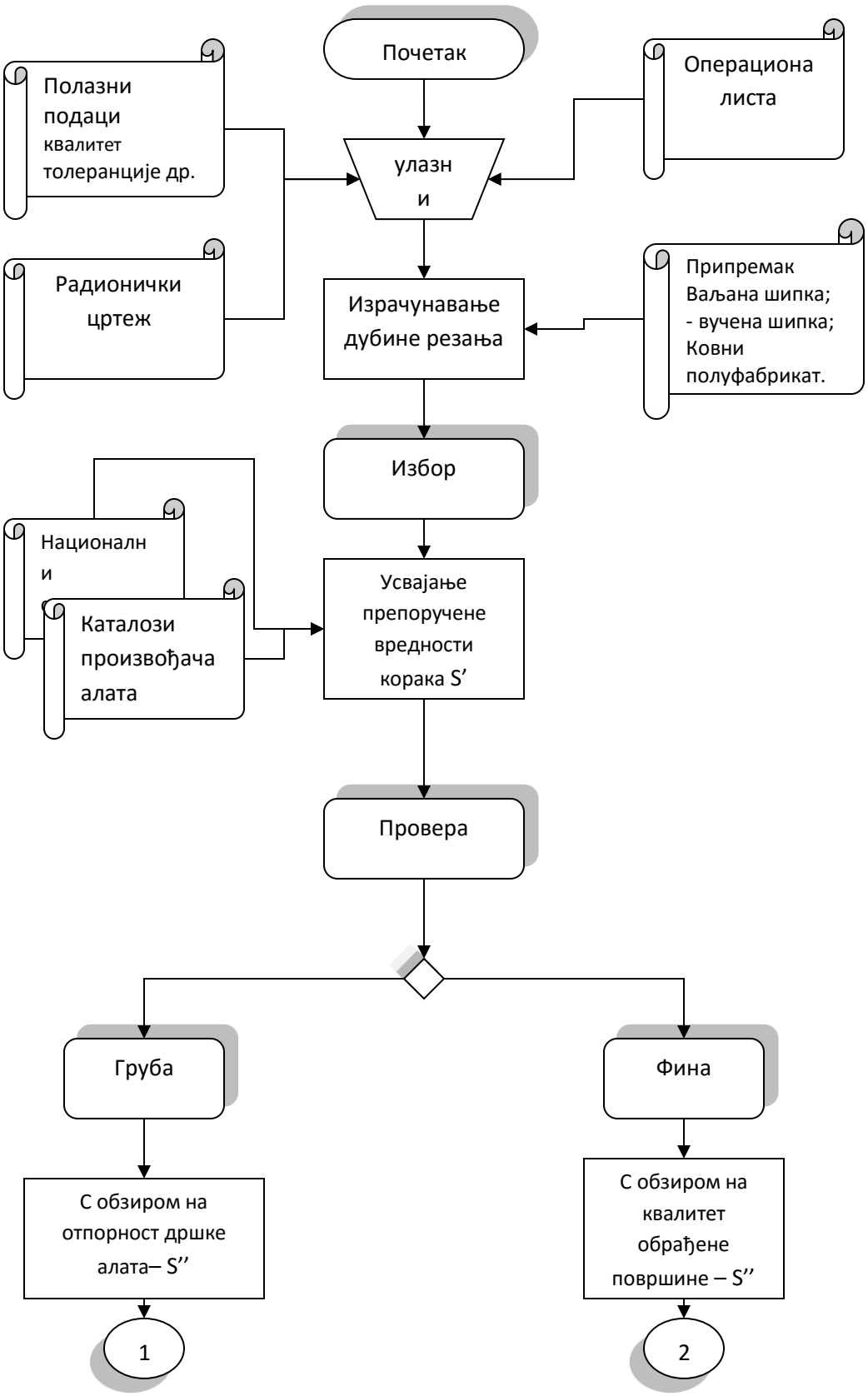
3.1 Основне напомене

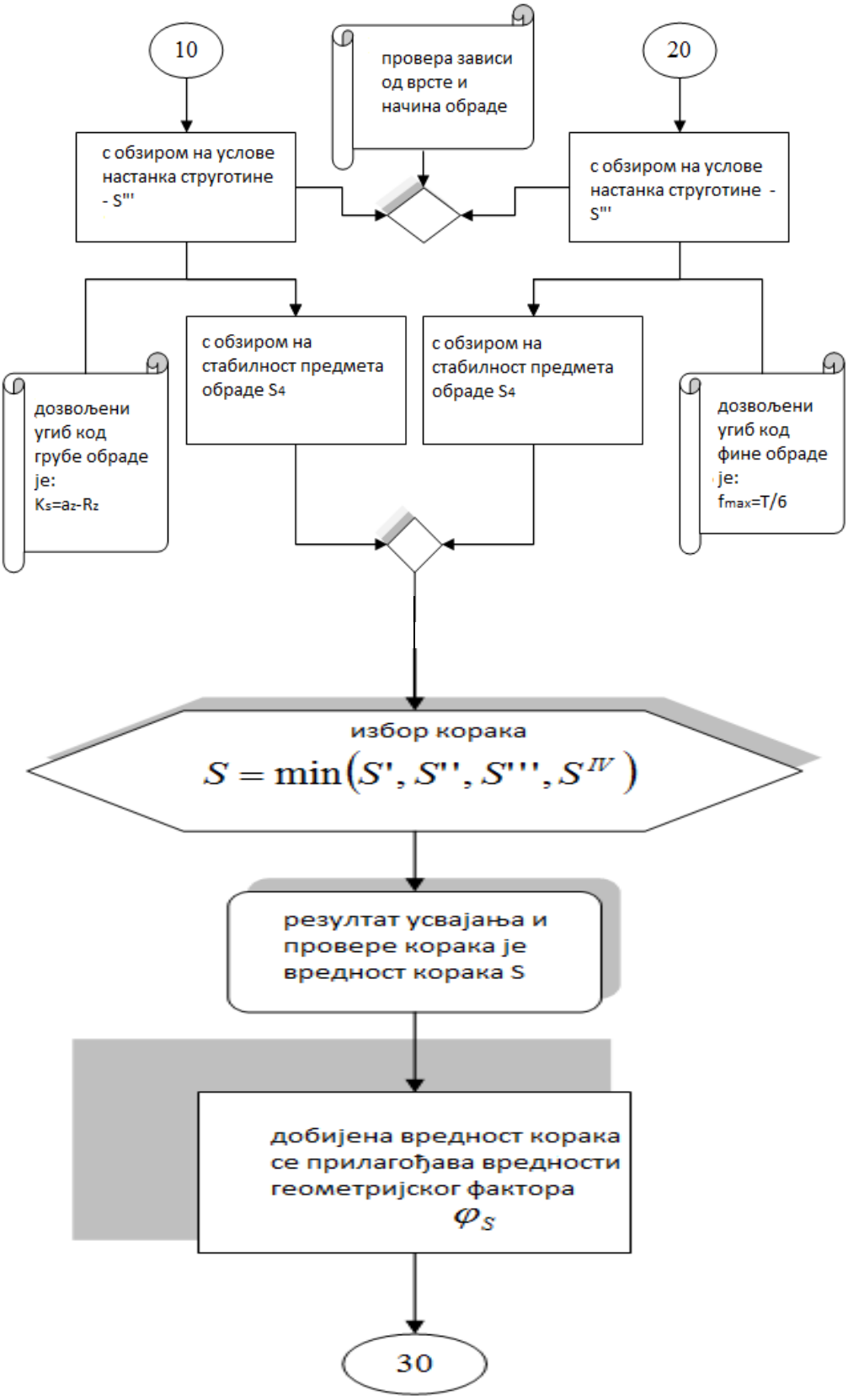
Појам алгоритам припада основним појмовима математике. Под алгоритмом се подразумева тачан пропис извршавања неког скупа операција. Алгоритми приказани у овој тачки нису алгоритми у правом смислу (не описују све операције детаљно, математички), већ се за њих може рећи да су то пре токови редоследа решавања проблема при одређивању режима обраде. Помоћу „алгоритама“ може да се изврши одређена систематизација и што је још важније може се цео поступак одређивања режима обраде упрошћено показати. То је и циљ приказивања тока избора режима помоћу алгоритама.

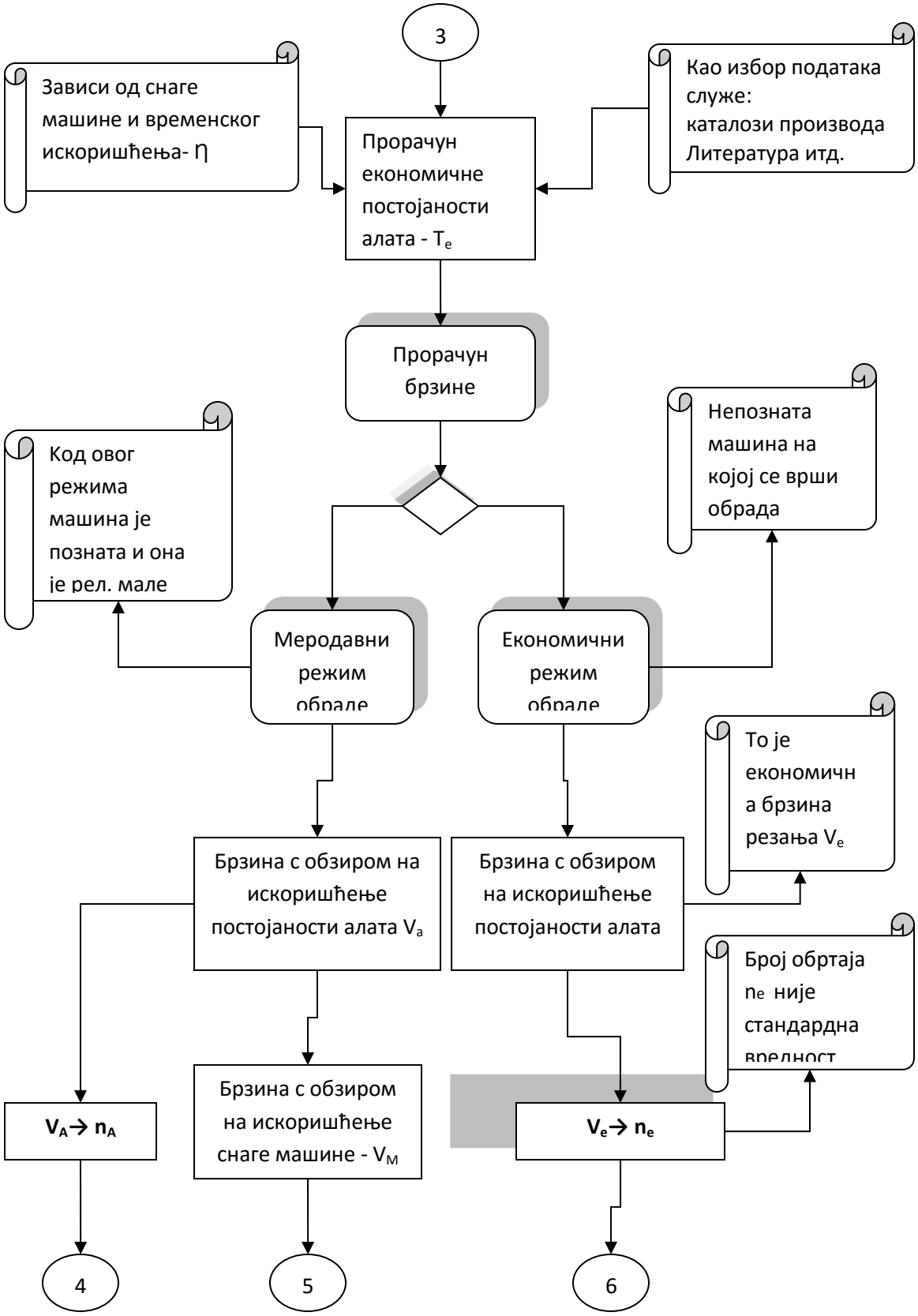
3.2 Општи ток избора режима резања

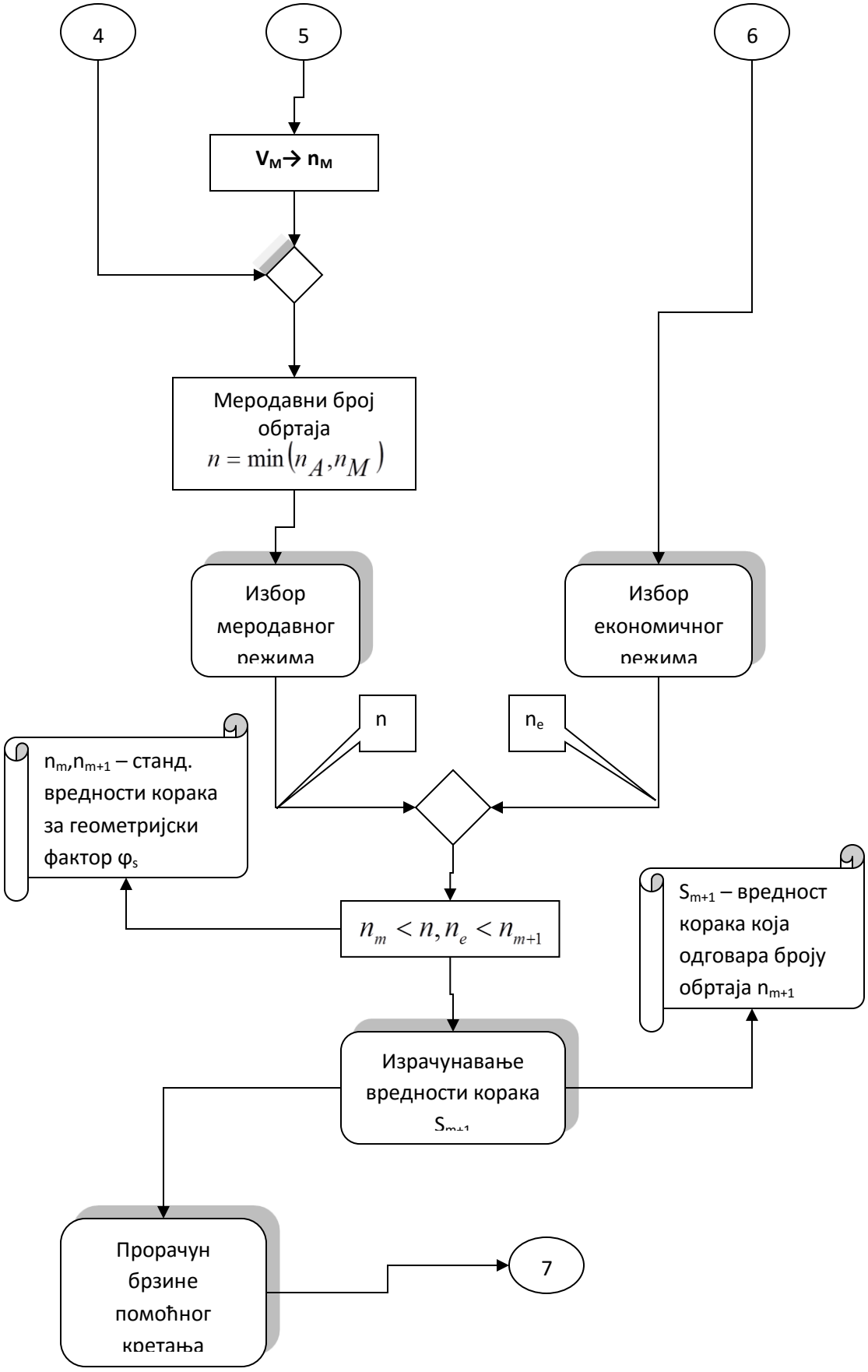
Начин избора режима обраде зависи пре свега од врсте и начина обраде. За сваку врсту обраде постоји тачно дефинисан ток избора режима обраде, а што је још важније за сваку врсту обраде постоје тачно одређени изрази и табеларни (препоручени) подаци за избор и прорачун режима обраде који важе само за ту врсту обраде. Могуће је, међутим, насупрот овим раније изреченим карактеристикама избора режима обраде донекле генерализовати цео процес и представити га у неколико главних корака (алгоритам 1).

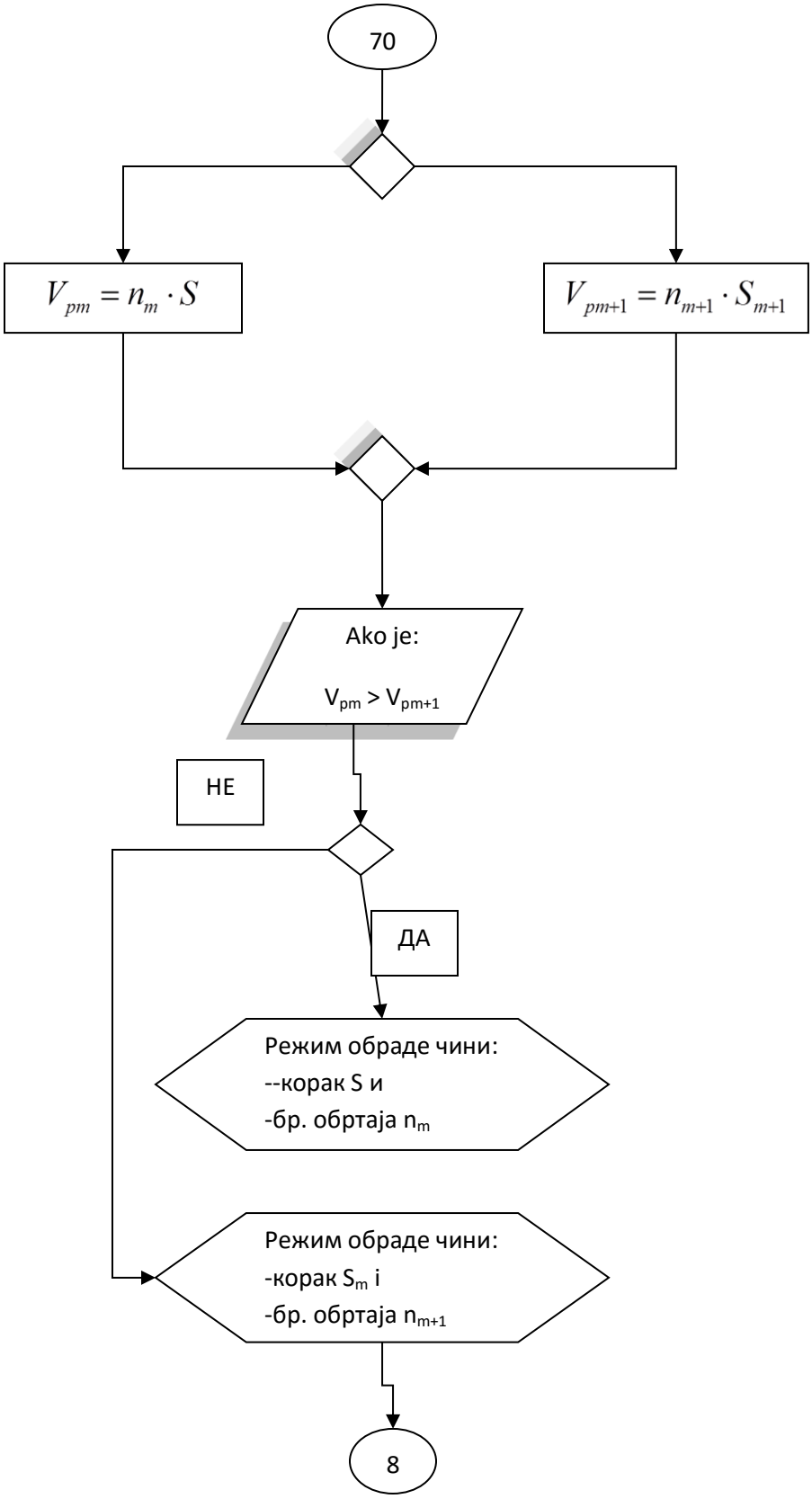
Општи ток избора режима обраде, приказан алгоритмом 1, укаазује на основне активности избора економичног, меродавног и оптималног режима у обради стругањем, бушењем, глодањем и брушењем.

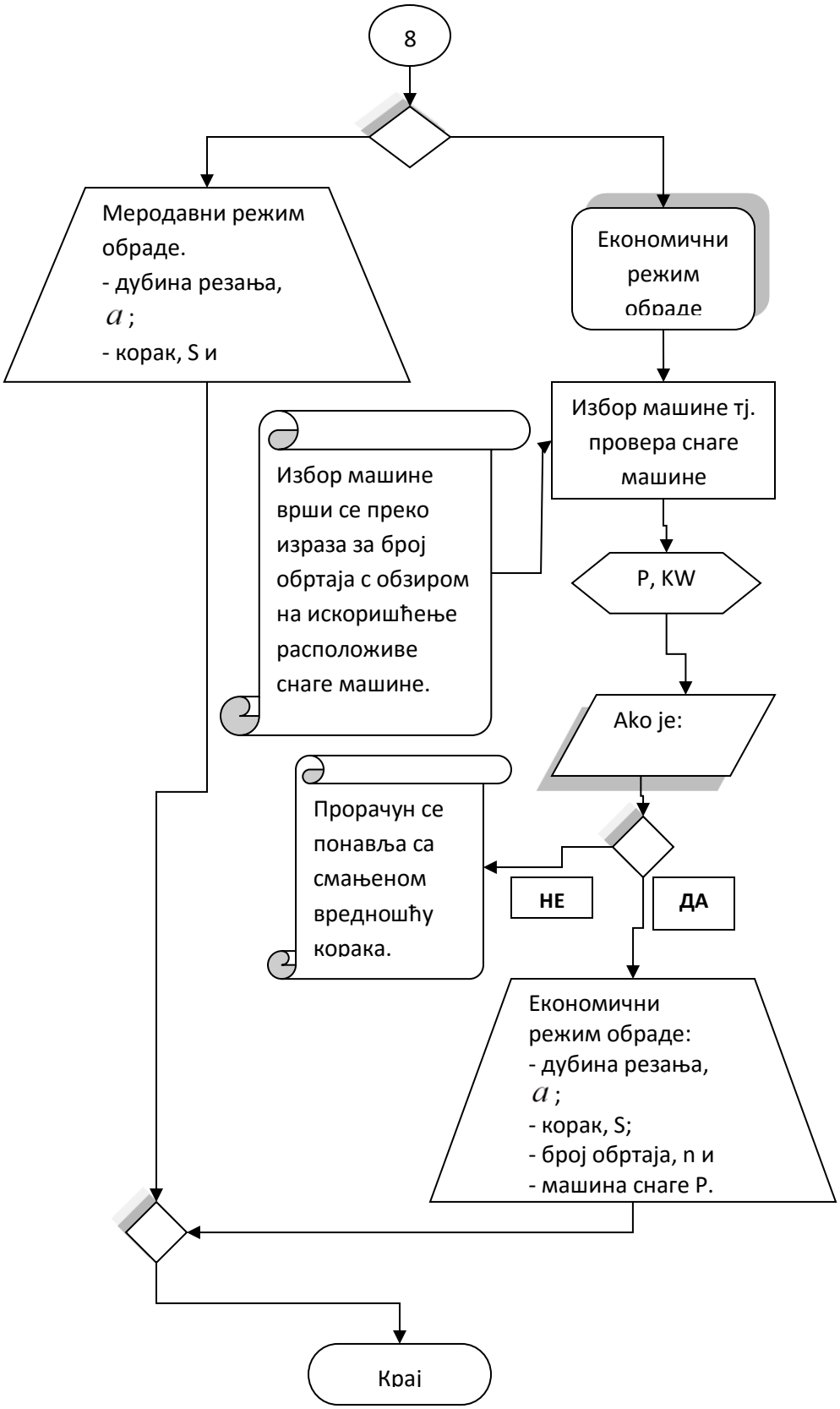

Почетак
Полазни подаци квалитет толеранције др.
Операциона листа
улазни
Радионички цртеж
Израчунавање дубине резања
Припремак Ваљана шипка; - вучена шипка; Ковни полуфабрикат.
Избор
Национални
Каталози произвођача алата
Усвајање препоручене вредности корака S'
Провера
Груба
Фина
С обзиром на отпорност дршке алата– S''
С обзиром на квалитет обрађене површине – S''
1
2


10
20
провера зависи од врсте и начина обраде
с обзиром на услове настанка струготине - S'''
с обзиром на услове настанка струготине - S'''
с обзиром на стабилност предмета обраде S4
с обзиром на стабилност предмета обраде S4
дозвољени угиб код грубе обраде је: Ks=az-Rz
дозвољени угиб код фине обраде је: fmax=T/6
избор корака
$S = \min(S', S'', S''', S^{IV})$
резултат усвајања и провере корака је вредност корака S
добијена вредност корака се прилагођава вредности геометријског фактора φ_S
30


3
Зависи од снаге машине и временског искоришћења- η
Прорачун економичне постојаности алата - T_e
Као избор података служе: каталози производа Литература итд.
Прорачун брзине
Код овог режима машина је позната и она је рел. мале
Непозната машина на којој се врши обрада
Меродавни режим обраде
Економични режим обраде
То је економична брзина резања V_e
Брзина с обзиром на искоришћење постојаности алата V_a
Брзина с обзиром на искоришћење постојаности алата
Број обртаја n_e није стандардна вредност
$V_A \rightarrow n_A$
Брзина с обзиром на искоришћење снаге машине - V_M
$V_e \rightarrow n_e$
4
5
6


4
5
6
$V_M \rightarrow n_M$
Меродавни број обртаја
$n = \min(n_A, n_M)$
Избор меродавног режима
Избор економичног режима
n
n_e
n_m, n_{m+1} – станд. вредности корака за геометријски фактор φ_s
$n_m < n, n_e < n_{m+1}$
S_{m+1} – вредност корака која одговара броју обртаја n_{m+1}
Израчунавање вредности корака S_{m+1}
Прорачун брзине помоћног кретања
7


70
$V_{pm} = n_m \cdot S$
$V_{pm+1} = n_{m+1} \cdot S_{m+1}$
Ako je:
$V_{pm} > V_{pm+1}$
НЕ
ДА
Режим обраде чини:
--корак S и
-бр. обртаја n_m
Режим обраде чини:
-корак S_m i
-бр. обртаја n_{m+1}
8


8
Меродавни режим обраде.
- дубина резања, a;
- корак, S и
Економични режим обраде
Избор машине тј. провера снаге машине
Избор машине врши се преко израза за број обртаја с обзиром на искоришћење расположиве снаге машине.
P, KW
Ako je:
Прорачун се понавља са смањеном вредношћу корака.
НЕ
ДА
Економични режим обраде:
- дубина резања, a;
- корак, S;
- број обртаја, n и
- машина снаге P.
Крај

4. ПРОГРАМСКА АПЛИКАЦИЈА

Постоји много различитих програма (апликативних софтвера) који се могу користити за одређивање режима обраде. За одређивање режима обраде могу се, са већом или мањом успешношћу, користити сви програми који врше аутоматску калкулацију и оптимизацију унетих података, у овом случају параметара за избор режима.

Microsoft Excel је програм за табеларне прорачуне софтверске куће Microsoft. Један је од најзаступљенијих програма те врсте. Популарност Excel-а заснована је на веома прихватљивом концепту на ком се заснивају програми за рад са унакрсним табелама, чији је Excel представник.

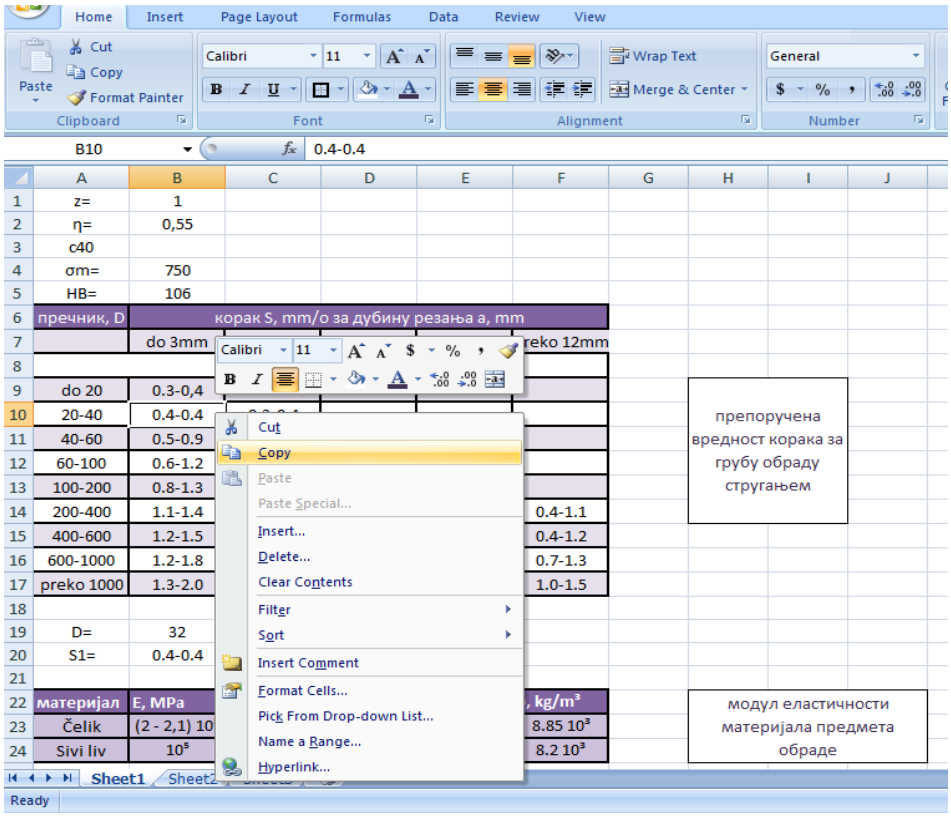
Овај програм користи мрежу ћелија поређаних у редове означене бројевима и колоне означене словима помоћу којих се управља подацима преко аритметичких операција. Садржи функције које задовољавају потребе статистичара, инжењера као и економиста. Поред тога, овај програм може податке да приказује у виду графика, хистограма и графикона. Омогућава издвајање података како би се уочила његова зависност од различитих фактора. Excel садржи и опцију за програмирање омогућујући кориснику различите нумеричке методе, као на пр. решавање диференцијалних једначина.

У средишту Excel-овог екрана налази се прозор радне књиге са приказаним активним радним листом. Линија наслова приказује назив програма и назив документа који уређујемо. Линија менија садржи 9 главних падајућих менија где можемо уређивати, уметати, додавати алате као и тражити помоћ.

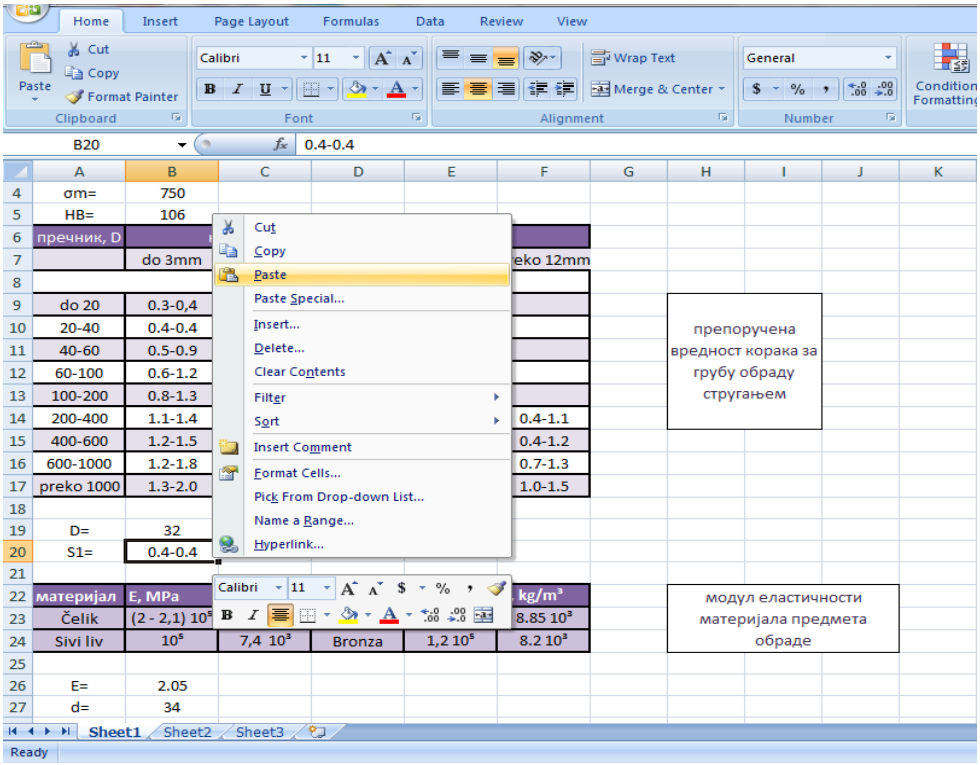
Овом апликацијом није постигнут потпун учинак аутоматског прорачуна режима обраде стругањем јер је предвиђено да се вредности из исцртаних табела копирају у одговарајућа поља. Олакшан је сам прорачун јер су све табеле већ унете у апликацију па нема потребе за тражењем истих, а сви обрасци су већ унети и уносом задатих полазних вредности апликација сама прорачунава потребне вредности главних параметара режима обраде.

На исти начин могле би се одрадити апликације и за остале типове обраде, бушење, глодање, брушење, итд.

На сликама 7а и 7б приказан је начин уношења вредности корака а на основу дужине пречника. Дакле, сами одаберемо вредност корака у зависности од задатог пречника, прекопирамо вредност и унесемо је у дато поље. Слика 8 приказује израчунавање момента инерције, на основу дужине пречника. Када променимо вредност пречника, промениће се и вредност момента инерције, програм ће сам израчунати ту промену на основу обрасца који је већ унет. У наставку је на слици 9 приказано прорачунавање вредности корака с обзиром на квалитет обрађене површине. На основу изабраних вредности коефицијента и експонената главног отпора резања, као и раније израчунатог момента инерције програм израчунава вредност корака. Уколико променимо било коју од ових вредности програм ће сам аутоматски променити вредност корака.



Слика 7а: Уношење вредности корака на основу препоруке



Слика 7б: Уношење вредности корака на основу препоруке

B28 =0.05*(B27^4)

27	d=	34
28	I=	66816.8
29	б2=	3.6
30	a₂=	1.8
31	Rz=	50
32	Ks=	1.69
33	L=	45
34	μ=	0.00909091

35	предмета	Rm, MPa ili	F1			F2			F3		
36	обраде	HB	Ck1	x1	y1	Ck2	x2	y2	Ck3	x3	y3
37	сиви лив	140HB	960	1	0.73	1020	0.9	0.75	440	1.1	0.65
38		180HB	1100			1280			550		
39		200HB	1170			1410			600		
40	констру-	450	1570	1	0.78	720	0.9	0.75	440	1.1	0.55
41	кциони	600	1710			910			550		
42	челик	700	1840			1030			630		
43	Cr-Ni челик	500	1780	1	0.78	860	0.9	0.75	530	1.1	0.55
44		700	2030			1130			690		
45	Хром челик	450	1720	1	0.78	790	0.9	0.75	480	1.1	0.55
46		700	2030			1130			690		
47	Бронза	200-300	800	1	0.73	вредности отпора продирања и отпора помоћног кретања се					
48		300-380	1000								
49	Месинг	220-360	700	1	0.78						
50		360-480	850			крећу у границама: F2=(0.3-0.5)F1;F3=(0.15-0.3)F1					

константа и експоненти главног отпора резања, који се бирају на основу тврдоће и врсте материјала обраде

Слика 8: Израчунавање момента инерције на основу вредности пречника

B57 =((B26*B28*B32)/((0.4*B34)*B54*((B53^B55)*(B33^3)))^(1/B56))*100000

54	Ck1=	1840
55	x1=	1
56	y1=	0.78
57	S2=	171.590787

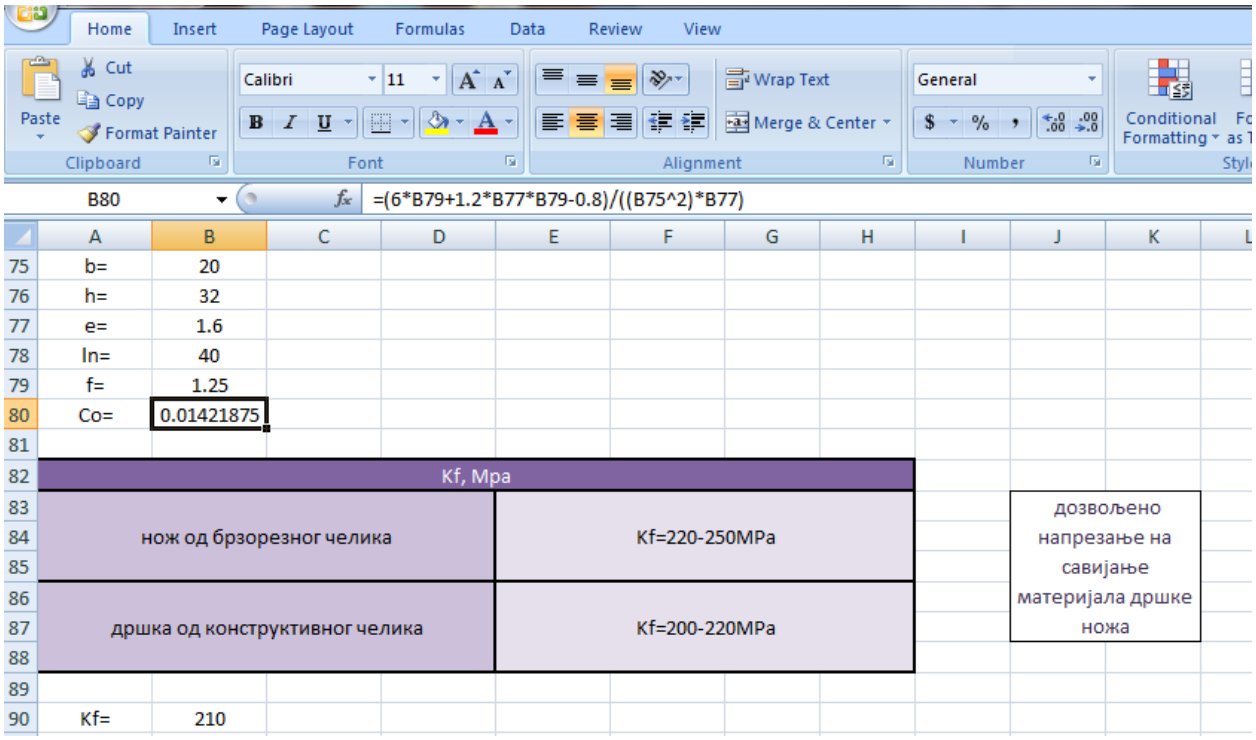
59	квадрат, b=h				правоугаони, b<h				кружни, d		
63	ознака	b, mm	h, mm	l, mm	ознака	b, mm	h, mm	l, mm	ознака	d, mm	l, mm
64	8q	8	8	90	12h	8	12	100	8r	8	125
65	10q	10	10	90	16h	10	16	110	10r	10	150
66	12q	12	12	100	20h	12	20	125	12r	12	180
67	16q	16	16	110	25h	16	25	145	16r	16	210
68	20q	20	20	125	32h	20	32	170	20r	20	250
69	25q	25	25	140	40h	25	40	200	25r	25	300
70	32q	32	32	170	50h	32	50	240	32r	32	355
71	40q	40	40	200	63h	40	63	280			
72	50q	50	50	224							

75	b=	20
76	h=	32

ширина, висина и дужина попречног пресека дршке ножа код стандардних пресека дршке стругарских ножева

Слика 9: Прорачунавање вредности корака с обзиром на квалитет обрађене површине

У даљем раду програм рачуна вредност константе Co као што је приказано на слици 10. Ова константа узима у обзир димензије попречног пресека дршке ножа. Те вредности сами усвајамо и на основу табеле 8. Као и у претходним случајевима, променом било које од ових вредности програм ће сам одредити промену константе. Након тога следи прорачун корака с обзиром на стабилност предмета обраде што је приказано на слици 11. Он зависи од претходно израчунате константе Co и од фактора Kf који се усваја на основу препорука. Слике 12а и 12б приказују прорачун корака с обзиром на дубину резања а у зафисности од коефицијента виткости струготине g, па се рачунају две вредности корака, једна за минималну (5) а друга за максималну (10) вредност овог коефицијента.



Слика 10: Прорачунавање вредности константе која узима у обзир димензије попречног пресека дршке ножа и положај алата у односу на предмет обраде

B91 =(B90/(B54*B80*B53))^(1/B56)

89		
90	Kf=	210
91	S3=	2.79549295
92	gmin=	5
93	gmax=	10
94	S41=	0.36
95	S42=	0.72
96	S=	0.36
97	Sstand=	0.355

	materijal predmeta obrade	vrsta obrade	uslovi obrade	m za alat od	
100				BČ	TM
101	čelik	uzdužna spolj. i unutr., popr. obrada i sl.	sa hlađenjem	0.125	0.15
102			bez hlađenja	0.1	0.15
103		usecanje i odsecanje	sa hlađenjem	0.25	0.15
104			bez hlađenja	0.2	0.15
105	sivi liv	uzdužna spolj. i unutr., popr. obrada i sl.	sa hlađenjem	0.1	0.2
106			bez hlađenja		
107		usecanje i odsecanje	sa hlađenjem	0.15	0.2
108			bez hlađenja		
109	legure Cu	sve vrste obrade	sa i bez hlađenja	0.15	0.2
110	legure Al i Mn	sve vrste obrade	sa i bez hlađenja	0.3	0.3
111	materijal predmeta obrade			m	n
112	ugljenični čelik tvrdoće < 130 HB			0.1-0.4	1

експонент брзине резања, бира се на основу материјала обраде, врсте обраде и услова обраде

Слика 11: Прорачун корака с обзиром на стабилност предмета обраде

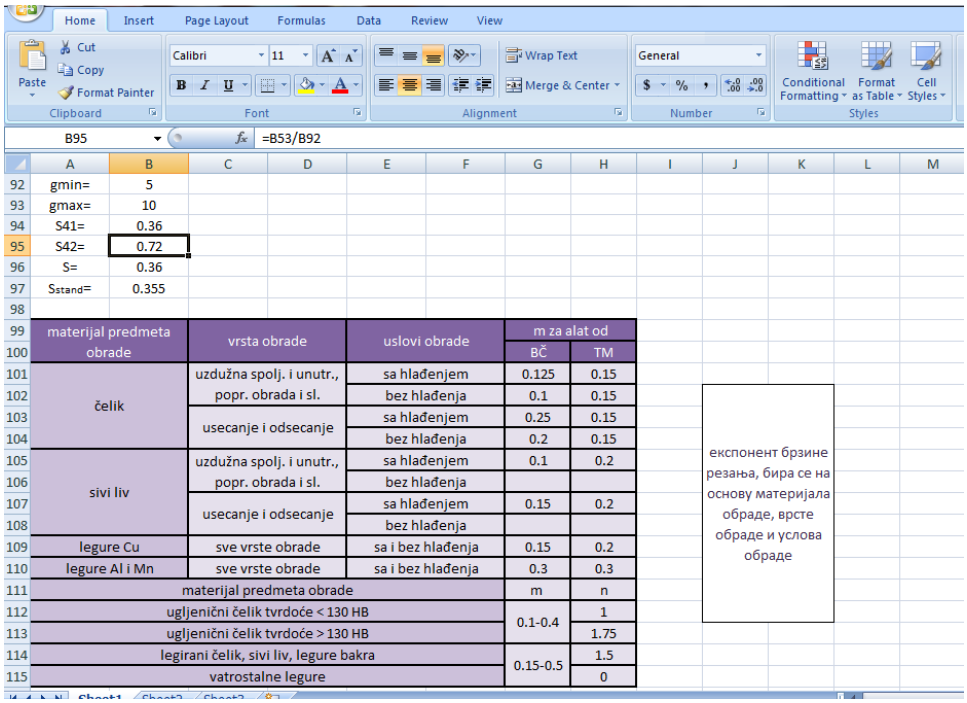
B94 =B53/B93

92	gmin=	5
93	gmax=	10
94	S41=	0.36
95	S42=	0.72
96	S=	0.36
97	Sstand=	0.355

	materijal predmeta obrade	vrsta obrade	uslovi obrade	m za alat od	
100				BČ	TM
101	čelik	uzdužna spolj. i unutr., popr. obrada i sl.	sa hlađenjem	0.125	0.15
102			bez hlađenja	0.1	0.15
103		usecanje i odsecanje	sa hlađenjem	0.25	0.15
104			bez hlađenja	0.2	0.15
105	sivi liv	uzdužna spolj. i unutr., popr. obrada i sl.	sa hlađenjem	0.1	0.2
106			bez hlađenja		
107		usecanje i odsecanje	sa hlađenjem	0.15	0.2
108			bez hlađenja		
109	legure Cu	sve vrste obrade	sa i bez hlađenja	0.15	0.2
110	legure Al i Mn	sve vrste obrade	sa i bez hlađenja	0.3	0.3
111	materijal predmeta obrade			m	n
112	ugljenični čelik tvrdoće < 130 HB			0.1-0.4	1
113	ugljenični čelik tvrdoće > 130 HB				1.75
114	legirani čelik, sivi liv, legure bakra			0.15-0.5	1.5
115	vatrostalne legure				0

експонент брзине резања, бира се на основу материјала обраде, врсте обраде и услова обраде

Слика 12а: Прорачун корака с озиром на дубину резања а у зависности од коефицијента виткости струготине



B95 =B53/B92

	A	B
92	gmin=	5
93	gmax=	10
94	S41=	0.36
95	S42=	0.72
96	S=	0.36
97	Sstand=	0.355

materijal predmeta obrade	vrsta obrade	uslovi obrade	m za alat od BČ	m za alat od TM
čelik	uzdužna spolj. i unutr., popr. obrada i sl.	sa hlađenjem	0.125	0.15
		bez hlađenja	0.1	0.15
	usecanje i odsecanje	sa hlađenjem	0.25	0.15
		bez hlađenja	0.2	0.15
sivi liv	uzdužna spolj. i unutr., popr. obrada i sl.	sa hlađenjem	0.1	0.2
		bez hlađenja		
	usecanje i odsecanje	sa hlađenjem	0.15	0.2
		bez hlađenja		
legure Cu	sve vrste obrade	sa i bez hlađenja	0.15	0.2
legure Al i Mn	sve vrste obrade	sa i bez hlađenja	0.3	0.3
materijal predmeta obrade			m	n
ugljenični čelik tvrdoće < 130 HB			0.1-0.4	1
ugljenični čelik tvrdoće > 130 HB				1.75
legirani čelik, sivi liv, legure bakra			0.15-0.5	1.5
vatrostalne legure				0

експонент брзине резања, бира се на основу материјала обраде, врсте обраде и услова обраде

Слика 12б: Прорачун корака с озиром на дубину резања а у зависности од коефицијента виткости струготине

Меродавна вредност корака одређена је на слици 13, у зависности од претходно израчунатих вредности корака узима се онај корак са најмањом вредношћу. Променом било које вредности корака програм сам ажурира вредност меродавне вредности корака. Након што се усвоји стандардна вредност корака прелази се на прорачун економичне постојаности алата. Првенствено се одређује фактор учешћа стручног радника што је приказано на слици 14, а све на основу усвојених вредности фактора К1 (бруто плата радника), К2 (бруто плата оштрача), К3 (бруто плата стручног радника). Затим се одређује вредност економичне постојаности алати на бази трошкова обраде (Те), слика 15. Вредност економичне постојаности зависи од усвојених вредности експонента постојаности алата (табела 17) и константе и експонената брзине резања за уздужну и попречну обраду (табела 18). На слици 16 приказан је начин усвајања константе брзине резања у зависности од вредности корака као и од врсте материјала, док се на сликама 17а и 17б може видети начин усвајања експонената брзине резања на исти начин као што је усвојена и константа.

B96 =MIN(B20,B57,B91,B94,B95)

	A	B
74		
75	b=	20
76	h=	32
77	e=	1.6
78	ln=	40
79	f=	1.25
80	Co=	0.01421875
81		
90	Kf=	210
91	S3=	2.79549295
92	gmin=	5
93	gmax=	10
94	S41=	0.36
95	S42=	0.72
96	S=	0.36
97	Sstand=	0.355

Kf, Mpa	
нож од брзорезног челика	Kf=220-250MPa
дршка од конструктивног челика	Kf=200-220MPa

дозвољено напрезање на савијање материјала дршке ножа

Слика 13: Одређивање меродавне вредности корака

B123 =1+(B120*B121)/(B118*B122)

	A	B
119	K2=	2.9
120	K3=	3.2
121	N1=	1
122	N2=	2
123	n1=	1.57142857
124	i=	5
125	Ca=	400
126	t1=	2
127	t2=	3
128	Te=	303.981481

материјал алата	материјал предмета обраде	корак S, mm/o	услови обраде					
			са хлађењем			без хлађења		
			Cv1	x1	y1	Cv1	x1	y1
брзорезни челик	челик, легуре Al i Mn	<0.25	96.2	0.25	0.33	52.5	0.25	0.5
		>0.25	60.8		0.66	42		0.66
	ковано гвожђе	<0.25	55.4	0.2	0.25	42.6	0.2	0.4
		>0.25	47.4		0.5	24.5		
тврди метал	сиви лив, челик, легуре Cu	фина обрада				43.2	0.15	0.3
		груба обрада				32.6		0.4
	челик, легуре Al, Mn	<0.30	257	0.18	0.2	242	0.18	0.2
		0.3-0.75	294		0.35	267		0.35
		>0.75	285		0.45	259		0.45

константа и експоненти брзине резања у зависности од услова обраде, материјала предмета обраде и вредности корака

Слика 14: Одређивање фактора учешћа стручног радника

B128 =((1-B117)/B117)*((B123*B118*B126+B119*B127+(B125/(B124+1))/(B123+1)))

K2=	2.9	
K3=	3.2	
N1=	1	
N2=	2	
n1=	1.57142857	
i=	5	
Ca=	400	
t1=	2	
t2=	3	
Te=	303.981481	

материјал алата	материјал предмета обраде	корак S, mm/o	услови обраде					
			са хлађењем			без хлађења		
			Cv1	x1	y1	Cv1	x1	y1
брзорезни челик	челик, легуре Al i Mn	<0.25	96.2	0.25	0.33	52.5	0.25	0.5
		>0.25	60.8		0.66	42		0.66
	ковано гвожђе	<0.25	55.4	0.2	0.25	42.6	0.2	0.4
		>0.25	47.4		0.5	24.5		
тврди метал	сиви лив, челик, легуре Cu	фина обрада				43.2	0.15	0.3
		груба обрада				32.6		0.4
	челик, легуре Al, Mn	<0.30	257	0.18	0.2	242	0.18	0.2
		0.3-0.75	294		0.35	267		0.35
		>0.75	285		0.45	259		0.45

константа и експоненти брзине резања у зависности од услова обраде, материјала предмета обраде и вредности корака

Слика 15: Одређивање економичне постојаности алата на бази трошкова обраде

B143 =IF(B96>0.25,60.8,96.2)

материјал алата	материјал предмета обраде	корак S, mm/o	услови обраде					
			са хлађењем			без хлађења		
			Cv1	x1	y1	Cv1	x1	y1
брзорезни челик	челик, легуре Al i Mn	<0.25	96.2	0.25	0.33	52.5	0.25	0.5
		>0.25	60.8		0.66	42		0.66
	ковано гвожђе	<0.25	55.4	0.2	0.25	42.6	0.2	0.4
		>0.25	47.4		0.5	24.5		
тврди метал	сиви лив, челик, легуре Cu	фина обрада				43.2	0.15	0.3
		груба обрада				32.6		0.4
	челик, легуре Al, Mn	<0.30	257	0.18	0.2	242	0.18	0.2
		0.3-0.75	294		0.35	267		0.35
		>0.75	285		0.45	259		0.45

константа и експоненти брзине резања у зависности од услова обраде, материјала предмета обраде и вредности корака

Cv1=	60.8
x1=	0.25
y1=	0.66
n=	1

материјал предмета обраде	Km	материјал предмета обраде	Km
угљенични челици са C<0.6%	1	алатни челици	0.75
угљенични челици са C>0.6%	0.85	брзорезни и нерђајући челици	0.65
челици за аутомате	1.2	сиви лив, ковано гвожђе, легуре Cu	1
челици легирани Cr, Ni i Mo	1.1	алуминијум и силумен	5
челици легирани Mn, Cr, Mo, W	0.9	електрон са Rm=160MPa	6.5

корекциони фактор који узима у обзир утицај материјала предмета обраде

Слика 16: Усвајање вредности константе брзине резања а на основу вредности корака

B144 =IF(B96<0.25,0.25,0.25)

материјал алата	материјал предмета обраде	корак S, mm/o	услови обраде					
			са хлађењем			без хлађења		
			Cv1	x1	y1	Cv1	x1	y1
брзорезни челик	челик, легуре Al i Mn	<0.25	96.2	0.25	0.33	52.5	0.25	0.5
		>0.25	60.8		0.66	42		0.66
	ковано гвожђе	<0.25	55.4	0.2	0.25	42.6	0.2	0.4
		>0.25	47.4		0.5	24.5		
тврди метал	сиви лив, челик, легуре Cu	фина обрада				43.2	0.15	0.3
		груба обрада				32.6		0.4
	челик, легуре Al, Mn	<0.30	257	0.18	0.2	242	0.18	0.2
		0.3-0.75	294		0.35	267		0.35
		>0.75	285		0.45	259		0.45

константа и експоненти брзине резања у зависности од услова обраде, материјала предмета обраде и вредности корака

Cv1=	60.8
x1=	0.25
y1=	0.66
n=	1

материјал предмета обраде	Km	материјал предмета обраде	Km
угљенични челици са C<0.6%	1	алатни челици	0.75
угљенични челици са C>0.6%	0.85	брзорезни и нерђајући челици	0.65
челици за аутомате	1.2	сиви лив, ковано гвожђе, легуре Cu	1
челици легирани Cr, Ni i Mo	1.1	алуминијум и силумен	5
челици легирани Mn, Cr, Mo, W	0.9	електрон са Rm=160MPa	6.5

корекциони фактор који узима у обзир утицај материјала предмета обраде

Слика 17а.: усвајање вредности коефицијената брзине резања а на основу вредности корака

B145 =IF(B96>0.25,0.66,0.33)

материјал алата	материјал предмета обраде	корак S, mm/o	услови обраде					
			са хлађењем			без хлађења		
			Cv1	x1	y1	Cv1	x1	y1
брзорезни челик	челик, легуре Al i Mn	<0.25	96.2	0.25	0.33	52.5	0.25	0.5
		>0.25	60.8		0.66	42		0.66
	ковано гвожђе	<0.25	55.4	0.2	0.25	42.6	0.2	0.4
		>0.25	47.4		0.5	24.5		
тврди метал	сиви лив, челик, легуре Cu	фина обрада				43.2	0.15	0.3
		груба обрада				32.6		0.4
	челик, легуре Al, Mn	<0.30	257	0.18	0.2	242	0.18	0.2
		0.3-0.75	294		0.35	267		0.35
		>0.75	285		0.45	259		0.45

константа и експоненти брзине резања у зависности од услова обраде, материјала предмета обраде и вредности корака

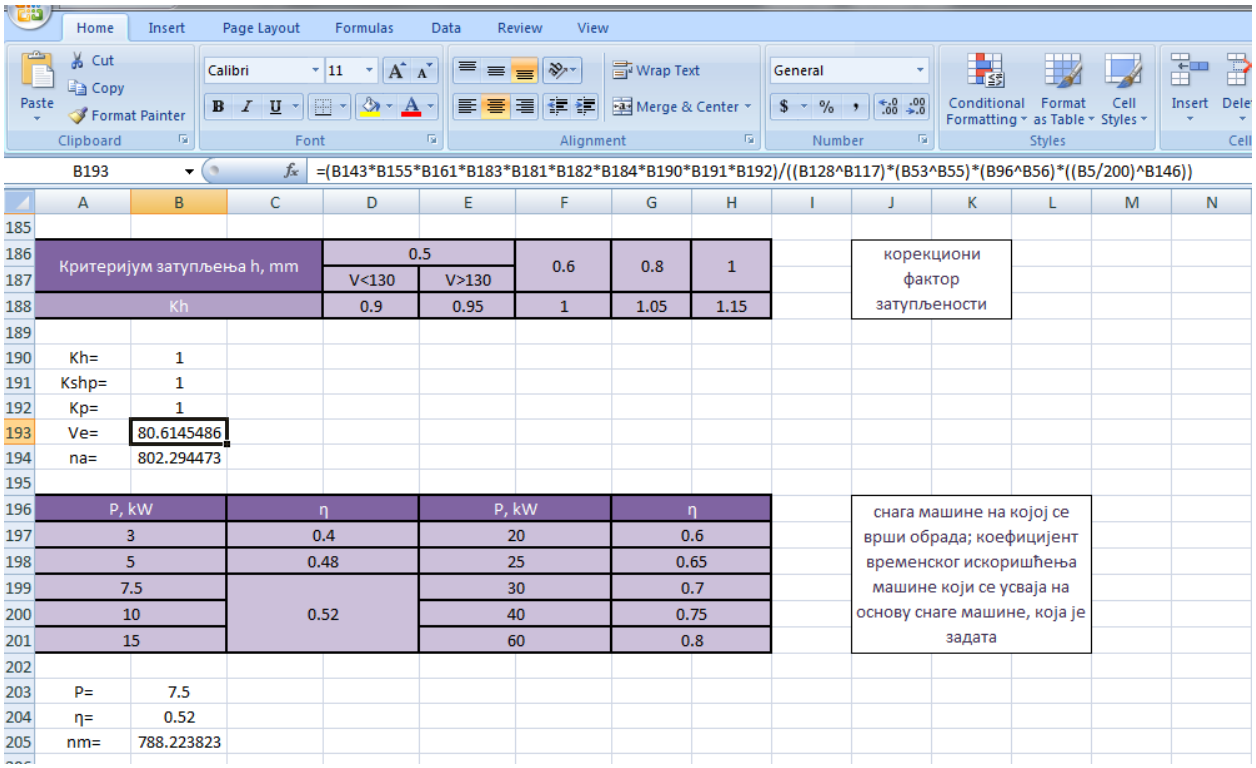
Cv1=	60.8
x1=	0.25
y1=	0.66
n=	1

материјал предмета обраде	Km	материјал предмета обраде	Km
угљенични челици са C<0.6%	1	алатни челици	0.75
угљенични челици са C>0.6%	0.85	брзорезни и нерђајући челици	0.65
челици за аутомате	1.2	сиви лив, ковано гвожђе, легуре Cu	1
челици легирани Cr, Ni i Mo	1.1	алуминијум и силумен	5
челици легирани Mn, Cr, Mo, W	0.9	електрон са Rm=160MPa	6.5

корекциони фактор који узима у обзир утицај материјала предмета обраде

Слика 17б: усвајање вредности коефицијената брзине резања а на основу вредности корака

Даљим прорачуном долазимо до вредности брзине резања с обзиром на искоришћење постојаности алата, што је приказано на слици 18. Она зависи од неколико корекционих фактора, од претходно одређене економичне постојаности алата као и од усвојене стандардне вредности корака. Када добијемо вредност брзине, рачунамо њој одговарајући број обртаја, слика 19. Ова вредност зависи, осим од брзине резања, и од задатог пречника. Након што усвојимо коефицијент временског искоришћења машине (табела 25), а на основу задате снаге, можемо израчунати број обртаја на основу искоришћења расположиве снаге машине, као на слици 20.



Слика 18: Прорачунавање брзине резања с обзиром на искоришћење постојаности алата

B194 =(1000*B193)/(B19*3.14)

Критеријум затупљења h, mm	0.5		0.6	0.8	1
	V<130	V>130			
Kh	0.9	0.95	1	1.05	1.15

корекциони фактор затупљености

Kh=	1
Kshp=	1
Kp=	1
Ve=	80.6145486
na=	802.294473

P, kW	η	P, kW	η
3	0.4	20	0.6
5	0.48	25	0.65
7.5	0.52	30	0.7
10		40	0.75
15		60	0.8

снага машине на којој се врши обрада; коефицијент временског искоришћења машине који се усваја на основу снаге машине, која је задата

P=	7.5
η=	0.52
nm=	788.223823

Слика 19: Прорачун броја обртаја на основу економичне брзине резања

B205 =(1.91*10000000*B203*B204)/(B19*B54*(B53^B55)*(B97^B56))

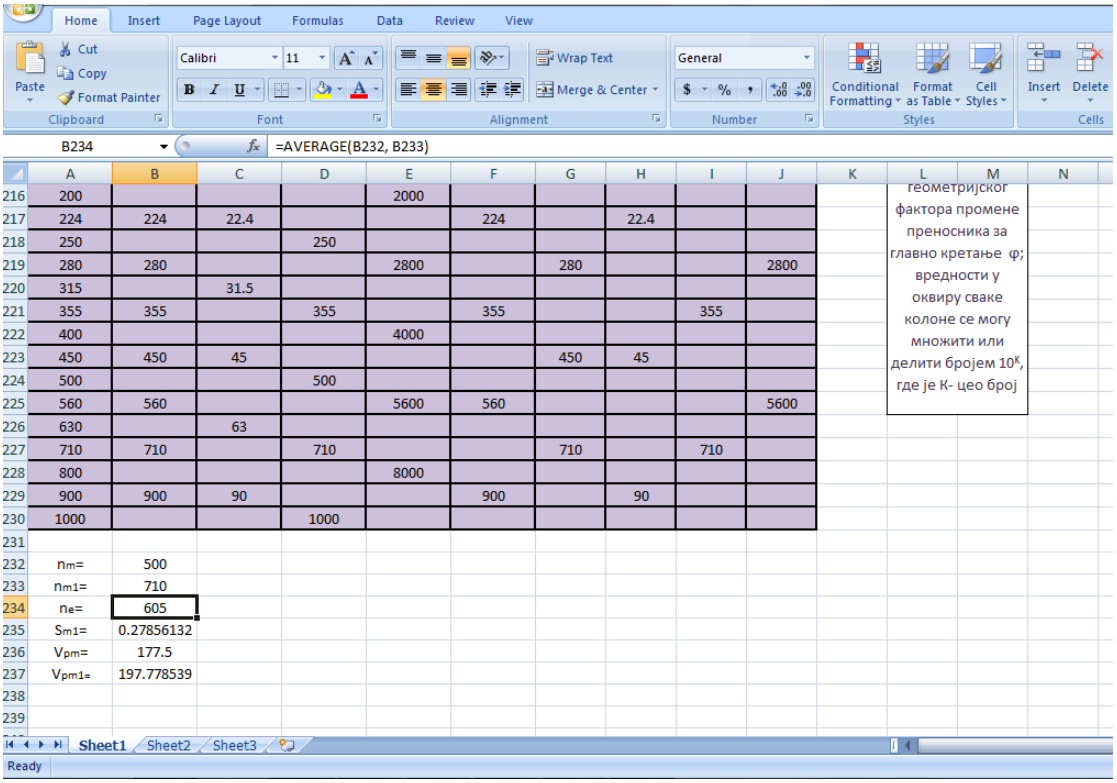
η=	0.52
nm=	788.223823

основни ред		изведени ред			основни ред		изведени ред		
R20	R10	R20/3			R5		R10/3		
ф=1.12	ф=1.25	ф=1.4			ф=1.6		ф=2		
100									
112	112	11.2				112	11.2		
125			125						
140	140			1400	140				1400
160		16							
180	180		180			180		180	
200				2000					
224	224	22.4			224		22.4		
250			250						
280	280			2800		280			2800
315		31.5							
355	355		355		355			355	
400				4000					
450	450	45				450	45		
500			500						
560	560			5600	560				5600
630		63							
710	710		710			710		710	

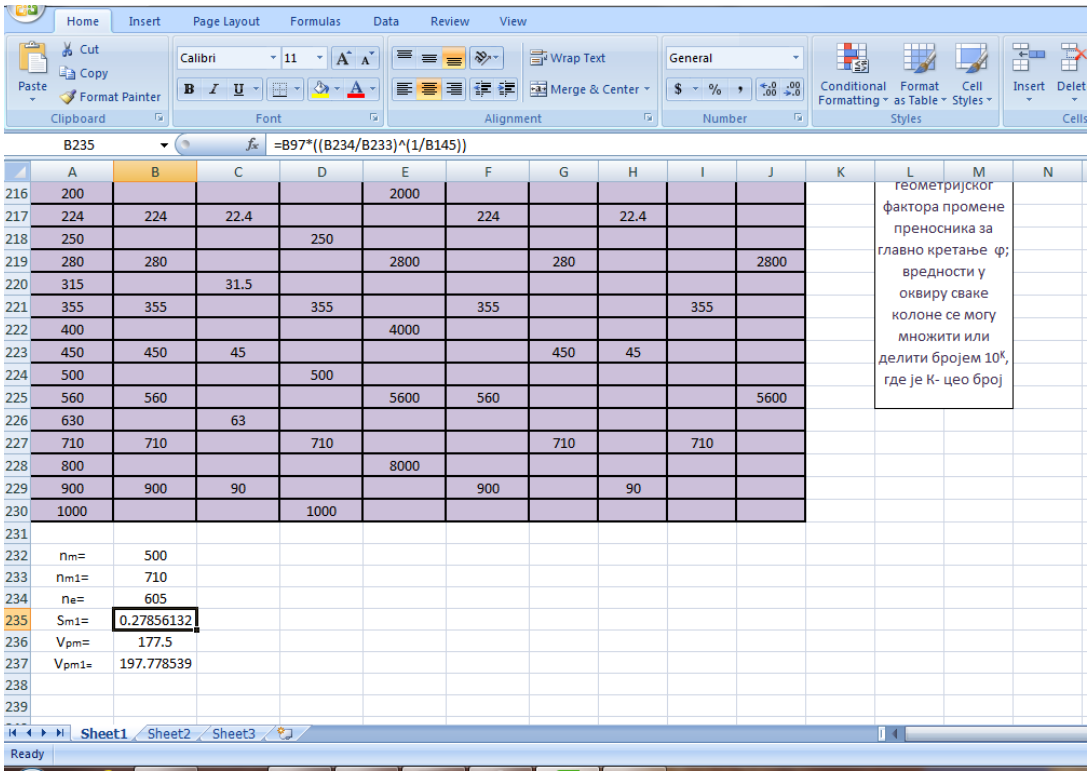
стандардне вредности бројева обртаја у зависности од геометријског фактора промене преносника за главно кретање φ; вредности у оквиру сваке колоне се могу множити или делити бројем 10^K, где је К- цео број

Слика 20: Број обртаја на основу искоришћења расположиве снаге машине

Након усвајања стандардне вредности корака за одређени геометријски фактор промене (табела 24), а на основу претходно добијене вредности броја обртаја, следи израчунавање средње вредности меродавног броја обртаја, слика 21. При коришћењу већег стандардног броја обртаја потребно је прорачунати корак који припада њему, што је приказано на слици 22. Следећи корак у избору меродавног режима обраде је рачунање производа корака и броја обртаја за оба случаја, односно помоћних брзина, слике 23, 24.



Слика 21: Средња вредност меродавног броја обртаја

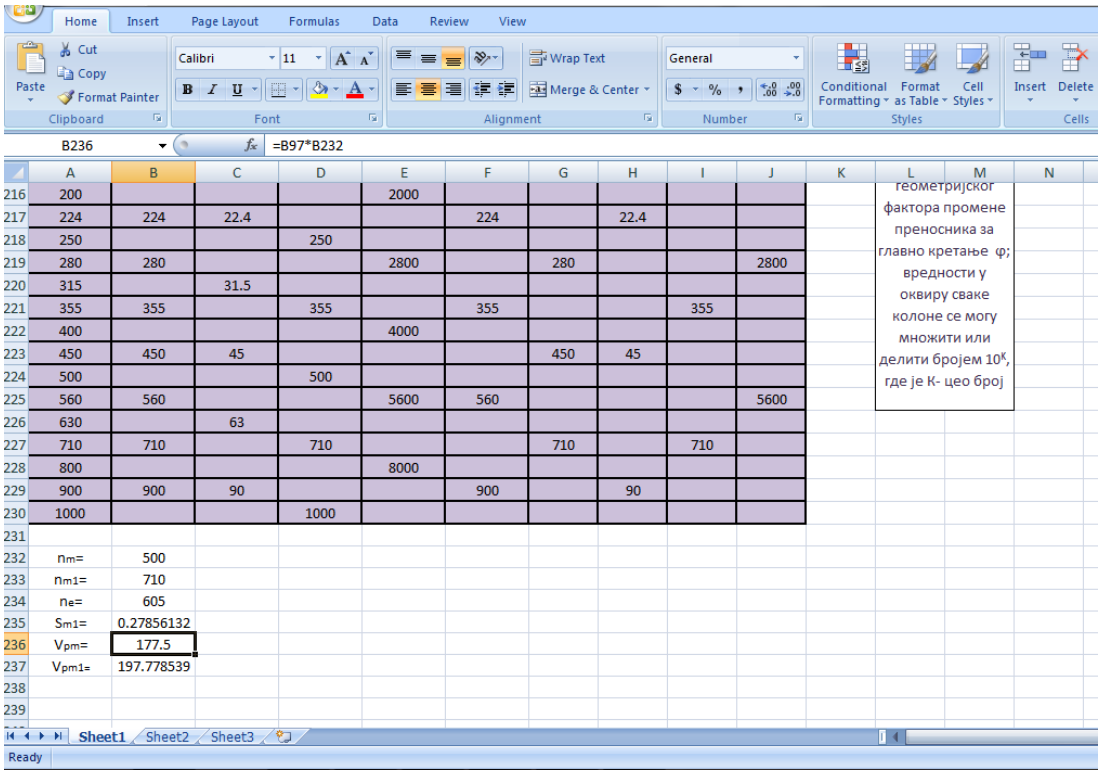


B235 =B97*((B234/B233)^(1/B145))

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
216	200				2000					
217	224	224	22.4			224		22.4		
218	250			250						
219	280	280			2800		280			2800
220	315		31.5							
221	355	355		355		355			355	
222	400				4000					
223	450	450	45				450	45		
224	500			500						
225	560	560			5600	560				5600
226	630		63							
227	710	710		710			710		710	
228	800				8000					
229	900	900	90			900		90		
230	1000			1000						
231										
232	nm=	500								
233	nm1=	710								
234	ne=	605								
235	Sm1=	0.27856132								
236	Vpm=	177.5								
237	Vpm1=	197.778539								

геометријског фактора промене преносника за главно кретање φ; вредности у оквиру сваке колоне се могу множити или делити бројем 10^K, где је К- цео број

Слика 22: Прорачун корака за већи стандардни број обртаја

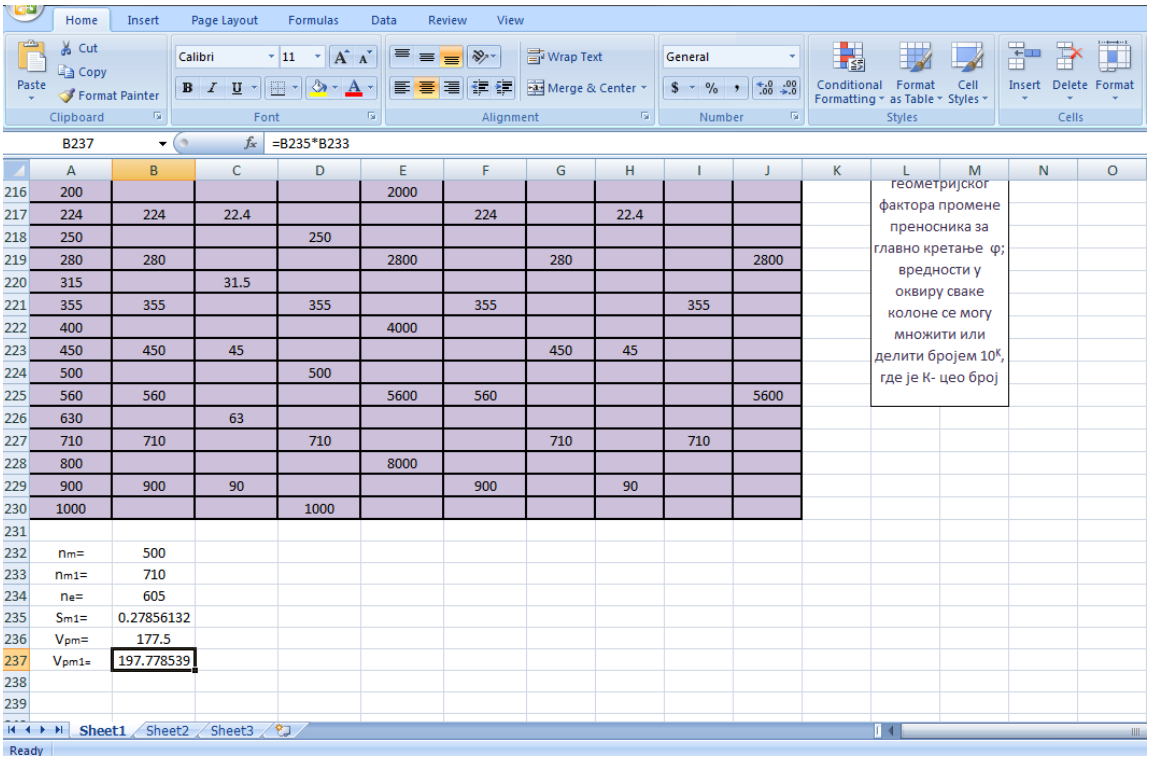


B236 =B97*B232

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
216	200				2000					
217	224	224	22.4			224		22.4		
218	250			250						
219	280	280			2800		280			2800
220	315		31.5							
221	355	355		355		355			355	
222	400				4000					
223	450	450	45				450	45		
224	500			500						
225	560	560			5600	560				5600
226	630		63							
227	710	710		710			710		710	
228	800				8000					
229	900	900	90			900		90		
230	1000			1000						
231										
232	nm=	500								
233	nm1=	710								
234	ne=	605								
235	Sm1=	0.27856132								
236	Vpm=	177.5								
237	Vpm1=	197.778539								

геометријског фактора промене преносника за главно кретање φ; вредности у оквиру сваке колоне се могу множити или делити бројем 10^K, где је К- цео број

Слика 23: Прорачунавање брзине помоћног кретања на основу меродавног броја обртаја и корака



B237 =B235*B233

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
216	200				2000					
217	224	224	22.4			224		22.4		
218	250			250						
219	280	280			2800		280			2800
220	315		31.5							
221	355	355		355		355			355	
222	400				4000					
223	450	450	45				450	45		
224	500			500						
225	560	560			5600	560				5600
226	630		63							
227	710	710		710			710		710	
228	800				8000					
229	900	900	90			900		90		
230	1000			1000						
231										
232	n_m=	500								
233	n_{m1}=	710								
234	n_e=	605								
235	S_{m1}=	0.27856132								
236	V_{pm}=	177.5								
237	V_{pm1}=	197.778539								

геометријског фактора промене преносника за главно кретање φ; вредности у оквиру сваке колоне се могу множити или делити бројем 10^K, где је К- цео број

Слика 24: Меродавни режим обраде чине корак и број обртаја који дају већу вредност производа, односно брзине помоћног кретања

5. ЗАКЉУЧАК

У савременим производним условима тржишне економије једно металопрерађивачко предузеће које се бави обрадом метала резањем да би опстало мора тржишту понудити производ високог нивоа квалитета по приступачним ценама. Да би се тај циљ остварио морају се детаљно проучити могућности производне опреме, и средстава којима се директно обрада изводи, да би се ти потенцијали узели у обзир при прорачуну параметара режима обраде и тиме максимално искористили.

Максимално искоришћење постојећих алатних машина и коришћених алата, а самим тим и редуковање трошкова производње може се остварити коришћењем нових (побољшаних) проширених израза који фигуришу у поступку прорачуна режима и коришћењем нових вредности коефицијената који се користе у прорачуну. Смањење трошкова производње се остварује и смањењем времена потребног за прорачун режима обраде. Брже и прецизније одређивање режима обраде остварује се коришћењем специјализованих софтвера који у себи могу имати и базе података са свим потребним подацима за прорачун режима.

Циљ овог рада било је прављење апликације помоћу које ће се убрзати процес одређивања режима обраде у обради метала грубим стругањем. На исти начин може се одрадити апликација за остале видове обраде. Овај рад може се даље унапређивати како би се добила апликација која кликом уноси вредности из табела, без потребе за копирањем.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. *Лазић М., Недић Б., Митровић С., Технологија обраде метала резањем, избор режима обраде, Машински факултет, Крагујевац, 2002.*

2. *Недић Б., Тадић Б., Обрада метала резањем, прорачун елемената режима обраде, збирка решених задатака, скрипта, Машински факултет, 2000.*

3. *Лазић М., Технологија обраде метала резањем, уџбеник, Машински факултет, Крагујевац, 2002.*

4. *Лазић М., Обрада метала резањем, збирка решених задатака, Машински факултет, Крагујевац, 1982.*

5. *Калајџић М., Тановић Љ., Технологија обраде резањем, приручник, Машински факултет, Београд, 1998.*