Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука

Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Производно машинство
Предмет: Производне технологије
Број индекса: 6/2013

Драгомир С. Армуш

Примена *Excel* софтвера за прорачун режима обраде метала резањем

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Богдан Недић
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру свог дипломског рада кандидат треба да размотри проблематику избора режима обраде у обради метала за пар основних видова обраде (стругање, глодање..). Радом треба обухватити детаљан приказ поступка избора режима обраде у обради изабраних видова обраде и развити програмске апликације за прорачун режима обраде за карактеристичне примере изабраних видова обраде.

Рад треба да садржи следеће целине:

1. Увод
2. Економични или меродавни избор режима обраде,
3. Избор режима обраде у обради стругањем,
4. Избор режима обраде у обради глодањем,
5. Програмску апликацију поступка прорачуна режима обраде
6. Закључак
7. Литературу

Препоручена литература :

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

[2] Калајџић М., Тановић Љ., *Технологија обраде резањем, приручник,* Машински факултет, Београд, 1998.

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

У Крагујевцу Ментор:

Септембар 2017 Проф. Др Богдан Недић

Резиме

Обрада метала резањем је једна од најзаступљенијих обрада данас.У раду су детаљно описани поступци избора режима код обрада стругањем и глодањем.Код сваке обраде приказани су геометријски параметри и геометрија процеса резања и сам ток прорачуна економичног и меродавног режима обраде.У оквиру рада су развијене две програмске апликације које служе да омогуће свом кориснику брз и једноставан прорачун режима обраде. Коришћењем развијених апликација у овом раду, кориснику је омогућено да у најкраћем року прорачуна економичног и меродавног режиме обраде. Апликације садрже све потребне информације у виду табела и слика неопходних за прорачуне.

Кључне речи:стругање, глодање, режим обраде, прорачун режима обраде...

Abstract

Metal cutting is one of the most common processing of the present. The subject of this paper is processing regimes in two different basic types of metal processing by cutting (scraping, milling). For each type, the geometric parameters and the geometry of the cutting process are presented in order to better understand the labels and the cutting process itself. After that, work is exclusively directed to the processing regimes. Also, two software applications have been developed to serve their users for quick and easy calculation regimen for two types of processing. Software applications contain all nesessery information tru tables and pictures that are important for calculation.

Key words:scraping, milling, processing regimes, calculation of processing regimes...

САДРЖАЈ

1. УВОД 3

2. ЕКОНОМИЧНИ ИЛИ МЕРДОВАНИ РЕЖИМ ОБРАДЕ 5

2.1 Избор економичног режима обраде 5

2.2 Избор меродавног режима обраде 7

3. РЕЖИМ ОБРАДЕ У ОБРАДИ СТРУГАЊЕМ 9

3.1 Геометрија и основни геометријски параметри при обради стругањем 9

3.2 Режим обраде стругањем 10

3.2.1 Режим обраде при попречној обради на стругу 11

3.2.2 Корак при обради на стругу 13

3.2.3 Брзина резања 20

4. РЕЖИМ ОБРАДЕ У ОБРАДИ ГЛОДАЊЕМ 24

4.1 Геометрија и основни геометријски параметри при обради глодањем 24

4.2 Режим обраде глодањем 26

4.2.1 Корак по зубу 28

4.2.2Брзина резања у обради глодањем 31

4.2.3 Избор режима обраде у обради глодањем 35

5. ПРОГРАМСКЕ АПЛИКАЦИЈЕ 36

5.1 Обрада стругањем 36

5.2 Обрада глодањем 45

6. ЗАКЉУЧАК 52

ЛИТЕРАТУРА 53

ПРИЛОГ 54

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.Ова обрада је најзаступљеннија јер омогућава производњу делова са тачном мером и захтеваним квалитетом обраде у релативно кратком времену.

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.

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 Vp
- Број обрта алата или предмета обраде n
- Број пролаза *i*.

Иако је обрада метала резањем широко испитивана још од 1900-те године, избор параметра режима резања, материјала алата и резне геометрије алата за мале обиме производње још увек је заснован на искуству оператера или препорученим вредностима.Изабрадни параметри обраде су ретко оптимални, а мали обим производње не оправдава извођење експеримената за повећање ефикасности.За веће обиме производње, параметри резања се добијају експериментима у циљу остварења маскималне ефикасности, а трошкове експеримента компензује велика количина произведених делова.У сваком случају, треба имати у виду да су производни експерименти скупи и дуготрајни, тако да постоји потреба да се развију или ефикасније стратегије које смањују број експеримената или да се експериментална испитивања елиминишу у потпуности. [1]

У овом раду приказан је начин избора параметара режима обраде, за пар основних врста обраде (стругање и глодање), који се темељи на препорукама и прорачунима уз помоћ израза насталих многобројним испитивањима (полуемпиријски), односно као резултат експеримената и познавањем обрадног процеса резања. Како би се убрзао и олакшао процес рачунања режима за већ наведене врсте обраде направљена је програмска апликација у програму „EXCEL“. 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, глодањем, бушењем и брушењем као основним видовима обраде резањем.

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.Оно 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 се дефинише:

- број обртаја - n, o/min - за случај кружног главног кретања, или број дуплих ходова – nL, 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, cm3 /min.

2. ЕКОНОМИЧНИ И МЕРДОВАНИ РЕЖИМ ОБРАДЕ

Економични и меродавни режими обраде су дефинисани параметрима:

- главног и
- помоћног кретања.

Економични режим обраде је режим обраде одређен на бази трошкова обраде односно економичне постојаности алата.За изабрани режим обрад бира се машина.Меродавни режим обраде се пројектује за познату машину релативно мале снаге.

2.1 Избор економичног режима обраде

Избор економичног режима обраде се остварује у три фазе:

- прва - проучавање производне операције, избор корака и прорачун економичне постојаности алата,
- друга - прорачун економичне брзине резања (броја обртаја) и избор економичног режима обраде и
- трећа - избор машине односно провера снаге машине.

Проучавање производне операције обухвата прикупљање и анализу података о условима под којима се изводи процес резања (геометрија обраде - дубина и ширина резања, пречник и сл.), триболошких и геометријских карактеристика алата, експлоатационих карактеристика машина, карактеристика материјала предмета обраде и сл.

У овој фази изводи се и:

- избор корака и
- прорачун економичне постојаности алата.

Избор корака заснива се на два прилаза: избор корака и избор брзине помоћног кретања. Избор корака базира се на препорукама и провери корака применом одговарајућих критеријума (квалитет обраде, отпорности алата, отпорност елемената система главног и помоћног кретања и сл.). Минимална вредност корака:

$$S = \min(S_i) \tag{2.1}$$

је и меродавна вредност и прилагођава се машини тако што се, за дати геометријски фактор промене преносника машине за помоћно кретање φ_S усваја прва мања стандардна вредност (**табела П9 - прилог**).

Други прилаз се заснива на избору минималне (меродавне) вредности корака:

$$S = \min(S_i) \tag{2.2}$$

и дефинисању брзине помоћног кретања:

$$V_p = n \cdot S_i \tag{2.3}$$

која се прилагођава машини у фази избора режима обраде.

Прорачун економичне постојаности алата се изводи у зависности од временског степена искоришћења машине. За степен искоришћења $\eta \geq \eta_{max} = 0{,}7$:

$$\mathrm{T_e} = \frac{1-m}{m} \cdot \frac{n \cdot k_1 \cdot t_1 + k_2 \cdot t_2 + \frac{C_a}{i+1}}{n \cdot k_1 + \frac{C_m \cdot p}{F \cdot \eta \cdot 100 \cdot 60}} \tag{2.4}$$

У супротном, за $\eta < \eta_{max} = 0{,}7$

$$\mathrm{T_e} = \frac{1-m}{m} \cdot \frac{n \cdot k_1 \cdot t_1 + k_2 \cdot t_2 + \frac{C_a}{i+1}}{n \cdot k_1} \tag{2.5}$$

У другој фази изводи се прорачун економичне брзине резања у функцији корака и економине постојаности алата, коришћењем одговарајућих проширених израза за прорачун брзине резања:

$$V_\mathrm{e} = \frac{C}{{T_e}^m} = f(S, T_e) = \frac{D \cdot \pi \cdot n_e}{1000} \approx \frac{D \cdot n_e}{320} \tag{2.6}$$

На основу брзине резања прорачунава се економични број обрта:

$$n_\mathrm{e} = \frac{320 \cdot V_\mathrm{e}}{D} = \frac{C}{S^y} \tag{2.7}$$

Прорачунати број обрта се налази између две стандардне вредности, за задату вредностгеометријског фактора промене преносника главног кретања φ_n (табела П17 – Прилог):

$$n_m < n_e < n_{m+1} \tag{2.8}$$

Корак који одговара већој стандардној вредности броја обртаја следи из израза:

$$S_{m+1} = S\left(\frac{n_e}{n_{m+1}}\right)^{1/y} \tag{2.9}$$

Овако дефинисан корак се прилагођава машини усвајањем прве мање стандардне вредности (S_{m+1}).

На основу брзина помоћног кретања:

$$V_{pm} = n_m \cdot S_m = n_m \cdot S \tag{2.10}$$

$$V_{pm+1} = n_{m+1} \cdot S_{m+1} \tag{2.11}$$

усваја се режим обраде:

$$n = n_m\ ;\ S = S_m\ ako\ je\text{:} \qquad V_{pm} > V_{pm+1} \tag{2.12}$$

$$n = n_{m+1}\ ;\ S = S_{m+1}\ ako\ je: \quad V_{pm} < V_{pm+1} \tag{2.13}$$

који обезбеђује веће брзине помоћног кретања, краће време израде и већу производност обраде.

У *трећој фази* врши се прорачун санге машине потребне за реализацију економичног режима обраде у функцији усвојеног режима обраде (n,S) и механичког степена искоришћења снаге машине (η – табела П18 – Прилог 1) [2]:

$$\mathrm{P} = f(n, S, \eta) \tag{2.14}$$

2.2 Избор меродавног режима обраде

Изди се за производне операције које се реализују на машинама релативно мале снаге. Поступак избора обухвата, такође, три фазе:

- прва – проучавање производне операције, избор корака и прорачун економичне постојаности алата,
- друга – прорачун броја обрта с обзиром на искоришћење постојаности алата и расположиве снаге машине, уз избор меродавног броја обртаја и
- трећа – избор меродавног режима обраде.

Прва фаза је потпуно идентична као и у случају избора економичног режима обраде и обухвата проучавање производне операције, избор корака и прорачун економичне постојаности алата.

У другој фази се изводи прорачун броја обртаја са обзиром на искоришћење:

- постојаности алата n_Aи
- расположиве снаге машине $n_{M,}$

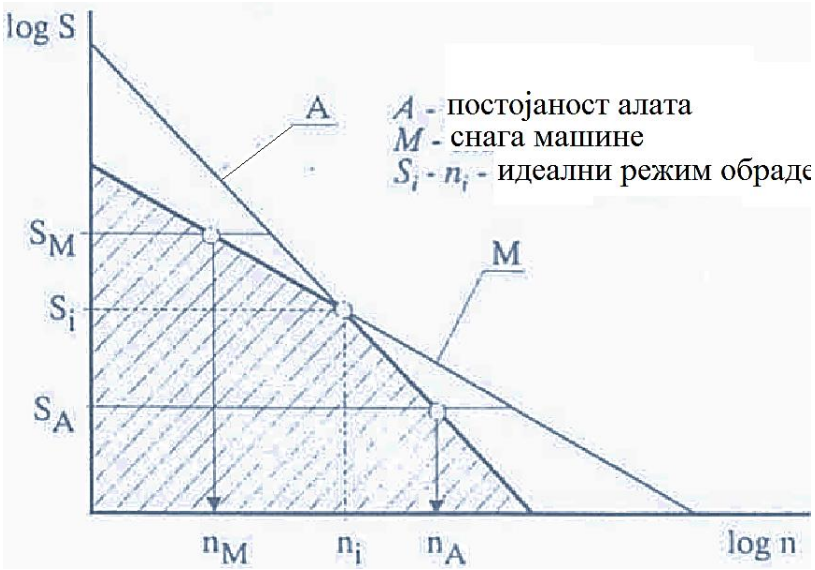
и избор меродавног броја обрта n.

Број обртаја са обзиром на *искоришћење постојаности алата* се проучава на бази економичне брзине резања коришћењем проширених израза облика:

$$n_A = f(V_e) = \frac{C_1}{S^y}, \tag{2.15}$$

док се број обртаја с обзиром на *искоришћење расположиве снаге машине,* прорачунава коришћењем израза облика:

$$n_M = f(P, \eta) = \frac{C_2}{S^{y1}}, \tag{2.16}$$



Слика 2.1 *Зависност корака и броја обртаја*

Избор меродавног броја обртаја се остварује анализом могућности алата и машине. Из израза за бројеве обртаја, логаритмовањем, се добијају једначине:

$$log\ n_A = \log C_1 - y \log S \tag{2.17}$$

$$log\ n_M = \log C_2 - y_1 \log S \tag{2.18}$$

две праве линије (**слика 2.1**), које указују на максималне вредности бројева обрта у функцији корака, за оба случаја (могућности алата А и машине М).

Са слике је очигледно да је меродавни број обртаја:

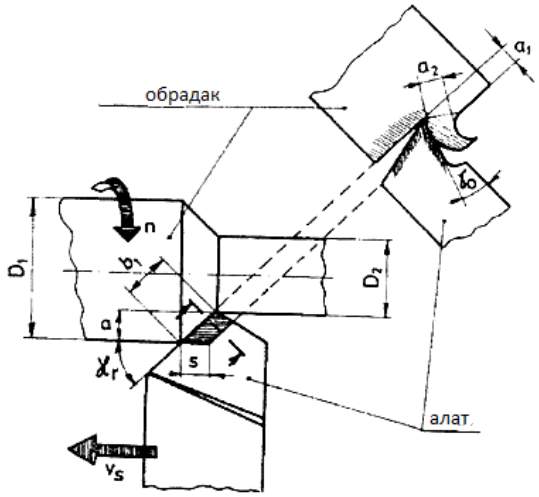
$$n = \min(n_A, n_M) \tag{2.19}$$

На основу меродавног броја обртаја бира се меродавни режим обраде по истој процедури као и код избора економичног режима обраде.[2]

3. РЕЖИМ ОБРАДЕ У ОБРАДИ СТРУГАЊЕМ

3.1 Геометријаи основни геометријски параметри при обради стругањем

На **слици 3.1** приказана је шема стругања са основним елементима обраде.Код стругања обрадак изводи главно обртно кретање, док алат изводи помоћно праволинијско кретање.



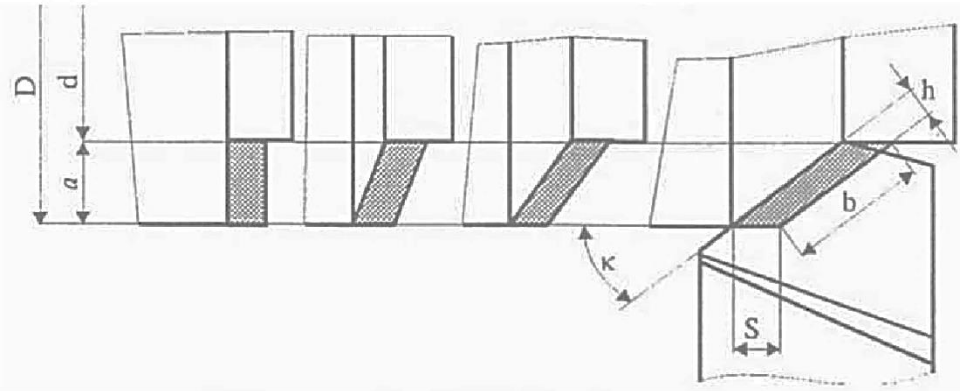
Слика 3.1 *Основни елементи при стругању* [3]

Површина попречног пресека резног слоја (**слика 3.2**) је:

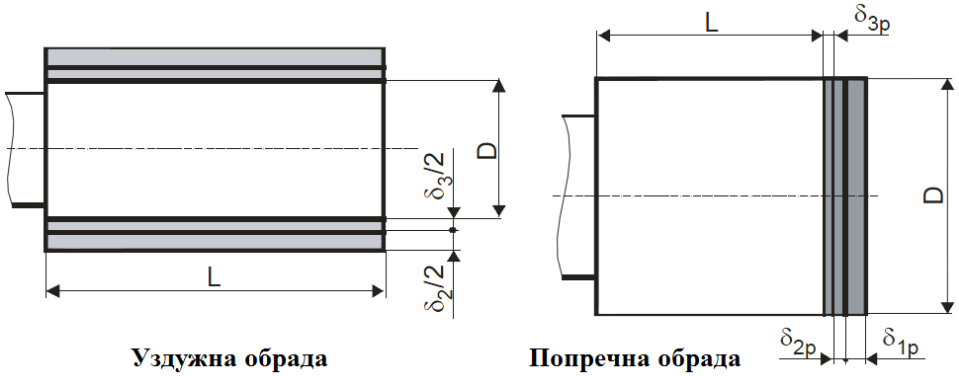
$$A = a \cdot S = b \cdot h, mm^2 \tag{3.1}$$

где су ширина и дебљина резног слоја:

$$b = \frac{a}{\sin \kappa} \text{ и } h = S \cdot \sin \kappa \tag{3.2}$$



Слика 3.2 *Резни слој у обради стругањем*[2]



Слика 3.3 *Додаци за обраду у обради стругањем* [4]

Дубина резања зависи од додатка за обраду и износи:

$$a = \frac{D - d}{2} \qquad \text{или} \qquad a = \frac{\delta_i}{2}, \tag{3.3}$$

где додаци за обраду, зависно од квалитета обрађене површине (**табела П1** – Прилог,**слика 3.3**), обухватају додатак за:

- δ_1– грубу обраду стругањем (**табеле П2-П5**),
- δ_2 – фину обраду стругањем (**табеле П6-П8**) и
- δ_3 – обраду брушењем (**табеле П6-П8**).

3.2 Режимобраде стругањем

Режим обраде у обради стругањем (**слика 3.4**, **табела 3.1**) је одређен **брзином резања**:

$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \approx \frac{D \cdot n}{320}, m/min \tag{3.4}$$

односно**бројем обрта** предмета обраде:

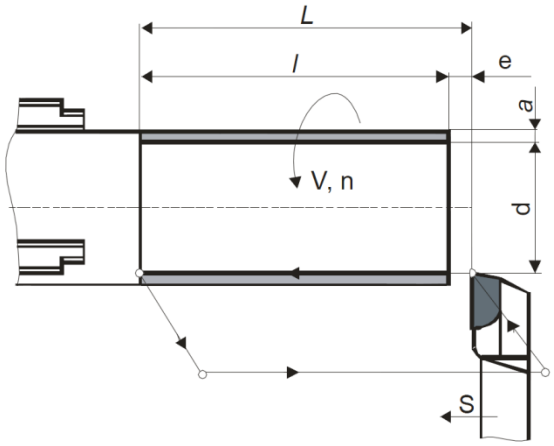
$$n = \frac{1000 \cdot V}{D \cdot \pi} \approx \frac{320V}{D}, \frac{o}{min}, \quad \text{и} \tag{3.5}$$

кораком: **S, mm/o** – померањем алата за један обрт предмета обраде, а ређе и брзином помоћног кретања: **V_p=n S,mm/min**.

На основу параметара режима обраде главно време обраде је:

$$t_g = i\frac{L}{S \cdot n}, min, \tag{3.6}$$

где су: $i = \delta/2a$ – број пролаза; δ, mm – додатак за обраду; a, mm – дубина резања; $L = 1 + e, mm$ –ход алата; l, mm –дужина обраде и e=2÷5,mm – прилаз алата. На **слици 3.4** приказани су поменути параметри.



3

Слика 3.4 *Основни елементи прорачуна главног времена обраде*[4]

У **табели 3.1**приказани су параметри режима резања при обради челика

Табела 3.1: Параметри режима резања при обради челика [2]

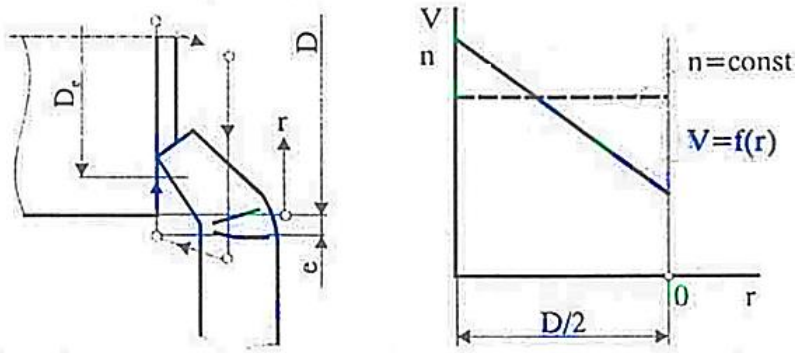
Materijal alata	*Dub. rezanja a, mm*		*Korak S, mm/o*		*Brz. rezanja V, m/min*	
	gr. obrada	*fina obr.*	*gr. obrada*	*fina obr.*	*gr. obrada*	*fina obr.*
Brzorezni čelik	1 - 6	0,1 - 1	0,2 - 1,5	0,01 - 0,1	10 - 60	30 - 80
Tvrdi metal	1 - 10	0,1 - 2	0,2 - 1,6	0,01 - 0,2	60 - 400	200 - 500
Preşvučeni TM	1 - 10		0,2 - 1,6		90 - 500	
Rezna keramika	1 - 5	0,1 - 1	0,1 - 0,5	0,01 - 0,2	200 - 800	300 - 800
**) Maksimalna dubina rezanja je do 1/3 aktivne dužine rezne ivice (dužine strane pločice)*						

3.2.1 Режим обраде при попречној обради на стругу

При попречној обради на струговима са ступњевитом променом (број обрта предмета обраде је константан – **слика 3.5**) режим обраде је одређен кораком ***S,mm/o***и бројем обрта ***n = f(D$_e$), o/min,*** где је еквивалентни пречник приближно:

$$D_e \approx \frac{2}{3} D, \tag{3.7}$$

док су тачније вредности приказане у **табели 3.2.**



Слика 3.5 *Зависност брзине резања и броја обрта у току обраде (n=const.)*[2]

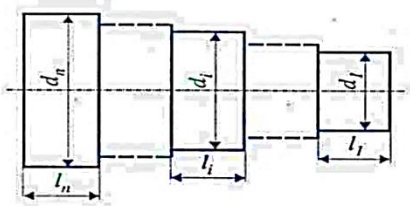
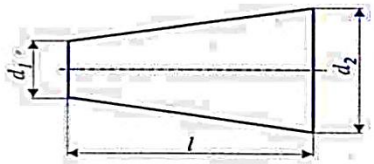
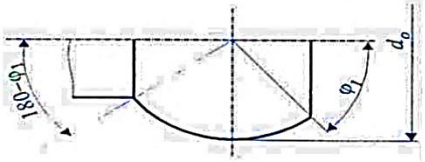
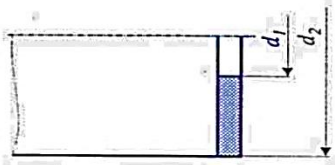
Главно време обраде је:

$$t_g = \frac{L}{V_p} = \frac{L}{S \cdot n}, min, \tag{3.8}$$

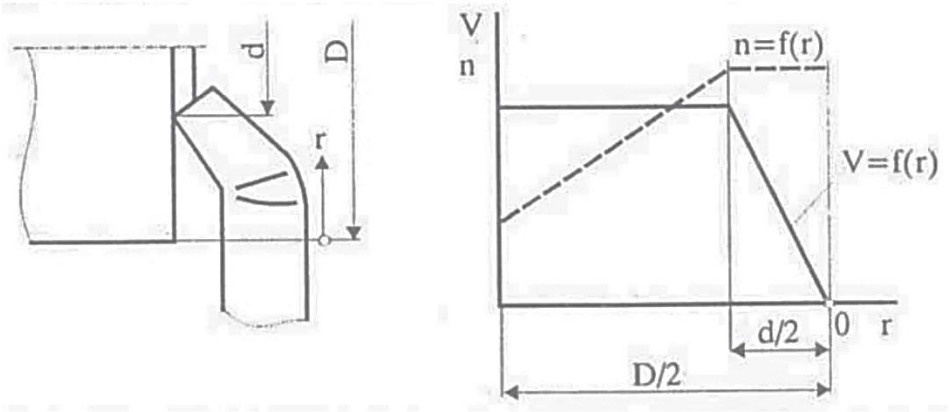
где су:

L, mm – ход алата – L = 0,5 D'=0,5(D + 2e) за случај потпуне чеоне обраде и *n, o/min* – број обрта који одговара пречнику *De.*

Табела 3.2: Еквивалентни пречник при обради на стругу [2]

Шема предмета обраде	Еквивалентни пречник
	$D_e = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^{1/m} \cdot l_i}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right)^m$
	$D_e = \left[\frac{d_2^{\frac{1}{m}+1} - d_1^{\frac{1}{m}+1}}{(\frac{1}{m}+1) \cdot (d_2 - d_1)} \right]^m$
	$D_e = d_o \cdot \left[\frac{d_o}{2 \cdot n \cdot s \cdot t} \cdot \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} (\sin\varphi)^{\frac{1}{m}} \cdot d\varphi \right]^m$
	$D_e = \left[\frac{d_2^{\frac{1}{m}+1} - d_1^{\frac{1}{m}+1}}{(\frac{1}{m}+1) \cdot (d_2 - d_1)} \right]^m$

При попречној обради на специјалним струговима за попречну обраду, са континуалном променом бројева обрта, брзина резања је константна до пречника d (**слика 3.6).**У том случају режим обраде је одређен кораком **S** и распоном бројева обрта $\mathbf{n_{min}}$ – $\mathbf{n_{max}}$, при чему је: $n_{min}=f(D)$и $n_{max}=f(d)$.



Слика 3.6 *Зависност брзине резања и броја обрта у току обраде (n≠const.)*[2]

У овом случају главно време обраде је:

$$t_g = \frac{D^2 + d^2}{4 \cdot D \cdot n \cdot S}, min. \tag{3.9}$$

3.2.2 Корак при обради на стругу

Поступак избора корака у обради стругањем обухвата:

- проучавање производне операције,
- избор препоручене вредности корака и
- проверу и коначни избор корака.

3.2.2.1 Избор корака при уздужној обради на стругу

Препоручена вредност корака се бира на бази препорука произвођача алата за стругање (**табеле 3.4и 3.4**), у зависности од врсте стругања, материјала алата и предмета обраде, пречника, дубине резања и сл.

На основу препорука бира се максимално могућа вредност корака. Иста се стандардизује усвајањем прве мање стандардне вредности за познату вредност геометријског фактора преносника машине за помоћно кретање φ_S (**табела П9**–Прилог):

Провера корака се изводи применом четири критеријума и то обзиром на:

- отпорност дршке ножа
- услове настанка струготине,
- квалитет обрађене површине и
- стабилност предмета обраде.

Провера корака на бази отпорности дршке стругарског ножа се изводи применом израза облика:

$$S \leq \left(\frac{K_f}{C_k \cdot C_o \cdot a^{x1}}\right)^{1/y} \tag{3.10}$$

у коме су:

- K_f, MPa –дозвољено напрезање на савијање материјала дршке ножа за:
  - нож од брзорезног челика $K_f = 220 - 250, MPa$ и
  - дршку од конструктивног челика $K_f = 200 - 220, MPa$,
- $C_{k1}, x_1 y_1$ – константа и експоненти главног отпора резања (**табела 3.7**) и
- C_o – константа која узима у обзир димензије попречног пресека дршке ножа (**табела 3.6**) и положај ножа у односу на предмет обраде (**табела 3.5**).

Табела 3.3: Препоручене вредности корака за грубо стругање алатима од БЧ и ТМ [2]

Prečnik D, mm	*Korak S, mm/o za dubinu rezanja a, mm*				
	do 3	*3 - 5*	*5 - 8*	*8 - 12*	*preko 12*
	Čelik i čelični liv				
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
	Sivi liv i obojeni metali				
do 40	0,4 - 0,5				
40 - 60	0,6 - 0,9	0,5 - 0,8	0,4 - 0,7		
60 - 100	0,8 - 1,4	0,7 - 1,2	0,6 - 1,0	0,5 - 0,9	
100 - 200	1,0 - 1,5	0,9 - 1,4	0,8 - 1,1	0,6 - 0,8	
200 - 400	1,3 - 1,6	1,2 - 1,5	1,0 - 1,3	0,8 - 1,0	0,7 - 0,9
400 - 600	1,5 - 1,8	1,2 - 1,6	1,0 - 1,4	0,9 - 1,2	0,8 - 1,0
600 - 1000	1,5 - 2,0	1,3 - 1,8	1,0 - 1,4	1,0 - 1,3	0,9 - 1,2
preko 1000	1,6 - 2,4	1,6 - 2,0	1,4 - 1,8	1,3 - 1,7	1,2 - 1,7

Табела 3.4: Препоручене вредности корака за завршно стругање алтима од БЧ и ТМ [2]

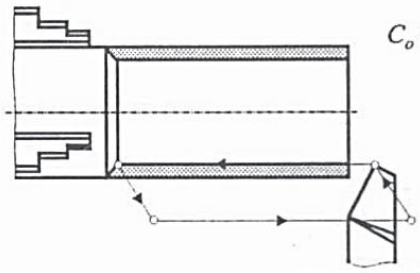
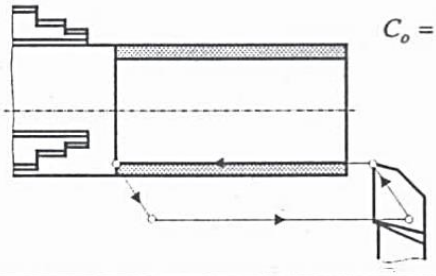
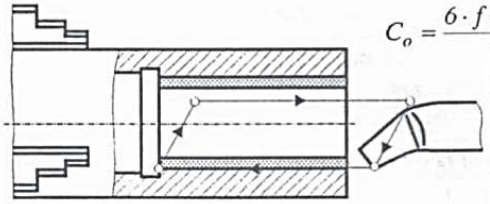
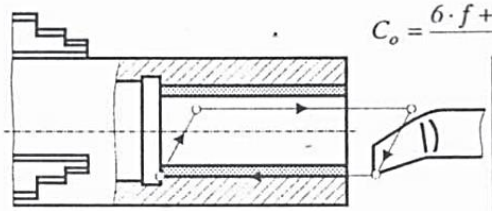
Klasa hrapavosti	*Materijal predmeta obrade*	*Radijus vrha noža r, mm*			
		r = 0,5	*r = 1*	*r = 1,5*	*r = 2*
N9	*Čelik*	0,4-0,55	0,55-0,65	0,65-0,70	
	Sivi liv i obojeni metali	0,25-0,40	0,40-0,50	0,50	
N8	*Čelik*	0,20-0,30	0,30-0,45	0,35-0,50	
	Sivi liv i obojeni metali	0,15-0,25	0,20-0,40	0,30-0,50	0,35-0,50
N7	*Čelik*	0,11-0,18	0,14-0,24	0,16-0,28	0,18-0,32
	Sivi liv i obojeni metali	0,10-0,15	0,12-0,20	0,15-0,30	0,20-0,35

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

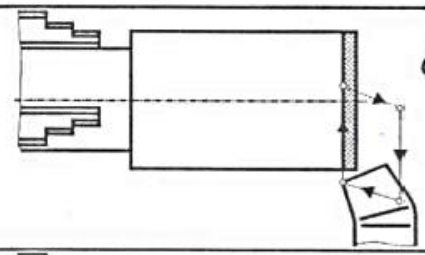
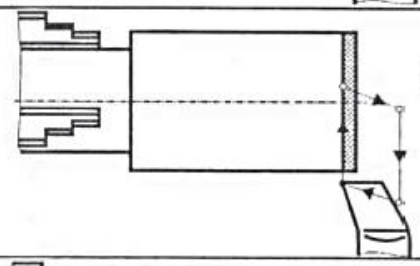
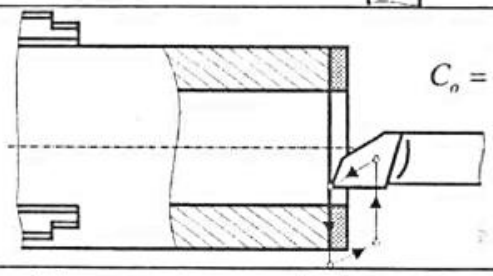
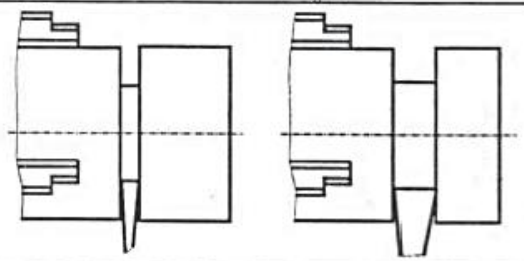
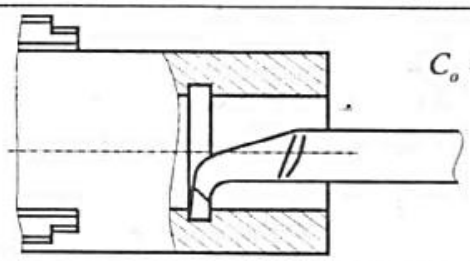
$$\frac{a}{g_{max}} \leq S \leq \frac{a}{g_{min}} \tag{3.11}$$

Вредност коефицијента виткости струготине се креће у границама $5 \leq g \leq 10$за уздужно стругање.

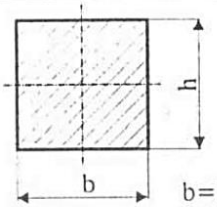
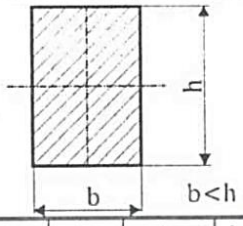
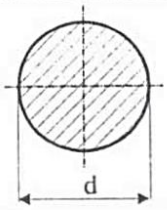
Табела 3.5: Константа C_0 за карактеристичне обраде стругањем [2]

Naziv operacije	Skica uzajamnog položaja alata i predmeta obrade	Geometrijska karakteristika C_o
Uzdužna spoljašnja obrada na strugu		$C_o = \frac{6 \cdot f + 1{,}2 \cdot e \cdot f - 0{,}8}{b^2 \cdot e}$
Uzdužna spoljašnja obrada na strugu ($\kappa = 90^o$)		$C_o = \frac{6 \cdot f + 2{,}2 \cdot e \cdot f - 0{,}2}{b^2 \cdot e}$
Uzdužna unutrašnja obrada na strugu		$C_o = \frac{6 \cdot f + 2{,}4 \cdot e \cdot f - 1{,}0}{b^2 \cdot e}$
Uzdužna unutrašnja obrada na strugu ($\kappa = 90^o$)		$C_o = \frac{6 \cdot f + 0{,}6 \cdot e \cdot f - 0{,}72}{b^2 \cdot e}$

Табела 3.5: Константа C_0 за карактеристичне обраде стругањем [2

Naziv operacije	Skica uzajamnog položaja alata i predmeta obrade	Geometrijska karakteristika C_0
Poprečna obrada na strugu		$C_o = \frac{6 \cdot f + 2{,}4 \cdot e \cdot f - 1{,}0}{b^2 \cdot e}$
Poprečna obrada na strugu ($\kappa = 90^0$)		$C_o = \frac{6 \cdot f + 0{,}6 \cdot e \cdot f - 0{,}72}{b^2 \cdot e}$
Poprečna obrada na strugu		$C_o = \frac{6 \cdot f + 2{,}2 \cdot e \cdot f - 0{,}2}{b^2 \cdot e}$
Odsecanje i usecanje spoljašnjeg žljeba na strugu		$C_o = \frac{6 \cdot f - 1{,}0}{b^2 \cdot e}$
Usecanje unutrašnjeg žljeba na strugu		$C_o = \frac{6 \cdot f + 2{,}2 \cdot e \cdot f - 0{,}2}{b^2 \cdot e}$

Табела 3.6: Стандардни пресеци дршке [2]

Kvadratni				*Pravougaoni*				*Kružni*		
										
Ozna-ka	*b, mm*	*h, mm*	*l, mm*	*Ozna-ka*	*b, mm*	*h, mm*	*l, mm*	*Ozna-ka*	*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	*e = h/b = 1 ili 1,6*		
50q	50	50	224					*f = l_n/h = 1 - 1,5*		

Провера корака обзиорм на квалитет обрађене површине, за производне операције завршне обраде се изводи коришћењем израза:

$$S \leq \frac{C_S \cdot R_z^y \cdot r^y}{a^x \cdot \kappa^z \cdot \kappa_1^z}, \tag{3.12}$$

у коме су:

C_S, y, u, x и $z -$ константа и експоненти корака (**табела 3.7**); $R_z, \mu m$ – средња висина неравнина (табела П.1); $r, mm -$ радијус врха ножа; a, mm – дубинарезања, κ и $\kappa_1, rad -$ нападни и помоћни нападни угао. [2]

Табела 3.7: Вредности константе C_sи експонената x,y,z и u [2]

Materijal	*S, mm/o*	C_s	*x*	*y*	*z*	*u*
Čelik	*≤ 1,75*	0,008	0,3	1,4	0,35	0,7
	> 1,75	0,170	0,12	0,60	0,15	0,30
Sivi liv	*≤ 1,6*	0,045	0,25	1,25	0,50	0,75
	> 1,6	0,290	0,12	0,60	0,25	0,35

Провера корака обзиром на стабилност предмета обраде у производним операцијама претходне обраде стругањем се изводи применом израза:

$$S \leq \left(\frac{\mathrm{E} \cdot I \cdot K_s}{0{,}4 \cdot \mu \cdot C_k \cdot a^{x1} \cdot l^3}\right)^{1/y_1} \tag{3.13}$$

где су:

C_k , x_1, y_1 –константа и експоненти главног отпора резања (**табела П10**); μ – коефицијент који узима у обзир начин ослањања и стезања предмета обраде (**слика 3.7**); $K_s = a_z - R_z - C$, mm; $a_z = \delta_2/2, mm$ – дубина резања у операцијама завршне обраде; l, mm – препуст предмета обраде; E,MPa – модул еластичности материјала предмета обраде (табела П.17) и I, mm^4 – момент инерције попречног пресека предмета обраде на месту укљештења ($I \approx 0{,}05d^4$за цилиндричне делове; d, mm – пречник предмета обраде на месту укљештења).

$$S \leq \left(\frac{\mathrm{E} \cdot I \cdot f_{max}}{0{,}4 \cdot \mu \cdot C_k \cdot a^{x1} \cdot l^3}\right)^{1/y_1}, \tag{3.14}$$

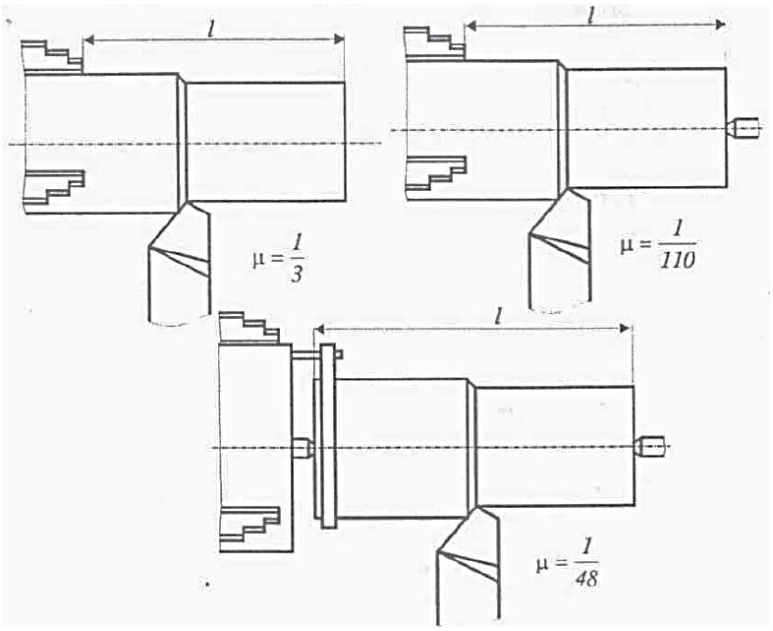
у којој је максимално дозвољена вредност угиба предмета обраде: $f_{max} \approx 0{,}05 - 0{,}2mm$или $f_{max} = \mathrm{T}/6, mm$, при чему је T,$mm$ - ширина толерантног поља пречника који се обрађује.

Изрази имају смисла код већих односа препуста и пречника предмета обраде ($l/D \geq 10$ – обрада са ослањањем и $l/D \geq 2$ – обрада са конзолним стезањем).

На основу вредности добијених провером, **меродавна вредност корака** је:

$$S = \min(S_i).$$

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.



Слика 3.7 *Начини ослањања и стезања предмета обраде*[2]

3.2.2.2 Избор корака при попречној обради на стругу

Избор корака се изводи на бази препоручених вредности датих у проспектној документацији произвођача или у литератури, у зависности од квалитета обрађене површине, врсте обраде (груба или фина), дубине резања, материјала предмета обраде и алата и сл. (**табеле3.8 и 3.9**).

Табела 3.8: Препоручене вредности корака за грубу попречну обраду [2]

Dubina rezanja a, mm	*2*	*3*	*4*	*5*
Korak S, mm/o	0,4 - 1,0	0,35 - 0,6	0,3 - 0,5	0,3 - 0,4

Табела 3.9: Препоручене вредности корака за завршну попречну обраду, *S,mm/o*[2]

Vrsta obrade	*Prečnik predmeta obrade D, mm*				
	do 30	*30 - 60*	*60 - 100*	*100 - 150*	*150 - 300*
završna	0,15 - 0,20	0,2 - 0,5	0,3 - 0,4	0,35 - 0,50	0,4 - 0,7
fina	0,08 - 0,15	0,15 - 0,25	0,25 - 0,35	0,3 - 0,4	0,35 - 0,50

Изабрана вредност корака се стандардизује усвајањем прве мање стандардне вредности за дати геометријски фактор промене преносника машине φ_S.

Провера корака се изводи обзиром на **отпорност дршке стругарског ножа:**

$$S \leq \left(\frac{K_f}{C_o \cdot C_k \cdot a^{x1}}\right)^{1/y_1} \quad , \qquad \text{и} \tag{3.15}$$

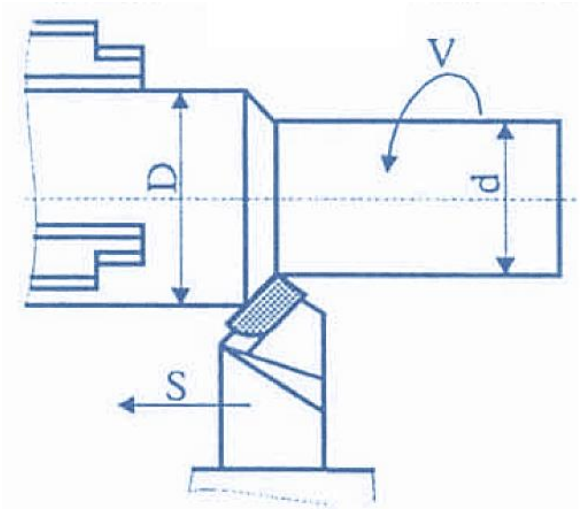
услове настанка струготине:

$$\frac{a}{g_{max}} \leq S \leq \frac{a}{g_{min}} \quad , \tag{3.16}$$

када се вредност коефицијента струготине креће у границама $5 \leq g \leq 20$за попречно стругање.[2]

3.2.3 Брзина резања

Брзина резања је обимна брзина предмета обраде (**слика 3.8**):



Слика 3.8 *Брзина резања у обради стругањем* [4]

$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \approx \frac{D \cdot n}{320} \tag{3.17}$$

Избор брзине резања се остварује на бази:

- препорука (приближан избор – **табела 3.10)** или
- провере (прорачуна).

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

- постојаност алата и
- снаге машине.

Табела 3.10: Препоручене вредности резања у обради стругањем

Materijal predmeta obrade	*Tvrdoća, HB*	*Brzina rezanja V, m/min*	
		Gruba obrada	*Završna obrada*
Ugljenični čelici	*do 150*	100 - 130	130 - 170
Hrom - nikl čelici	*206 - 250*	80 - 100	100 - 120
Cr - Mo čelici	*217 - 303*	40 - 60	60 - 80
Čelični liv	*150 - 180*	90 - 120	120 - 160
Sivi liv	*do 180*	40 - 70	70 - 100
	180 - 250	30 - 50	50 - 70
Mesing		80 - 120	120 - 150
Aluminijum		200 - 500	600 - 1200

Табела 3.10_1:*Препоручене вредности брзине у обради стругањем* [5]–*наставак*

Materijal PO	*V, m/min*	*Materijal PO*	*V, m/min*
Legure aluminijuma	200 - 1000	*Čelici*	50 - 500
Liveno gvožđe	60 - 900	*Nerđajući čelici*	50 - 300
Bakarne legure	50 - 700	*Legure titana*	10 - 100
Vatrootporne legure	20 - 400	*Legure volframa*	60 - 150
) Dubina rezanja 0,5 - 12 mm; korak 0,15 - 1 mm/o;* *) Alati od TM, keramike i sl*			

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

$$V = \frac{C_{v1}}{T^m \cdot a^{x_1} \cdot S^{y_1 \left(HB/_{200}\right)^n}} \prod K_i, \tag{3.18}$$

односно за усецање, одсецање и сл.:

$$V = \frac{C_{v2}}{T^m \cdot a^{x_2} \cdot S^{y_2 \left(HB/_{200}\right)^n}} \prod K_i\ , \tag{3.19}$$

где је:

$$\prod K_i = K_m \cdot K_a\ \cdot K_\kappa \cdot K_{\kappa 1} \cdot K_r \cdot K_n \cdot K_h \cdot K_{shp} \cdot K_p \tag{3.20}$$

C_{v1}, C_{v2}, m , x_1, x_2, y_1, y_2, n – константа и брзине резања (**табеле 3.11 – 3.13**);*a, mm* – дубина резања; S,mm/o – корак; T,*min* – постојаност алата; HB – тврдоћа материјала предмета обраде,

K_i – корекциони фактори утицаја: K_m – материјала предмета (**табела 3.14**);K_a – материјала алата (**табела 3.15**); K_κ – нападног угла (**табела 3.16)**; $K_{\kappa 1}$ – помоћног нападног угла (**табела 3.16**); K_r – радијус врха ножа (**табела 3.16**);K_n –површине попречног пресека дршке стругарског ножа (**табела 3.16**); K_h – критеријум затупљености алата (**табела 3.17**); K_{shp} – врсте и квалитета SHP и K_p – осталих параметара обраде на брзину резања.

Табела 3.11:Константе и експоненти брзине резања за уздужну и попречну обраду [2]

Materijal alata	*Materijal predmeta obrade*	*Korak S, mm/o*	*Uslovi obrade*					
			Sa hlađenjem			*Bez hlađenja*		
			C_{v1}	x_1	y_1	C_{v1}	x_1	y_1
Brzorezni čelik	*Čelik, legure Al i Mn*	*≤0,25*	96,2	0,25	0,33	52,5	0,25	0,50
		>0,25	60,8		0,66	42,0		0,66
	Kovano gvožđe	*≤0,25*	55,4	0,20	0,25	42,6	0,20	0,40
		>0,25	47,4		0,50	24,5		
Tvrdi metal	*Sivi liv, čelik, legure Cu*	*fina*				43,2	0,15	0,30
		gruba				32,6		0,40
	Čelik, legure Al i Mn	*≤0,30*	257	0,18	0,20	242	0,18	0,20
		0,3-0,75	294		0,35	267		0,35
		>0,75	285		0,45	259		0,45

Табела 3.12: Вредности константи и експонената за усецање, одсецање и сл. [2]

Materijal alata	*Materijal predmeta obrade*	*Uslovi obrade*			
		Sa hlađenjem		*Bez hlađenja*	
		C_{v2}	y_2	C_{v2}	y_2
Brzorezni čelik	*Čelik, legure Al i Mn*	21,8	0,66		
	Kovano gvožđe	22,5	0,50		
	Sivi liv, legure Cu			20,3	0,40
Tvrdi metal	*Čelik, legure Al i Mn*	72,8	0,35	54,2	0,35
	Sivi liv, legure Cu			36,9	0,40

Табела 3.13: Вредности експонента постојаности алата m и тврдоће n [2]

Materijal predmeta obrade	*Vrsta obrade*	*Uslovi obrade*	*m za alat od*	
			BČ	*TM*
Čelik	*Uzdužna spolj. i unutr., popr. obr. 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	0,20	0,15
Sivi liv	*Uzdužna spolj. i unutr., popr. obr. i sl.*	*Sa hlađenjem*	0,1	0,20
		Bez hlađenja		
	Usecanje i odsecanje	*Sa hlađenjem*	0,15	0,20
		Bez hlađenja		
Legure Cu	*Sve vrste obrade*	*Sa i bez hlađenja*	0,15	0,20
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

Табела 3.14: Вредности корекционог фактора K_m[2]

Materijal predmeta obrade	K_m	*Materijal predmeta obrade*	K_m
Ugljenični čelici sa C < 0,6 %	1,0	*Alatni čelici*	0,75
Ugljenični čelici sa C > 0,6 %	0,85	*Brzorezni i nerđajući čelici*	0,65
Čelici za automate	1,2	*Sivi liv, kovano gvožđe, leg. Cu*	1,0
Čelici legirani Cr, Ni i Mo	1,1	*Aluminijum i silumin*	5,0
Čelici legirani Mn, Cr, Mo, W	0,9	*Elektron sa R_m = 160 MPa*	6,5

Табела 3.15: Вредности корекционог фактора K_a[2]

Materijal alata	*Brzorezni čelik*			*Tvrdi metal*							
	Č6880	*Č6980*	*Č7680*	*P30*	*P20*	*P10*	*P01*	*K40*	*K30*	*K10*	*K01*
K_a	1,0	1,19	1,1	0,7	0,85	1,0	1,5	1,0	1,1	1,26	1,32

Табела 3.16: Вредности корекционих фактора $K_к$, $K_{к1}$, K_r и K_n[2]

Korekcioni faktor $K_к$ $K_к = \left(\frac{45}{к^o}\right)^{\varphi}$	*Eksponent φ*		
	Materijal predmeta obrade	*Materijal alata*	
		BČ	*TM*
	Čelici, legure Al i Mn	0,6	0,3
	Sivi liv	0,45	
Korekcioni faktor $K_{к1}$ $K_{к1} = \left(\frac{a}{к_1^o}\right)^{0,09}$	*Materijal alata*	*Konstanta a*	
	Brzorezni čelik (BČ)	10	
	Tvrdi metal (TM)	15	
Korekcioni faktor K_r $K_r = \left(\frac{r}{2}\right)^{f}$	*Vrsta obrade*	*Eksponent f*	
	Gruba obrada	0,1	
	Završna obrada	0,2	
Korekcioni faktor K_n $K_n = \left(\frac{q}{20 \cdot 30}\right)^{d}$	*Materijal predmeta obrade*	*Eksponent d*	
	Čelik	0,08	
	Sivi liv	0,04	

Табела 3.17: Вредности корекционог фактора K_h[2]

Kriterijum zatupljenja 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 обзиром на ***искоришћење расположиве снаге машине*** се изводи на основу снаге мапине, коришћењем израза [2]:

$$V = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot P \cdot \eta}{S^{y_1} \cdot C_k \cdot a^{x1}}\ , m/min \tag{3.21}$$

То значи да је број обрта:

$$n = n_M \approx \frac{1{,}91 \cdot 10^7 \cdot P \cdot \eta}{D \cdot S^{y_1} \cdot C_k \cdot a^{x1}}\ , \mathrm{o}/min \tag{3.22}$$

4. РЕЖИМ ОБРАДЕ У ОБРАДИ ГЛОДАЊЕМ

4.1Геометрија и основни геометријски параметри при обради глодањем

Основни геометријски параметри обраде глодањем,поред дубине резања (a) и ширине глодања (B) су :угао контакта Ψ,угао захвата φ , ширина (b) и дебљина резног слоја (h), тренутна ,средња и максимална.

Угао контактаΨ је централни угао који одговара луку (FD) додира алата и предмета обраде (**слика 4.1**),док угао захвата φ дефинише тренутни положај зуба глодала у захвату.

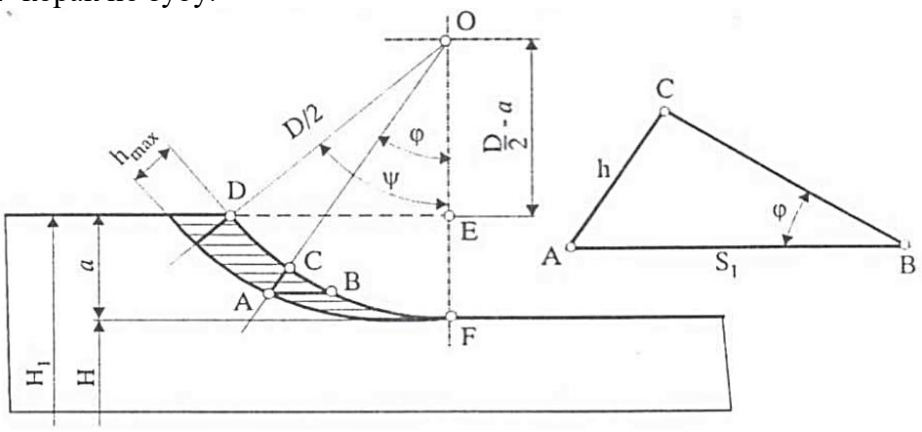
Код **обимног глодања** ширина резног слоја је b=B,док тренутна дебљина (**слика 4.1**), за произвољни угао захвата, следи из троугла ABC:

$$h = S_1 \cdot \sin\varphi \tag{4.1}$$

где су :

B, mm - ширина глодања и

S_1, mm/z- корак по зубу.



Слика 4.1 *Резни слој при обимном глодању*[2]

Максимална дебљина резног слоја одговара углу контакта и износи:

$$h_{max} = S_1 \cdot \sin\Psi \tag{4.2}$$

Из троугла ODE (**слика 4.1**) произилази:

$$\sin\Psi = \sqrt{1-\cos^2\Psi} = \sqrt{1-\left(\frac{D-2\cdot a}{D}\right)^2} = 2\cdot\sqrt{\frac{a}{D}-\left(\frac{a}{D}\right)^2} \tag{4.3}$$

тако да је максимална дебљина резног слоја:

$$h_{max} = 2\cdot S_1\cdot\sqrt{\frac{a}{D}-\left(\frac{a}{D}\right)^2} \approx 2\cdot S_1\cdot\sqrt{\frac{a}{D}} \tag{4.4}$$

док је тренутна површина попречног пресека резног слоја:

$$A = h \cdot b = S_1 \cdot b \cdot \sin\varphi \tag{4.5}$$

Код **чеоног глодања** ширина резног слоја (**слика4.2**) следи из троугла GHD:

$$b = \frac{a}{\sin\kappa} \tag{4.6}$$

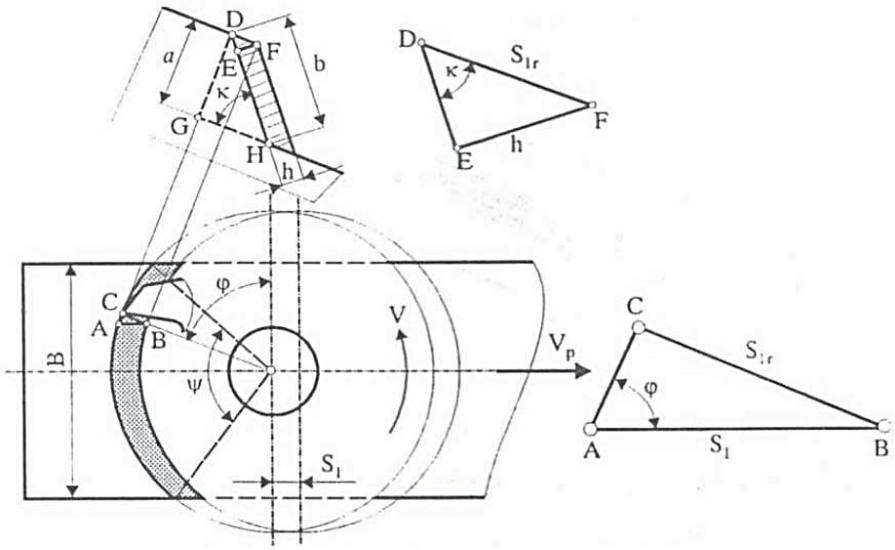
где је **к**- нападни угао зуба чеоног глодала.

У циљу одређивања тренутне дебљине резног слоја (**слика 4.2**) потребно јеидентификовати радијални корак. Исти је из троугла ABC:

$$S_{1r} = S_1 \cdot \sin\varphi \tag{4.7}$$

тако да је дебљина резног слоја,из троугла DEF, одређена изразом:

$$h = S_{1r} \cdot \sin\kappa = S_1 \cdot \sin\varphi \cdot \sin\kappa \tag{4.8}$$



Слика 4.2 *Резни слој при чеоном глодању* [2]

Максимална дебљина резног слоја се јавља у оси алата и за $\varphi = 90^{\circ}$износи:

$$h_{max} = S_1 \cdot \sin\kappa \tag{4.9}$$

а тренутна површина попречног пресека резног слоја:

$$A = h \cdot b = h = S_1 \cdot b \cdot \sin\varphi \tag{4.10}$$

Средња дебљина резног слоја је дебљина струготине на половини захвата алата и предмета обраде, што значи да је код обимног глодања одређена изразом:

$$h_m = S_1 \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} \tag{4.11}$$

Правилније је дефинисати средњу дебљину као просечну дебљину [18,31] користећи релације ,за обимно глодање:

$$h_m = \int_0^{\Psi} \frac{h \cdot R \cdot d\varphi}{R \cdot \Psi} = \frac{S_1}{\Psi} \cdot \int_0^{\Psi} \sin\varphi \cdot d\varphi = \frac{2}{\Psi} \cdot S_1 \cdot \frac{a}{D} \quad \text{за } \Psi, rad \text{ или} \tag{4.12}$$

$$h_m = \frac{114{,}6}{\Psi} \cdot S_1 \cdot \frac{a}{D} \quad \text{за } \Psi^0 \tag{4.13}$$

односно чеоно глодање.

$$h_m = \frac{2}{\Psi} \cdot S_1 \cdot \frac{B}{D} \sin\kappa \tag{4.14}$$

заΨ, rad или

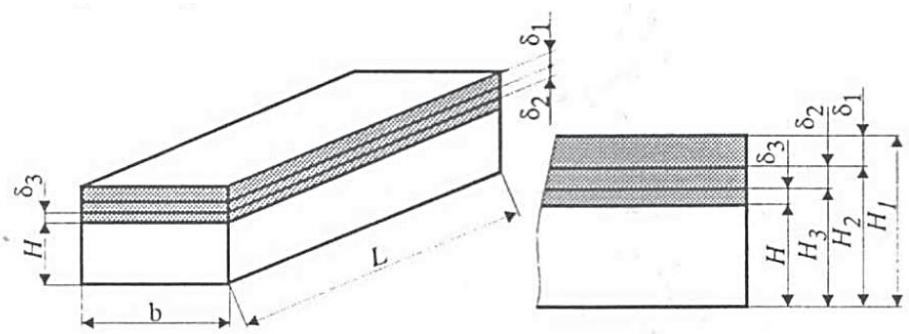
$$h_m = \frac{114{,}6}{\Psi} \cdot S_1 \cdot \frac{B}{D} \sin\kappa \, за \Psi^0 \tag{4.15}$$

Дубина резања при обради равних површина глодањем износи:

$$a = H_1 - H, mm \tag{4.16}$$

Где су H_1и H, mm- одговарајуће димензије пре и након обраде (**слике 4.1 и 4.2**), док су додаци за обраду (**слика 4.3**и **табела П11 и П12**) додатак за:

- δ_1 – грубу обраду глодањем,
- δ_2 – фину обраду глодањем,
- δ_3 – брушење.



Слика 4.3 *Додаци за обраду у обради глодањем* [2]

4.2 Режим обраде глодањем

Режим обраде у обради глодањем (**слика 4.4,табеле 4.1 и 4.2**) је одређен брзином резања:

$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \approx \frac{D \cdot n}{320}, m/\min \tag{4.17}$$

односно бројем обртаја алата:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{D \cdot \pi} \approx \frac{320\, V}{\mathrm{D}}, o/min \tag{4.18}$$

и брзином помоћног кретања:

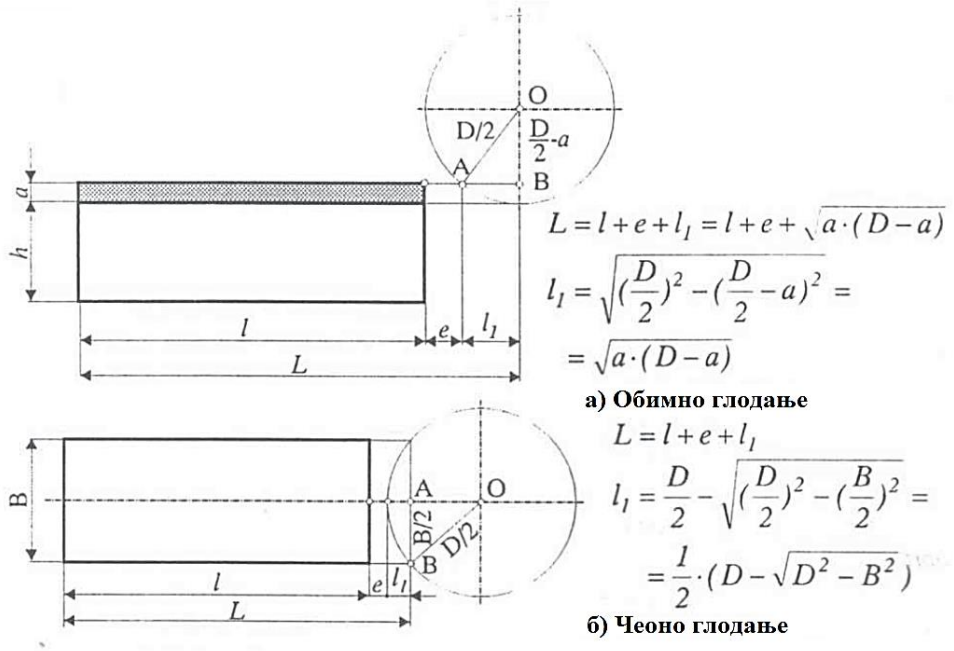
$$V_p = n \cdot S = n \cdot z \cdot S, \frac{mm}{min}. \tag{4.19}$$

На основу параметара режима обраде, главно време обраде је:

$$t_g = i\frac{L}{n \cdot S}, min \tag{4.20}$$

где су, поред познатих величина:

$i = \delta/a$ - број пролаза; δ, mm - додатак за обраду; *a, mm* - дубина резања ; $L = l + e + l_1, mm$ - ход алата (**слика 4.4)** , l,mm - дужина обраде, e=2-5mm - прилаз алата и l_1,*mm* - излаз алата ***(слика 4.4)***,



Слика 4.4 *Основни елементи прорачуна главног времена обраде* [4]

Табела 4.1: Препоручене вредности корака по зубу и брзине резања при глодању [2]

Materijal predmeta obrade	*R_m, MPa ili HB*	*Korak po zubu S_1, mm/z*				*Brzina V, m/min*	
		Tip glodala				*Materijal alata*	
		valjkasta i čeona	*kotura-sta*	*vrete-nasta*	*profilna*	*BČ*	*TM*
Čelik	*do 600*	0,1-0,2	0,06-0,08	0,016-0,08	0,04-0,06	16 - 25	100 - 150
	do 800	0,08-0,16	0,05-0,06	0,012-0,06	0,03-0,05	10 - 18	50 - 100
	do 1100	0,05-0,1	0,04-0,05	0,01-0,04	0,02-0,04	8 - 16	40 - 63
Sivi liv	*do 180HB*	0,16-0,25	0,07-0,1	0,02-0,1	0,05-0,08	16 - 25	50 - 100
	pr. 180HB	0,1-0,2	0,04-0,06	0,012-0,06	0,03-0,05	8 - 18	30 - 80
Bakar		0,2-0,25	0,08-0,1	0,018-0,08	0,05-0,08	40 - 63	63 - 150
Bronza, mesing	*krti*	0,2-0,3	0,07-0,09	0,016-0,07	0,04-0,08	40 - 63	100 - 160
	žilavi	0,16-0,2	0,05-0,06	0,012-0,06	0,03-0,06	32 - 50	80 - 120
Al	*mek*	0,16-0,2	0,06-0,08	0,018-0,09	0,04-0,07	120-250	300 - 500
Al - legure	*kaljene*	0,1-0,16	0,05-0,06	0,016-0,08	0,03-0,06	80-160	160 - 300

**) Donje granice koraka se biraju za finu obradu, a donje granice brzine za grubu obradu*
***) Za alate od TM biraju se manje vrednosti koraka*

4.2.1 Корак по зубу

Основни параметар помоћног кретања је брзина помоћног кретања, а избор параметра помоћног кретања обухвата избор минималне вредности корака по зубу (**табеле 4.3 – 4.6**).

Табела 4.2: Препоручене вредности S_1 и V при глодању глодачким главама [2]

Materijal predmeta obrade	*R_{mb} MPa ili HB*	*Vrsta tvrdog metala*	*Korak po zubu S_1, mm/z*	*Brzina rezanja V, m/min*
Čelik	*do 600*	*P20, P30*	0,1 - 0,28	90 - 160
	do 800		0,1 - 0,25	80 - 140
	do 1100		0,1 - 0,2	70 - 120
Sivi liv	*do 180 HB*	*K 20*	0,16 - 0,36	50 - 80
	preko 180 HB	*K 10*	0,1 - 0,25	40 - 63
Cu i Cu - legure		*K10, K20*	0,1 - 0,2	100 - 250
Aluminijum	*mek*	*K 20*	0,08 - 0,2	500 - 800
Al - legure	*kaljene*	*K 10, K20*	0,1 - 0,25	300 - 400

**) Gornja granica koraka po zubu se bira za grubu obradu*
***) Donja granica brzine rezanja se bira za grubu obradu*

Табела 4.3: Препоручене вредности корака по зубу при обради ваљкастим глодалима [2]

Snaga mašine, kW	*Stabilnost tehnološkog sistema*	*Krupnozuba glodala*		*Sitnozuba glodala*	
		obrada čelika	*obrada sivog liva*	*obrada čelika*	*obrada sivog liva*
preko 10	*visoka*	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8		
	srednja	0,3 - 0,4	0,4 - 0,6		
	mala	0,2 - 0,3	0,25 - 0,4		
5 - 10	*visoka*	0,2 - 0,3	0,25 - 0,4	0,1 - 0,15	0,12 - 0,2
	srednja	0,12 - 0,2	0,2 - 0,3	0,06 - 0,1	0,1 - 0,15
	mala	0,1 - 0,15	0,12 - 0,2	0,05-0,08	0,06-0,12
ispod 5	*srednja*	0,1 - 0,15	0,12 - 0,2	0,05-0,08	0,06-0,12
	mala	0,06 - 0,1	0,1 - 0,15	0,03-0,06	0,05 - 0,1

Табела 4.4: Препоручене вредности корака по зубу при обради котурастим глодалима[2]

Snaga mašine, kW	*Stabilnost tehnološkog sistema*	*Krupnozuba glodala*		*Sitnozuba glodala*	
		obrada čelika	*obrada sivog liva*	*obrada čelika*	*obrada sivog liva*
preko 10	*visoka*	0,15-0,25	0,3 - 0,5		
	srednja	0,12 - 0,2	0,25 - 0,4		
	mala	0,1 - 0,18	0,2 - 0,3		
5 - 10	*visoka*	0,1 - 0,18	0,25 - 0,4	0,08-0,12	0,2 - 0,3
	srednja	0,08-0,15	0,2 - 0,3	0,06 - 0,1	0,15-0,23
	mala	0,06 - 0,1	0,15-0,25	0,02-0,08	0,1 - 0,2
ispod 5	*srednja*	0,04-0,06	0,15-0,25	0,04-0,06	0,1 - 0,2
	mala		0,1 - 0,2		0,08-0,15

Табела 4.5: Препоручене вредности корака по зубу при обради чеоним глодалима [2]

Snaga mašine, kW	*Stabilnost tehno-loškog sistema*	*Krupnozuba glodala*		*Sitnozuba glodala*	
		obrada čelika	*obrada sivog liva*	*obrada čelika*	*obrada sivog liva*
preko 10	*visoka*	0,2 - 0,3	0,4 - 0,6		
	srednja	0,15-0,25	0,3 - 0,5		
	mala	0,1 - 0,15	0,2 - 0,3		
5 - 10	*visoka*	0,12 - 0,2	0,3 - 0,5	0,08-0,12	0,2 - 0,35
	srednja	0,08-0,15	0,2 - 0,4	0,06 - 0,1	0,15 - 0,3
	mala	0,06 - 0,1	0,15-0,25	0,04-0,08	0,1 - 0,2
ispod 5	*srednja*	0,04-0,06	0,15 - 0,3	0,04-0,06	0,12 - 0,2
	mala		0,1 - 0,2		0,08-0,15

Табела 4.6: Препоручене вредности корака по зубу при обради вретенастим глодалима [2]

Prečnik glodala D, mm	*Širina glodanja B, mm*	*Dubina rezanja a, mm*	*Materijal predmeta obrade*	
			Čelik	*Sivi liv*
6	*2 - 10*	*1,5 - 4*	0,15 - 0,05	0,03 - 0,017
		6	0,008	0,015
8	*2 - 10*	*1,5 - 6*	0,012 - 0,05	0,025 - 0,07
		8	0,008	0,015
10	*3 - 15*	*1,5 - 8*	0,01 - 0,05	0,04 - 0,07
		10	0,008	0,015
12	*3 - 15*	*1,5 - 8*	0,015 - 0,05	0,04 - 0,07
		12	0,01	0,02
16	*3 - 20*	*1,5 - 8*	0,03 - 0,08	0,06 - 0,12
		16	0,015	0,04
20	*3 - 20*	*1,5 - 8*	0,05 - 0,02	0,12 - 0,25
		20	0,02	0,06

Усвојена вредност корака се проверава обзиром на:

- дозвољени угиб вратила глодалице или алата и
- квалитет обрађене површине.

Провера корака по зубу обзиром на дозвољене вредности угиба вратила глодалице, при обради ваљкастим и котурастим глодалима (**слика 4.5а**) врши се према изразу:

$$S_1 \leq \left(\frac{110 \cdot E \cdot I \cdot f_{max}}{1{,}22 \cdot C_f \cdot a^{xf} \cdot z_r \cdot b^{rf} \cdot D^{qf} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_h \cdot l^3} \right)^{1/y_f} \tag{4.21}$$

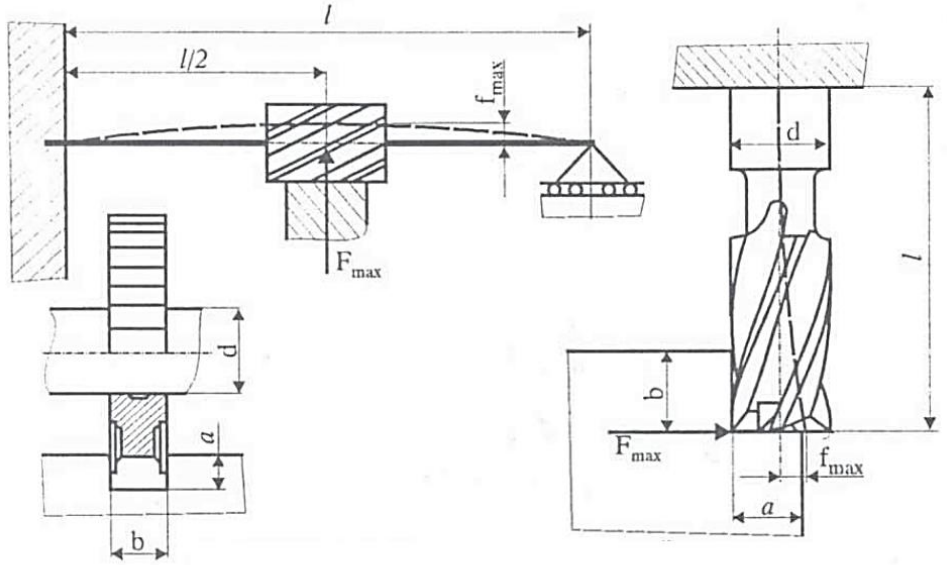
за супротносмерно глодање односно:

$$S_1 \leq \left(\frac{110 \cdot E \cdot I \cdot f_{max}}{1{,}1 \cdot C_f \cdot a^{xf} \cdot z_r \cdot b^{rf} \cdot D^{qf} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_h \cdot l^3} \right)^{1/y_f} \tag{4.22}$$

за истосмерно глодање.

У изразима су: l, mm - распон лежишта врата глодалице; $I \approx 0{,}05\, d^4, mm^4$ –момент инерције попречног пресека вратила глодалице; d, mm – пречник вратила

глодалице;E, MPa –модул еластичности материјала вратила глодалице;$f_{max} = 0{,}05 - 0{,}2mm$ или $f_{max} = \mathrm{T}/6$ - максимално дозбољена вредност угиба вратила глодалице и T, mm - ширина толерантног поља релевантне димензије.



***а*) Обимно глодање** **б) Чеоно глодање**

Слика 4.5 *Угиб вратила глодалице и алата услед дејства отпора резања* [2]

При обради **вретенастим и чеоним глодалима** (**слика 4.5.б**) корак по зубу се проверава обзиром на дозвољени угиб алата-глодала:

$$S_1 \leq \left(\frac{3 \cdot E \cdot I \cdot f_{max}}{1{,}22 \ \cdot C_f \cdot a^{x_f} \cdot z_r \cdot b^{r_f} \cdot D^{q_f} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_h \cdot l^3} \right)^{1/y_f} \tag{4.23}$$

за супротносмерно глодање,односно:

$$S_1 \leq \left(\frac{3 \cdot E \cdot I \cdot f_{max}}{1{,}1 \ \cdot C_f \cdot a^{x_f} \cdot z_r \cdot b^{r_f} \cdot D^{q_f} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_h \cdot l^3} \right)^{1/y_f} \tag{4.24}$$

за истосмерно глодање,где су поред познатих величина: l, mm -препуст глодала;
$I \approx 0{,}05\ d^4\ , mm^4$-момент инерције попречног пресека глодала на месту укљештења;
E, MPa -модул еластичности материјала глодала и $f_{max}\ , mm$ -дозвољени угиб алата.

Провера корака обзиром на квалитет обрађене површине се остварује коришћењем израза:

$$S \leq \frac{C_s \cdot R_z^{x_s} \cdot D^{z_s}}{a^{y_s}}, mm/o \tag{4.25}$$

где су:C_s, x_s, z_s, y_s- константа и експоненти корака (**табела 4.7**);R_z,mm - средња висина неравнина (**табела П1**); D, mm - пречник алата и a, mm- дубина резања.

Из овог израза за познати број зуба глодала z,следи корак по зубу:

$$S_1 = \frac{S}{z}, \frac{mm}{z} \tag{4.26}$$

Меродавна вредност корака по зубу је минимална вредност корака добијена на бази препорука и провере.Иста се не прилагођава машини (стандардизује) већ се користи за даље прорачуне (прорачун брзине резања и броја обрта алата).

Табела 4.7: Константа и експоненти корака обзиром на квалитет обрађене површине [2]

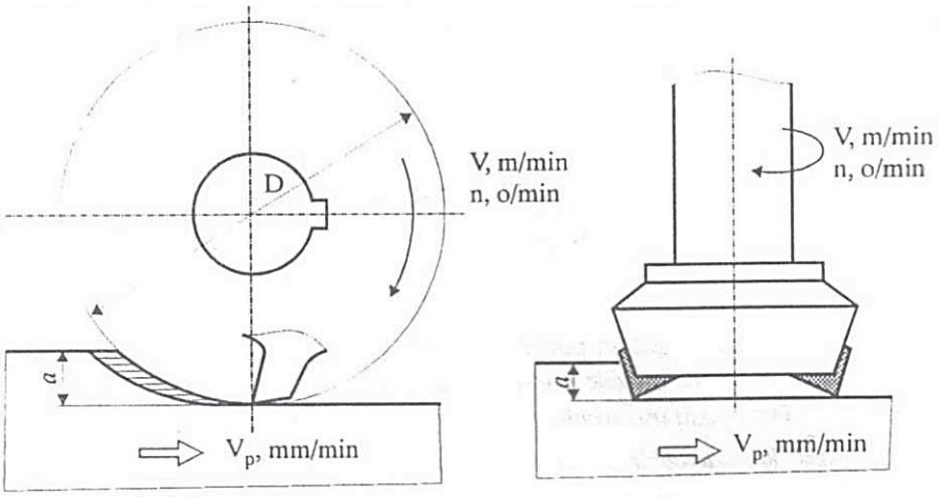
Vrsta alata	*Materijal predmeta obrade*	C_s	x_s	y_s	z_s
Valjkasta glodala	*Č 1530*	0,0125	0,83	0,07	0,64
	Sivi liv	0,02			
Čeona glodala	*Č 1530 valjan*	0,022	1,25	0,07	0,64
	Č 1530 poboljšan	0,046			
	Č 1430 poboljšan	0,025			
	Č 1430 normalizovan	0,032			

4.2.2Брзина резања у обради глодањем

Брзина резања у обради глодањем представља обимну брзину глодала:

$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \approx \frac{D \cdot n}{320}, \frac{m}{min}, \tag{4.27}$$

где су: D, mm- пречник глодала, $n, \mathrm{o}/min$ -број обрта глодала (**слика 4.6**). Избор брзине резања се изводи на основу : препорука и провере(прорачуна).



***а*) Обимно глодање** **б) Чеоно глодање**

Слика 4.6 *Брзина резања у обради глодањем*

Избор **препоручене брзине резања** се врши из табела,датих у литератури и проспектној документацији произвођача алата и машина (**табела 4.8**) , на основу врсте глодања , материјала предмета обраде и алата,дубине резања и корака по зубу итд.

Провера (прорачун) брзине резања обзиром на искоришћење постојаностиалата се изводи преко проширеног израза облика :

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot a^x \cdot S_1^y \cdot b^r \cdot z^n} \cdot K_m \cdot K_a \cdot K_\alpha \cdot K_t \cdot K_h \cdot K_{shp} \cdot K_p, \qquad (4.28)$$

где су:

C_v, q, m, x, y, r и n – константа и експоненти брзине резања (**табеле 4.9** и**4.10**);
D,mm – пречник глодала; a, mm – дубина резања; S_1,mm/z – корак по зубу;
T,min – постојаност алата; b,mm – ширина глодања, z – број зуба глодала,
K_i – корекциони фактори утицаја: K_m – материјала предмета (**табела 4.11**);
K_a – материјала алата (**табела 4.12**); K_α –леђног угла резног клина (**слика 4.7а**);
K_t – тврдоће материјала алата (**слика 4.7б**); K_h – критеријум затупљености алата (**табела 4.13 и 4.14**); K_{shp} – врсте и квалитета SHP и K_p – осталих параметара обраде на брзину резања.[2]

Табела 4.8: Препоручене вредности брзина резања у обради глодањем V, m/min [2]

Materijal predmeta obrade	*Vrsta obrade*	*Vrsta alata (glodala)*			
		valjkasta	*koturasta*	*čeona*	*vretenasta*
Ugljenični čelici	*gruba*	36 - 50	40 - 50	34 - 55	53 - 75
	završna	42 - 60	48 - 60	40 - 66	62 - 90
Legirani čelici - Cr i Ni	*gruba*	32 - 45	36 - 45	30 - 50	48 - 68
	završna	38 - 55	42 - 54	36 - 60	58 - 82
Legirani čelici - Cr, Ni i Mo	*gruba*	28 - 40	32 - 40	27 - 45	40 - 60
	završna	32 - 45	40 - 50	32 - 54	48 - 72
Sivi liv tvrdoće do 200 HB	*gruba*	30 - 42	40 - 60	30 - 48	42 - 54
	završna	33 - 46	48 - 72	36 - 59	50 - 65
Sivi liv tvrdoće preko 200 HB	*gruba*	26 - 37	36 - 54	26 - 42	36 - 48
	završna	30 - 42	42 - 64	31 - 50	42 - 58
Mesing, bronza	*gruba*	85 - 100	80 - 110	70 - 110	
	završna	100-120	96 - 130	84 - 132	

Табела 4.8_1: Препоручене вредности брзина резања, V, m/min [5]

Materijal predm. obrade	*V, m/min*	*Materijal predm. obrade*	*V, m/min*
Legure aluminijuma	300 - 3000	*Čelici*	60 - 450
Sivi liv	90 - 1300	*Nerđajući čelici*	90 - 500
Legure bakra	90 - 1000	*Termoplasti*	90 - 1400
Vatrootporni čelici	30 - 550	*Legure titana*	40 - 150

*) $a = 1 - 8$ mm; $S_1 = 0{,}08 - 0{,}46$ mm/z
**) *alati sa pločicama od TM, keramike, super tvrdih materijala i sl.*

Табела 4. 9: Константа брзине резања C_v у обради глодањем [2]

Materijal predmeta obrade	*Ugljenični čelici R_m = 750 MPa*		*Sivi liv 190HB*		*Kovano gvožđe 160 HB*	
Vrsta glodala	*Korak po zubu S_1, mm/z*					
	> 0,11	*≤ 0,11*	*> 0,15*	*≤ 0,15*	*> 0,1*	*≤ 0,1*
Valjkasta glodala	35,4	55	27	57,6	49,5	77
Koturasta glodala	48	75,5	85		68	105,8
Vretenasta glodala	49		72		68,5	
Čeona glodala	41	64,7	42		57,4	90,5
Profilna (fazonska)	44					

Табела 4.10: Експоненти брзине резања у обради глодањем [2]

Vrsta glodala	*Materijal predmeta obrade*	*Korak S_1, mm/z*	*Eksponenti*					
			m	*y*	*x*	*q*	*n*	*r*
Valjkasta Vretenasta Profilna	*Čelik*	*≤ 0,1*	0,33	0,2	0,3	0,45	0,1	0,1
		> 0,1		0,4				
	Sivi liv	*≤ 0,15*	0,25	0,2	0,5	0,7	0,3	0,3
		> 0,15		0,6				
	Kovano gvožđe	*≤ 0,1*	0,33	0,2	0,3	0,45	0,1	0,1
		> 0,1		0,4				
Čeona Koturasta Testerasta	*Čelik*	*≤ 0,1*	0,2	0,4	0,15**	0,25	0,1	0,3*
		> 0,1		0,2	0,3			0,1
	Sivi liv		0,15	0,4	0,5 0,1**	0,2		0,5 0,1**
	Kovano gvožđe	*≤ 0,1*	0,2	0,4	0,3	0,25		0,3
		> 0,1		0,2	0,15**			0,1**

**) vrednosti se odnose na testerasta glodala, **) vrednosti se odnose na čeona glodala*

Табела 4.11: Корекциони фактор утицаја материјала предмета обраде K_m [2]

Za obradu čelika i obojenih metala: $K_m = M_1 \cdot \left(\frac{700}{R_m}\right)^x$			*Za obradu sivog liva i bronze* $K_m = M_1 \cdot \frac{180}{HB}$		
Materijal predmeta obrade	*M_1*	*x*	*Materijal predmeta obrade*	*M_1*	*x*
Ugljenični čelici - %C<0,6	1	-1	*Ugljenični alatni čelici*	0,7	2
Ugljenični čelici - %C>0,6	0,8		*Legirani alatni čelici*	0,5	
Legirani čelici - Cr	0,8	1	*Brzorezni čelici*	0,4	
Legirani čelici - Cr, Ni, Mo	0,75		*Sivi liv*	1	
Legirani čelici - Cr, Mn, Mo, Si	0,7		*Mesing, bronza*	3	

Табела 4.12: Корекциони фактор утицаја материјала алата K_a [2]

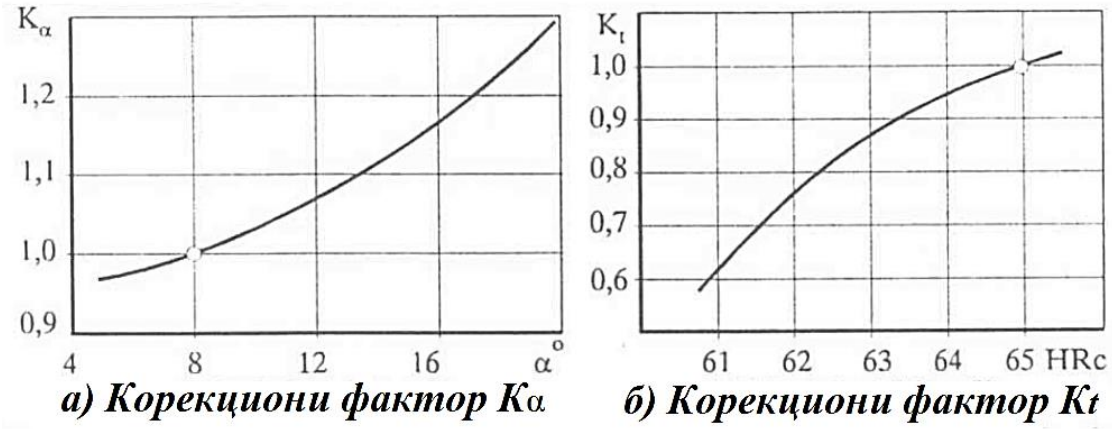
Vrsta alatnog materijala	*Brzorezni čelik*				*Tvrdi metal*			
	Č6880	*Č6882*	*Č6980*	*Č7680*	*K40*	*K30*	*K05*	*K01*
K_a	0,95	1,00	1,15	1,10	1,0	1,47	1,57	1,2

Табела 4.13: Критеријуми затупљења резних елемената глодала h,mm [2]

Vrsta glodala	*Čelik*		*Sivi liv*	
	Vrsta obrade			
	Gruba	*Fina*	*Gruba*	*Fina*
Valjkasta glodala	0,4 - 0,6	0,15 - 0,25	0,5 - 0,8	0,2 - 0,3
Vretenasta glodala	0,15 - 0,2		0,15 - 0,2	
Čeona glodala	1,5 - 2,0	0,3 - 0,5	1,5 - 2,0	0,3 - 0,5
Profilna glodala	0,6 - 0,7	0,2 - 0,3	0,6 - 0,7	0,2 - 0,3

Табела 4.14: Критерију фактор утицаја материјала алата K_a [2]

Vrsta glodala	*Valjkasta*			*Vretenasta*			*Čeona*		
h, mm	*0,2*	*0,4*	*0,6*	*0,15*	*0,3*	*0,4*	*0,5*	*0,8*	*1,2*
K_h	0,7	0,88	1,0	0,7	1,0	1,1	0,75	0,9	1,0



а) Корекциони фактор Kα ***б) Корекциони фактор Kt***

Слика 4.7 Корекциони фактори утицаја леђног угла резног клипа и тврдоће материјала алата [2]

Брзина резања обзиром на расположиву снагу машине следи из израза за снагу машине на основу броја обрта:

$$n = \frac{1{,}91 \cdot 10^7 \cdot P \cdot \eta}{C_f \cdot a^{x_f} \cdot S_1^{y_f} \cdot z_r \cdot b^{r_f} \cdot D^{1+q_f} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_h} \ , \frac{o}{min} \qquad (4.29)$$

4.2.3Избор режима обраде у обради глодањем

Прорачунати економични или меродавни број обрта n, за дати геометријски фактор преносника φ_nсе налази између две суседне стандардне вредности:

$$n_m < n < n_{m+1} \tag{4.30}$$

Прорачунате вредности брзина помоћног кретања:

$$V_{pm} = n_m \cdot S_1 \cdot z \tag{4.31}$$

$$V_{pm+1} = n_{m+1} \cdot S_{1m+1} \cdot z, \tag{4.32}$$

се прилагођавају машини – стандардизују, усвајањем прве мање стандардне вредности за дати геометријски фактор преносника машине за помоћно кретање φ_S.

При томе је корак који одговара већој вредности броја обрта:

$$S_{1m+1} = S_1 \cdot \left(\frac{n}{n_{m+1}}\right)^{\frac{1}{y}} \tag{4.33}$$

На основу брзина помоћног кретања усваја се режим обраде који обезбеђује веће брзине помоћног кретања (краће време израде).

5. ПРОГРАМСКЕ АПЛИКАЦИЈЕ

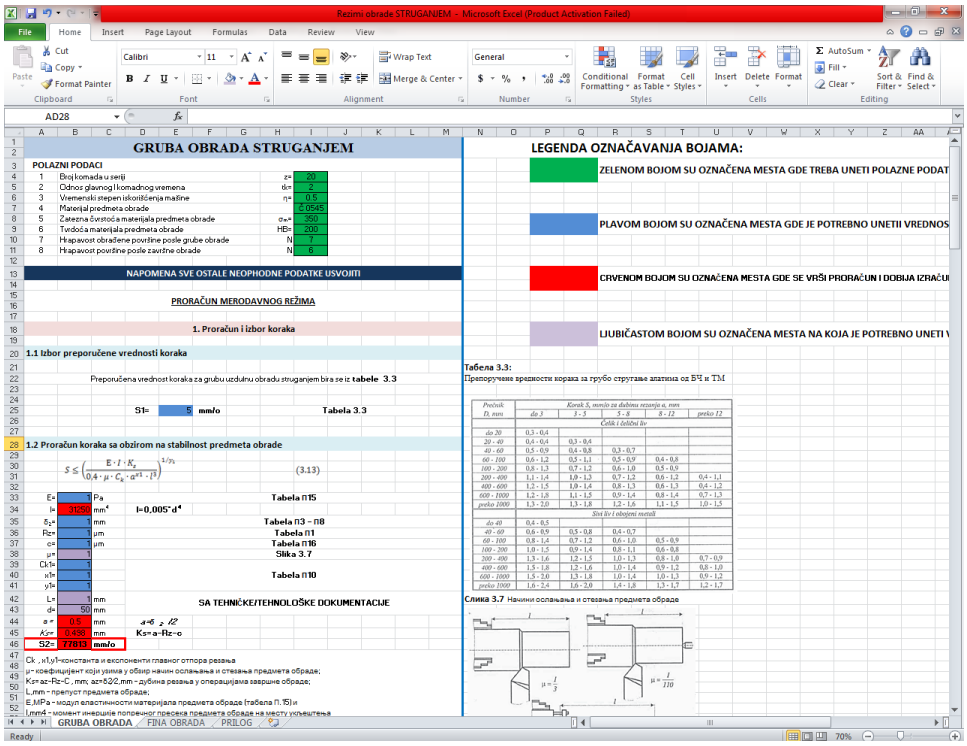
У циљу бољег прегледа литературе, убрзања процеса прорачуна режима обраде, као и смањење могућности настанка рачунске грешке, развијене су две програмске апликације у „EXCEL-u“ (прорачун режима при обради *стругањем* и *глодањем*). Свака појединачно је направљена на основу претходно приказане теорије и поступка прорачуна за карактеристичне примере са полазним подацима попут: броја комада у серији, односа главног и комадног времена, материјала предмета обраде, затезне чврстоће материјала предмета обраде, храпавости обрађене површине после грубе обраде, храпавости после завршене обраде и сл. [6,7]

У случају другачијих полазних података, унутар програма је потребно исте изменити и након тога проверити прорачун аналитичким путем или већ постојећим прорачуном како би се потврдила исправност апликације.

У даљем току рада биће приказано упутство за коришћење обе апликације. Предходне главе рада су подобне за коришћење упоредо са радом у програмским апликацијама јер су у њима издвојене само преко неопходне информације везане за избор и прорачун режима обраде.

5.1 Обрада стругањем

На **слици 5.1** приказан је прозор који се појављује при отварању апликације за прорачун режима грубе обраде при стругању.



Слика 5.1 *Програмска апликација за прорачун режима обраде при грубој обради стругањем (изглед прозора након покретања апликације)*

Да би се олакшало коришћење апликације, разна поља унутар исте обележена су одговарајућим бојама. Легенда означавања боја је дата у свакој од апликација у којима свака од боја има исту сврху у свакој апликацији. Тиме је такође успостављена аналогија између апликација. Легенда означавања бојама је следећа:

ЗЕЛЕНА– зеленом бојом су означена поља где треба унети полазне податке прорачуна,

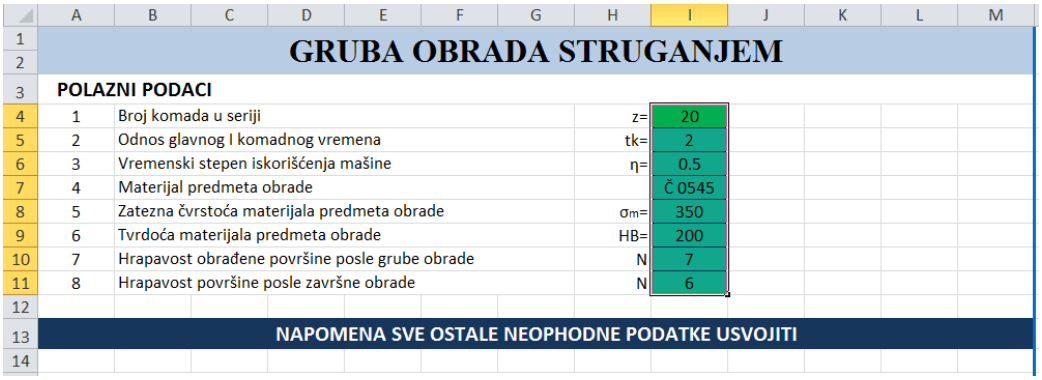
ПЛАВА– плавом бојом су означена поља где је потребно унети вредност из одговарајуће табеле у одговарајућим јединицама (или без јединица у случају ако су питању коефицијенти и сл.),

ЦРВЕНА– црвеном бојом су означена поља где се врши прорачун и добија израчуната вредност или где се понавља већ усвојена или израчуната вредност у претходним корацима прорачуна,

ЉУБИЧАСТА– љубичастом бојом су означена поља у која је потребно унети вредност одређеног параметра, димензије или сл. на основу техничке /технолошке документације дела који се обрађује,

НАРАНЏАСТА– наранџастом бојом су означена поља у која је потребно унети вредност одређеног параметра на основу препорука из литературе (овог рада, [2], [4]…)

На **слици 5.2** приказана су поља на самом старту апликације у која је потребно унети одговарајуће улазне податке неопходне за прорачун режима грубе обраде стругањем.

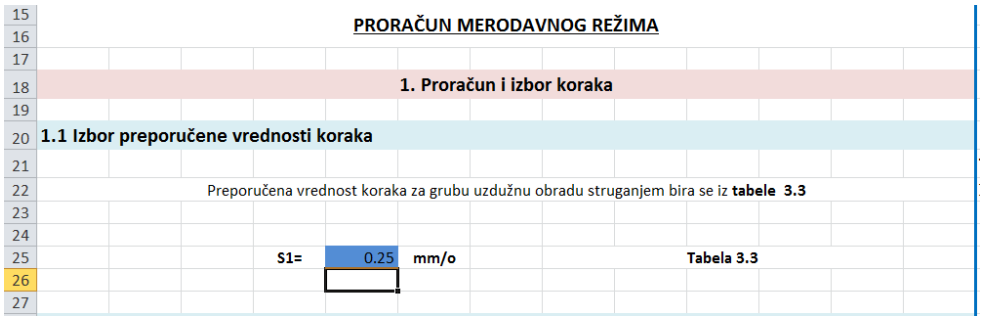


	GRUBA OBRADA STRUGANJEM			
	POLAZNI PODACI			
1	Broj komada u seriji	z=	20
2	Odnos glavnog I komadnog vremena	tk=	2
3	Vremenski stepen iskorišćenja mašine	η=	0.5
4	Materijal predmeta obrade		Č 0545
5	Zatezna čvrstoća materijala predmeta obrade	σm=	350
6	Tvrdoća materijala predmeta obrade	HB=	200
7	Hrapavost obrađene površine posle grube obrade	N	7
8	Hrapavost površine posle završne obrade	N	6
	NAPOMENA SVE OSTALE NEOPHODNE PODATKE USVOJITI		

Слика 5.2 *Уношење полазних података у апликацију*

Након уношења полазних података у одговарајућа поља (према легенди, поља обојена у зелену боју), почиње ток прорачуна. Прорачун је подељен на целине. У првој целини бира се и прорачунава корак. Први део, прве целине намењен је избору препоручене вредности корака према пречнику предмета обраде. Дакле, првенствено је неопходно усвојити препоручену вреност корака из табеле која се налази одмах са десне стране поља (**табела 3.3**, која је исто означена у завршном раду и у програмској апликацији) где је корак у функцији од пречника предмета обраде (тај податак се може прочитати са техничке, односно технолошке документације). На **слици 5.3** приказано је

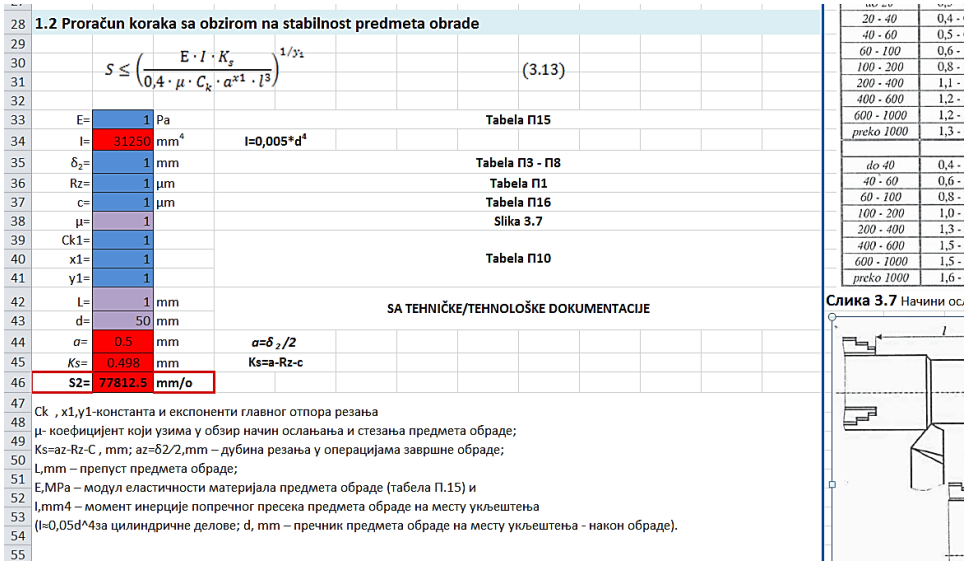
поље у које је потребно унети одговарајућу табличну вредност у одговарајућој јединици (према легенди, плава поља представљају места где се уписују табличне вредности).



15				
16	**PRORAČUN MERODAVNOG REŽIMA**			
17				
18	**1. Proračun i izbor koraka**			
19				
20	**1.1 Izbor preporučene vrednosti koraka**			
21				
22	Preporučena vrednost koraka za grubu uzdužnu obradu struganjem bira se iz **tabele 3.3**			
23				
24				
25	**S1=**	0.25	**mm/o**	**Tabela 3.3**
26				
27				

Слика 5.3 *Избор препоручене вредности корака*

Корак усвојен из **таблице 3.3** добија суфикс **1** (S1) јер је у даљем току програмске апликације помињан исти појам али са различитим вредностима (прорачунате вредности корака). Након избора препоручене вредности , следи прорачун корака са обзиром на три ставке предходно објашњене у **глави 3.2.2.** На **слици 5.4** приказан је даљи ток прорачуна у коме се прорачунава корак са обзиром на стабилност предмета обраде.



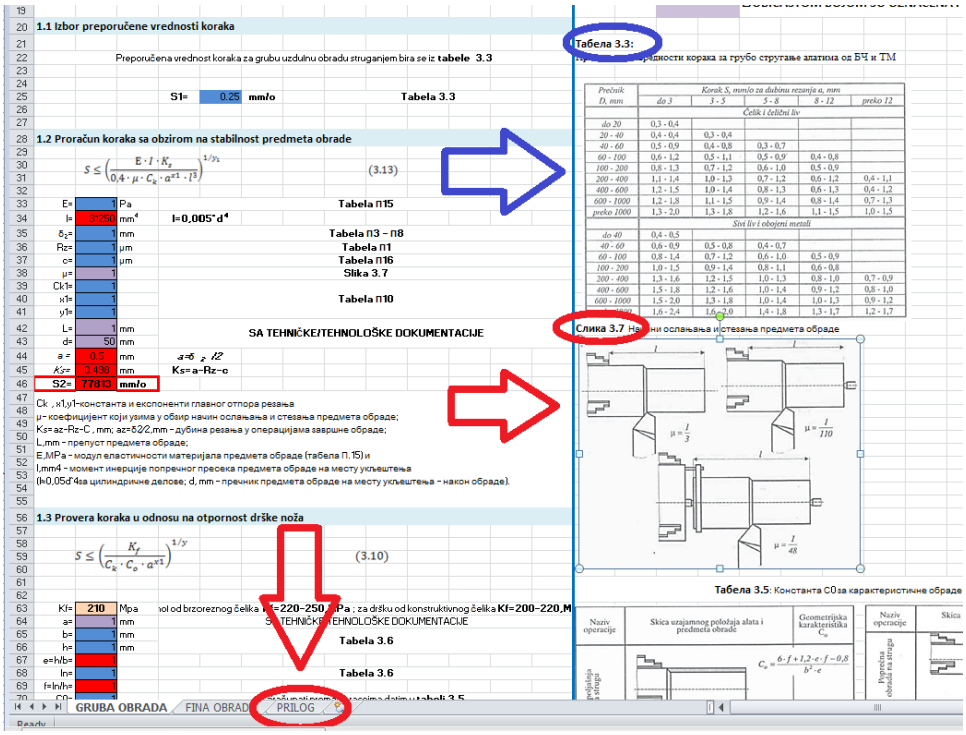
28	**1.2 Proračun koraka sa obzirom na stabilnost predmeta obrade**			
29				
30–31	$S \leq \left(\frac{E \cdot I \cdot K_s}{0{,}4 \cdot \mu \cdot C_k \cdot a^{x1} \cdot l^3}\right)^{1/y_1}$			(3.13)
32				
33	E=	1	Pa	**Tabela П15**
34	I=	31250	mm^4	**I=0,005*d⁴**
35	δ_2=	1	mm	**Tabela П3 - П8**
36	Rz=	1	µm	**Tabela П1**
37	c=	1	µm	**Tabela П16**
38	µ=	1		**Slika 3.7**
39	Ck1=	1		
40	x1=	1		**Tabela П10**
41	y1=	1		
42	L=	1	mm	**SA TEHNIČKE/TEHNOLOŠKE DOKUMENTACIJE**
43	d=	50	mm	
44	*a=*	0.5	mm	***a=δ₂/2***
45	*Ks=*	0.498	mm	**Ks=a-Rz-c**
46	**S2=**	**77812.5**	**mm/o**	
47				
48	Ck , x1,y1-константа и експоненти главног отпора резања			
49	µ- коефицијент који узима у обзир начин ослањања и стезања предмета обраде;			
50	Ks=az-Rz-C , mm; az=δ2/2,mm – дубина резања у операцијама завршне обраде;			
51	L,mm – препуст предмета обраде;			
52	E,MPa – модул еластичности материјала предмета обраде (табела П.15) и			
53	I,mm4 – момент инерције попречног пресека предмета обраде на месту укљештења			
54	(I=0,05d^4за цилиндричне делове; d, mm – пречник предмета обраде на месту укљештења - након обраде).			
55				

20 - 40	0,4 -
40 - 60	0,5 -
60 - 100	0,6 -
100 - 200	0,8 -
200 - 400	1,1 -
400 - 600	1,2 -
600 - 1000	1,2 -
preko 1000	1,3 -
do 40	0,4 -
40 - 60	0,6 -
60 - 100	0,8 -
100 - 200	1,0 -
200 - 400	1,3 -
400 - 600	1,5 -
600 - 1000	1,5 -
preko 1000	1,6 -

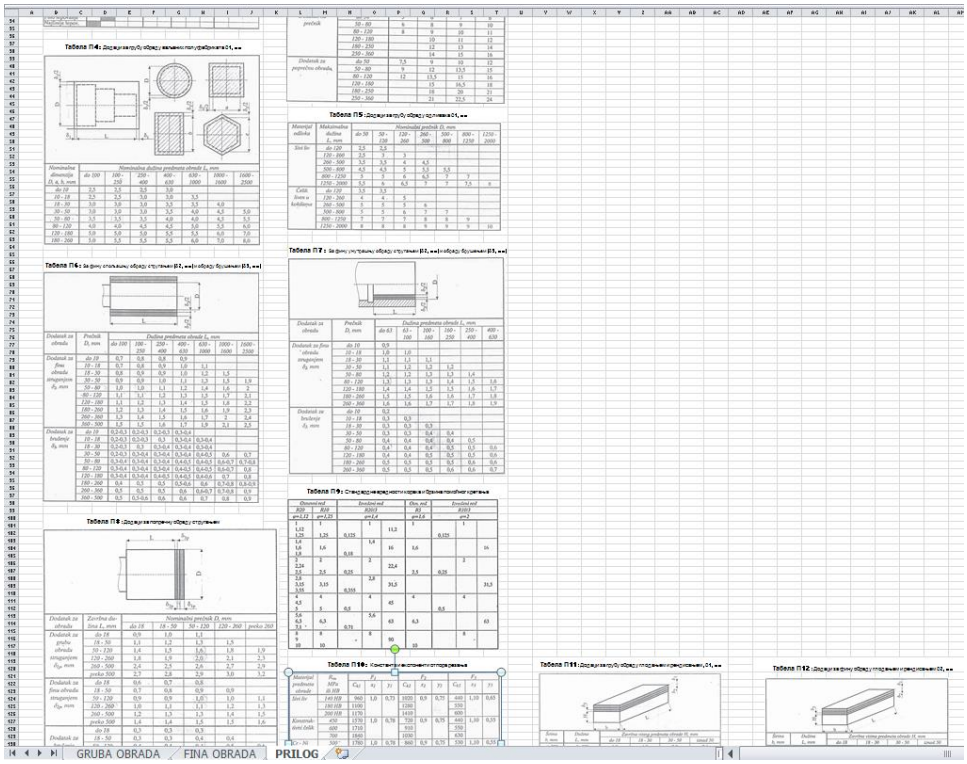
Слика 3.7 Начини ос

Слика 5.4 *Прорачун корака са обзиром на стабилност предмета обраде*

У пољима која су означена плавим бојама усвојене су вредности из табела које се њихове десне стране или у прилогу. На **слици 5.5** приказана је тачна позиција поменутих табела и картице која отвара прилог (доња стрелица обележена црвеном бојом). Такође, на **слици 5.6** приказан је изглед картице „PRILOG“ унутар програмске апликације у којој се налази прилог са табелама. Све табеле које се налазе у прилогу унутар програмске апликације, налазе се и на крају овог завршног радаи исто су означене у оба случаја. Свака, од израђених програмских апликација, осмишљена је тако да се табеле, односно подаци из табела налазе што ближи пољу у којем се траже. Тиме корисник исте неће морати да тражи исте по литератури, убрзаће се поступак прорачуна и смањити могућност погрешног читања из истих и сл.



Слика 5.5 *Положај табела и слика са којих се очитавају одговарајуће вредности тражених параметара*



Слика 5.6 *Изглед прозора након отварања картице* „PRILOG“

Аналогно са претходим делом, следи провера корака у односу на отпорност дршке ножа. На **слици 5.7** приказан је изглед прозора при прорачуну корака у односу на отпорност дршке. На слици се може видети да је поред поља назначено одакле је потребно унети одговарајуће вредности. У случају да нема ознаке, могуће је исту потражити у одговарајућим главама овог рада (у овом случају **глава 3.**) или литератури [2], [4] .

1.3 Provera koraka u odnosu na otpornost drške noža

$$S \leq \left(\frac{K_f}{C_k \cdot C_o \cdot a^{x1}}\right)^{1/y} \qquad (3.10)$$

Kf=	210	Mpa	za nož od brzoreznog čelika **Kf=220-250,MPa** ; za dršku od konstruktivnog čelika **Kf=200-220,MPa,**
a=	1	mm	SA TEHNIČKE/TEHNOLOŠKE DOKUMENTACIJE
b=	1	mm	
h=	1	mm	**Tabela 3.6**
e=h/b=	1		
ln=	1		**Tabela 3.6**
f=ln/h=	1		
C0=	1		Sračunati prema obrascima datim u **tabeli 3.5**
Ck=	1		
x=	1		**Tabela 3.7**
y=	1		
S3=	**210**	**mm/o**	

Kf,MPa-dozvoljeno

напрезање на савијање материјала дршке ножа за: нож од брзорезног челика Kf=220-250,MPa и

дршку од конструктивног челика Kf=200-220,MPa,

Ck1,x1 y1- константа и експоненти главног отпора резања (**табела 3.7**) и

Co- константа која узима у обзир димензије попречног пресека дршке ножа (**табела 3.6**) и положај ножа у односу на предмет обраде (**табела 3.5**).

Слика 5.7*Провера корака на отпорност дршке ножа*

На **слици 5.8** приказан је изглед прозора при провери корака у односу на услове настанка струготине. И ако је потребно проверити само почетни усвојени корак (S1), како би се остварио лепши преглед добијених резултата сва три прорачуна, приказани су сви резултати (S1,S2,S3,S4) са тим да је S4 добијен као средња вредност граничних вредности корака (Израз 3.16). У пољима означеним наранџастом бојом, унете су препоручене вредности према литератури [2].

1.4 Provera koraka sa obzirom na uslove nastanka strugotine

g - koeficijent vitkosti strugotine

gmin= 5 gmax= 10 - **za grubu obradu struganjem**

Uslov:

$$\frac{a}{g_{max}} \leq S \leq \frac{a}{g_{min}} \quad , \qquad (3.16)$$

				S1=		
S41=*a/g max*=	0.1	≤	0.25	≤	0.2	.=*a* /gmin=S41
				S2=		
	0.1	≤	77812.5	≤	0.2	
				S3=		
	0.1	≤	210	≤	0.2	

S4=(S41+S42)/2= 0.15

Слика 5.8 *Провера корака на отпорност дршке ножа*

Након завршеног прорачуна корака у односу на сва три критеријума (односа) и у односу на препоручену вредност добија се меродавна вредност према изразу (2.2) , у односу на коју се усваја таблична, стандардна вредност корака као што је приказано на **слици 5.9.**

104	**1.5 Izbor merodavne vrednosti koraka**			
105				
106				
107	**S=min(S1,S2,S3,S4)**			
108				
109	**Smin=**	**0.15**	mm/o	
110				
111	Sstand=	0.25	mm/o	**Tabela П9**
112				
113				

Слика 5.9 *Избор меродавне вредности корака*

На **слици 5.10** приказан је даљи ток прорачуна режима обраде који је везан за економску страну обраде. Параметар који се односи на економичну употребу алата прорачунава се различито јер је у директној зависности са бруто платама радника, бројем машина које радник опслужује итд.

114	**2. Ekonomična postojanost alata**				
115					
116					
117	m-	eksponent brzine rezanja	**m=**	**0.1**		**Tabela П17**
118	i-	broj ostrenja alata	**i=**	**6**	
119	Ca-	cena alata	**Ca=**	**400**	din
120	t1-	vreme zamene alata	**t1=**	**2**	min
121	t2-	vreme ostrenja alata	**t2=**	**3**	min
122	K1-	bruto plata radnika	**K1=**	**3**	din/min
123	K2-	bruto plata ostraca	**K2=**	**3.2**	din/min
124	K3-	bruto plata strucnog radnika	**K3=**	**3.5**	din/min
125	n1-	faktor ucesca strucnog radnika	**n1=**	**1.58333**	
126	N1-	broj masina koje opslužuje operaciski radnik	**N1=**	**1**	
127	N2-	broj mašina koje opslužuje stručni radnik	**N2=**	**2**	
128					
129	η=	**0.5**	dato postavkom	**Te=**	**265.62**	**min**
130					
131					
132					
133					
134					

$$T_e = \frac{1-m}{m} \cdot \frac{n \cdot k_1 \cdot t_1 + k_2 \cdot t_2 + \frac{C_a}{i+1}}{n \cdot k_1} \qquad (2.5)$$

Слика 5.10 *Економична постојаност алата*

У даљем току програмске апликације врши се прорачун брзине резања при грубој обради стругањем. Прорачун је заснован на основу **поглавља 3.2.3.** На **слици 5.11** приказан је изглед прозора у којем се спроводи прорачун поменуте брзине. Израчунате су брзине за оба случаја (и за уздужну и попречну обраду V1, и за усецање и одсецање V2), са тим да су за даљи ток прорачуна меродавне обе, у зависности од врсте обраде (усецања/одсецања или уздужне/попречне обраде).

3. 1 Brzina rezanja sa obzirom na iskorišćenje ekonomične postojanosti alata

ZA UZDUŽNU I POPREČNU OBRADU

$$V = \frac{C_{v1}}{T^m \cdot a^{x_1} \cdot S^{y_1 (HB/200)^n}} \prod K_i, \qquad (3.18)$$

ZA USECANJE I ODSECANJE

$$V = \frac{C_{v2}}{T^m \cdot a^{x_2} \cdot S^{y_2 (HB/200)^n}} \prod K_i, \qquad (3.19)$$

$$\prod K_i = K_m \cdot K_a \cdot K_\kappa \cdot K_{\kappa 1} \cdot K_r \cdot K_n \cdot K_h \cdot K_{shp} \cdot K_p \qquad (3.20)$$

Cv1,Cv2,m , x1, x2,y1,y2,n- константа и брзине резања (**табеле 3.11 – 3.13**);
a, mm – дубина резања; S,mm/o – корак; T,min – постојаност алата; HB – тврдоћа материјала предмета обраде,
Ki- корекциони фактори утицаја: Km- материјала предмета (**табела 3.14**);K_a- материјала алата (**табела 3.15**); Kк- нападног угла (**табела 3.16**); Kк1- помоћног нападног угла (**табела 3.16**); Kr- радијус врха ножа (**табела 3.16**);Kn-површине попречног пресека дршке стругарског ножа (**табела 3.16**); Kh- критеријум затупљености алата (**табела 3.17**); Kshp- врсте и квалитета SHP и Kp- осталих параметара обраде на брзину резања.

Km=	1		Cv1=	22				
Ka=	1		x1=	0.18				
Kk=	2		y1=	0.17				
Kk1=	1		Cv2=	22				
Kr=	1		x2=	0.14		V1=	227.8142	m/min
Kn=	1		y2=	0.25				
Kh=	1		n=	1.75		V2=	254.5339	m/min
Ksph=	1		a=	1	mm			
Kp=	1		T=	265.6203	min			
			S=Sstand=	0.25	mm/o			
			m=	0.1				
		Pol.pod.	HB=	65				

Слика 5.11 *Прорачун брзине резања са обзиром на искоришћење економичне постојаности алата*

Даљим током прорачуна прорачунава се број обрта с обзиром на искоришћење постојаности алата. На **слици 5.12** приказан је прозор који одговара већ поменутом.

3. 2 Broj obrta s obzirom na iskorišćenje postojanosti alata

$$n = \frac{1000 \cdot V}{D \cdot \pi} \approx \frac{320V}{D}, \frac{o}{min}, \text{ и} \qquad (3.5)$$

D - prečnik predmeta obrade na mestu rezanja

D= 50 mm **SA TEHNIČKE/TEHNOLOŠKE DOKUMENTACIJE**

ne= 1458.01 o/min

Слика 5.12 *Прорачун броја обрта с обзиром на искоришћење постојаности алата*

На **слици 5.13** приказан је даљи ток прорачуна у коме се рачуна број обртаја с обзиром на искоришћење расположиве снаге машине.

3. 3 Broj obrta s obzirom na iskorišćenje raspoložive snage mašine

$$n = n_M \approx \frac{1{,}91 \cdot 10^7 \cdot P \cdot \eta}{D \cdot S^{y_1} \cdot C_k \cdot a^{x1}}, o/min \qquad (3.22)$$

	P=	7.5	kW
polazni podatak -	η=	0.5	
	D=	50	mm
	S=	0.25	mm/o
	y1=	0.17	
	Ck=	1	
	a=	1	mm
	x1=	0.18	
	nM=	1813196	o/min

Tabela П18

Слика 5.13 *Прорачун броја обртаја с обзиром на искоришћење расположиве снаге машине*

На основу **поглавља 2.2,** тачније **слике 2.1**и израза (2.19), даљим током прорачуна добијена је стварна меродавна вредност режима обраде, што је приказано на **слици 5.14.**

4. Merodavni broj obrta I režim obrade

Merodavni broj obta je manji broj obrta

nM<nA ne= 1813196 nm= 125 nm1= 180 nm<ne<nm1

nm1, nm - standardni brojevi obrtaja

Tabela П19

ne=min(nA,nM) $n = \min(n_A, n_M)$ (2.19)

Pri korišćenju većeg standardnog broja obrtaja korak je:

$$S_{m+1} = S\left(\frac{n_e}{n_{m+1}}\right)^{1/y} \qquad (2.9)$$

ne=	1813196	o/min
nm1=	180	o/min
y=	0.17	
S=	0.25	mm/o
Sm1=	8.83E+22	mm/o

Sm1stand.= Tabela П9

Dobijena vrednost sluzi da se usvoji bliza standardna vrednost koja se koristi za dalji proracun

Proizvodi koraka I broja obrtaja za oba slučaja iznose:

Vpm=S*nm	Vpm=	31.25	mm/min
Vpm1=Sm1*nm1	Vpm1=	1.59E+25	mm/min

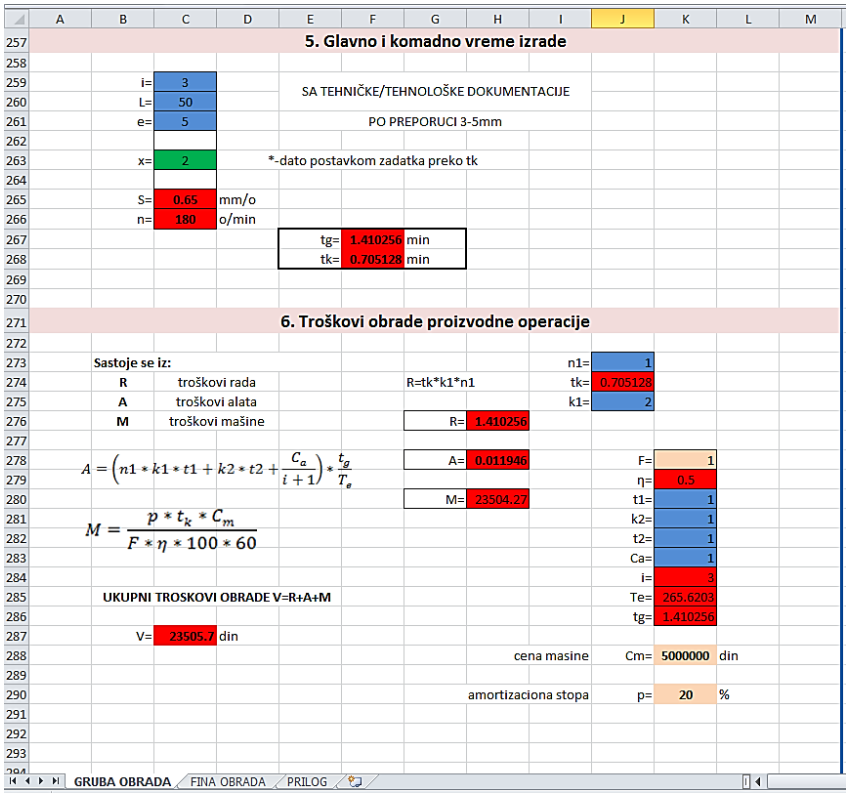
Merodavni rezim obrade cine korak i broj obrtaja koji daju vecu vrednost

S= 0.65 mm/o n= 180 o/min

GRUBA OBRADA FINA OBRADA PRILOG

Слика 5.14 *Финални избор режима обраде при грубој обради стругањем*

Даљи ток рачуна се односи на **главно и комадно време израде** и **трошкове обраде производне операције**што је веома корисно за малосеријске и серијске производње. Подаци који се уносе унутар овог дела прорачуна су претежно статистички и ослицују у зависности од врсте, структуре и материјалне моћи предузећа. На **слици 5.15** дат је приказ прозора унутар програмске апликације у које се рачуна већ поменуто главно, комадно време и трошкови производне операције, односно укупни трошкови обраде.



$$A = \left(n1 * k1 * t1 + k2 * t2 + \frac{C_a}{i+1}\right) * \frac{t_g}{T_e}$$

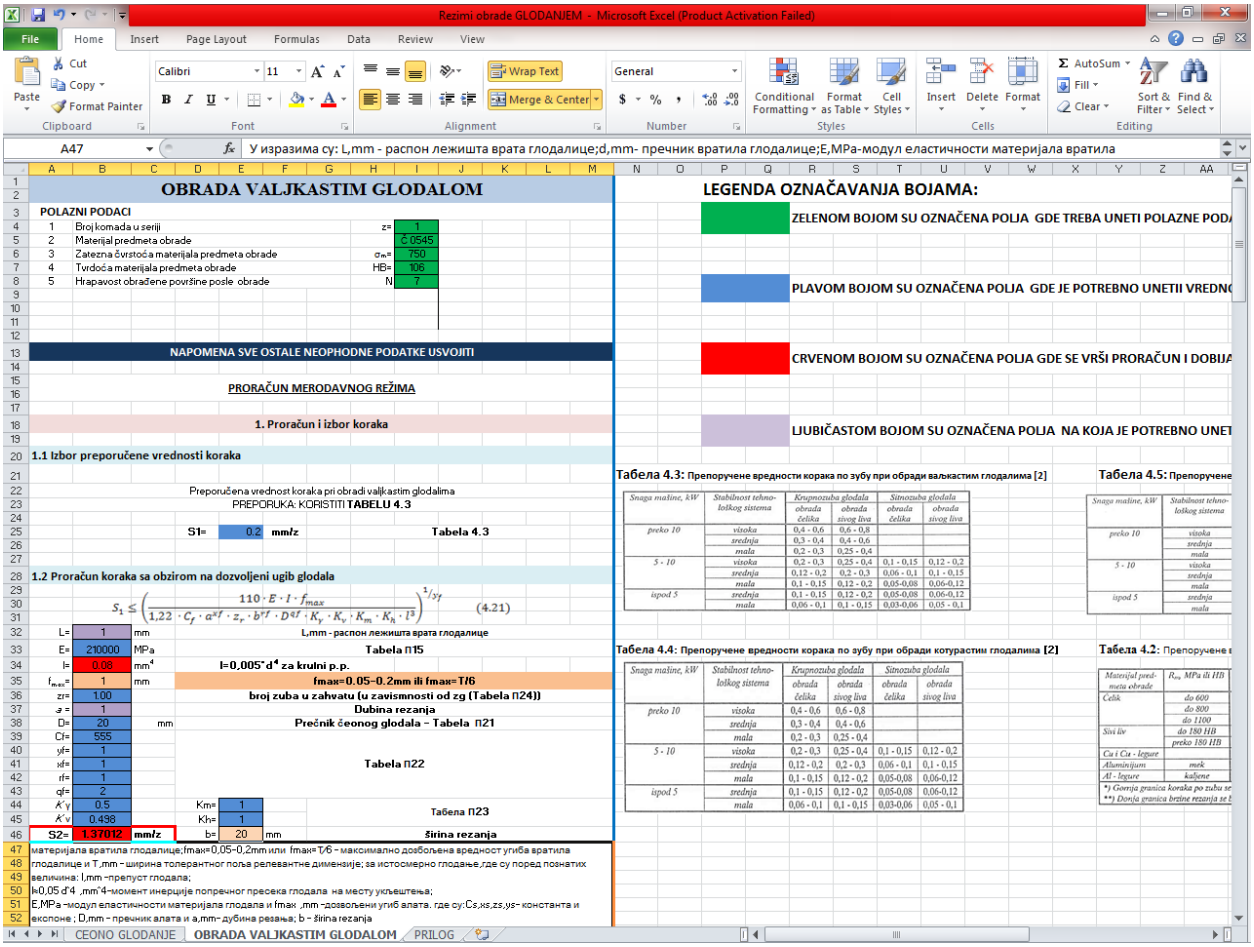
$$M = \frac{p * t_k * C_m}{F * \eta * 100 * 60}$$

Слика 5.15 *Главно и комадно време израде, трошкови обраде производне операције*

Овим прозором је завршен прорачун режима обраде, као и појединих економских показатеља који најбоље оцењују изабрани режим. Код фине обраде стругањем аналогија је идентична, чак је већи део прорачуна потпуно исти, са тим да се користе други обрасци из табела (који одговарају финој обради стругањем).Генерално, разлике су веома мале, и сваки корисник који савлада коришћење приказаног дела апликације требао би једноставно да савлада коришћење другог дела апликације (друга картица унутар екселаса називом „FINA OBRADA“).

5.2 Обрада глодањем

Слично као у предходној апликацији, након покретања исте за прорачун режима обраде глодањем појављује се прозор као на **слици 5.16.**



Слика 5.17 *Програмска апликација за прорачун режима обраде при обради ваљкастим глодалом (изглед прозора након покретања апликације)*

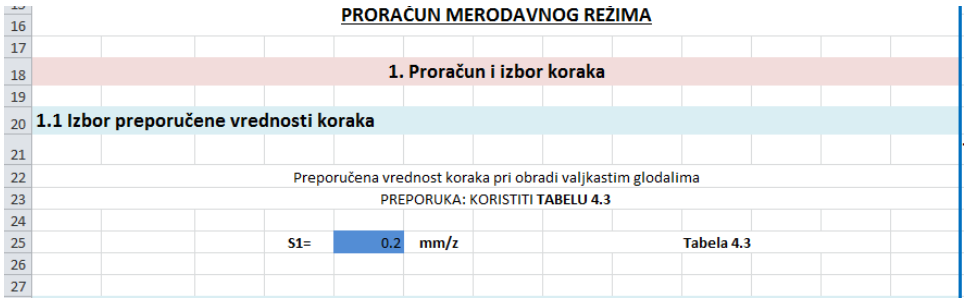
Задржана је аналогија, па како и у апликацији за порачун режима при обради стругањем, тако су и овде оформљене поједине целине. На почетку је означен део, такође зеленом бојом, у које корисник треба унети полазне податке (**слика 5.17**). Након тога почиње прорачун. Ексел табела је подељена на две стране. Прва (лева страна) је прорачунска, док је друга (десна страна) предвиђена за таблице и слике неопходне приликом усвајања осталих параметара неопходних за даљи прорачун. Добра страна апликација је да у случају погрешно унетих параметара, увек постоји могућност преправке која се изводи готово тренутно, након промене погрешно унете вредности.

1	**OBRADA VALJKASTIM GLODALOM**			
3	**POLAZNI PODACI**			
4	1	Broj komada u seriji	z=	1
5	2	Materijal predmeta obrade		Č 0545
6	3	Zatezna čvrstoća materijala predmeta obrade	σm=	750
7	4	Tvrdoća materijala predmeta obrade	HB=	106
8	5	Hrapavost obrađene površine posle obrade	N	7
13	**NAPOMENA SVE OSTALE NEOPHODNE PODATKE USVOJITI**			

Слика 5.17 *Поља предвиђена за уношење полазних података*

За полазне податке је усвојен карактеристичан пример. Није случај да су при сваком прорачуну режима ваљкастим глодалом приказани подаци полазни. Овакви подаци су усвојени јер су најчешћи, односно карактеристични за овакав вид прорачуна. У случају да је су потребни други подаци, могуће је преправити апликацију у кратком временском року.

На **слици 5.18** приказан је почетак прорачуна меродавног режима, односно поље у које се треба унети препоручена вредност корака. Вредност је таблична, и усваја се према таблицама које се налазе одмах са леве стране поља у којима се врши прорачун режима (**слика 5.19**).



PRORAČUN MERODAVNOG REŽIMA

1. Proračun i izbor koraka

1.1 Izbor preporučene vrednosti koraka

Preporučena vrednost koraka pri obradi valjkastim glodalima

PREPORUKA: KORISTITI **TABELU 4.3**

S1= 0.2 mm/z Tabela 4.3

Слика 5.18 *Усвајање препоручене вредности корака при обради ваљкастим глодалом*

1.1 Izbor preporučene vrednosti koraka

Preporučena vrednost koraka pri obradi valjkastim glodalima

PREPORUKA: KORISTITI **TABELU 4.3**

S1= 0.2 mm/z Tabela 4.3

1.2 Proračun koraka sa obzirom na dozvoljeni ugib glodala

$$S_1 \le \left(\frac{110 \cdot E \cdot I \cdot f_{max}}{1{,}22 \cdot C_f \cdot a^{xf} \cdot z_e \cdot b^{yf} \cdot D^{qf} \cdot K_y \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_k \cdot l^3} \right)^{1/yf} \quad (4.21)$$

Табела 4.3: Препоручене вредности корака по зубу при обради ваљкастим глод

Snaga motora, kW	Stabilnost tehnološkog sistema	Krajnominska glodala		Simetrična glodala	
		obrada čelika	obrada sivog lim	obrada čelika	obrada sivog lim
preko 10	visoka	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8		
	srednja	0,3 - 0,4	0,4 - 0,6		
	niska	0,2 - 0,3	0,25 - 0,4		
5 - 10	visoka	0,2 - 0,3	0,25 - 0,4	0,1 - 0,15	0,12 - 0,2
	srednja	0,12 - 0,2	0,2 - 0,3	0,06 - 0,1	0,1 - 0,15
	niska	0,1 - 0,15	0,12 - 0,2	0,05-0,08	0,06-0,12
ispod 5	srednja	0,1 - 0,15	0,12 - 0,2	0,05-0,08	0,06-0,12
	niska	0,06 - 0,1	0,1 - 0,15	0,03-0,06	0,05 - 0,1

Слика 5.19 *Положај табела потребних за усвајање препоручених вредности корака*

Након усвајања табличних вредности следе прорачуни који ће у даљем току рада указивати на исправност одабраних вредности за карактеристичан случај обраде.На **слици 5.20** приказан је прозор у којем се прорачунава корак са обзиром на дозвољени угиб глодала.

1.2 Proračun koraka sa obzirom na dozvoljeni ugib glodala

$$S_1 \leq \left(\frac{110 \cdot E \cdot I \cdot f_{max}}{1{,}22 \cdot C_f \cdot a^{xf} \cdot z_r \cdot b^{rf} \cdot D^{qf} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_h \cdot l^3} \right)^{1/y_f} \quad (4.21)$$

L=	1	mm	L,mm - распон лежишта врата глодалице
E=	210000	MPa	Tabela П15
I=	0.08	mm^4	I=0,005*d^4 za kružni p.p.
f_{max}=	1	mm	fmax=0.05-0.2mm ili fmax=T/6
zr=	1.00		broj zuba u zahvatu (u zavismnosti od zg (Tabela П24))
a=	1		Dubina rezanja
D=	20	mm	Prečnik čeonog glodala - Tabela П21
Cf=	555		Tabela П22
yf=	1		
xf=	1		
rf=	1		
qf=	2		
Kγ	0.5		Km= 1
Kv	0.498		Kh= 1 — Табела П23
S2=	1.370123827	mm/z	b= 20 mm — širina rezanja

У изразима су: L,mm - распон лежишта врата глодалице;d,mm- пречник вратила глодалице;E,MPa-модул еластичности материјала вратила глодалице;fmax=0,05-0,2mm или fmax=T/6 - максимално дозбољена вредност угиба вратила глодалице и T,mm - ширина толерантног поља релевантне димензије; за истосмерно глодање,где су поред познатих величина: I,mm -препуст глодала; I=0,05 d^4 ,mm^4-момент инерције попречног пресека глодала на месту укљештења; E,MPa -модул еластичности материјала глодала и fmax ,mm -дозвољени угиб алата. где су:Cs,xs,zs,ys- константа и експоне ; D,mm - пречник алата и a,mm- дубина резања; b - širina rezanja

Слика 5.20 *Прорачун корака са обзиром на дозвољени угиб глодала*

Идентично као код прорачуна режима при стругању, тако су и овде нека поља плава, нека наранџаста, нека црвена. Према легенди и упутству које се налази у близини (са леве стране или испод) потребно је усвојити одговарајуће параметара у табелама или према препоруци из литература [2] и [4]. Такође, у случају нејасноћа узрокованих нивоом образовања, струком корисника или др. , погодно је по потреби упоредо читати **поглавље 4**у коме се могу наћи разне информације или преко које се корисник може упутити на даљу литературу. То важи за сваки део апликације.

На **слици 5.21** приказан је прозор при прорачуну корака са обзиром на квалитет обрађене површине.

1.3 Provera koraka sa obzirom na kvalitet obradjene površine

$$S \leq \frac{C_s \cdot R_z^{x_s} \cdot D^{z_s}}{a^{y_s}}, mm/o \quad (4.25)$$

Cs=	4		Tabela 4.7
xs=	1		
zs=	1		
ys=	1		
D=	20	mm	
a=	1	mm	
Rz=	0.1	mm	Tabela П1
z=	4		$S_1 = \frac{S}{z}, \frac{mm}{z}$ (4.26)
S=	8	mm/o	S3= 2 mm/z

Cs,xs,zs,ys- константа и експоненти корака (**табела 4.7**); Rz,mm - средња висина неравнина (табела П1); D,mm - пречник алата и a,mm- дубина резања.

Слика 5.21 *Прорачун корака са обзиром на квалитет обрађене површине*

Може се приметити да су обрасци који се користе при прорачуну нумерисани идентично као у раду. Са тиме се додатно остварује веза између овог рада и апликације, односно корисник исте може прецизно и једноставно пронаћи поглавље на које се дати прорачун односи. Као задњи корак при избору меродавне вредности корака, на **слици 5.22** приказан је прозор у којемсе прорачун спроводи аутоматски (бира се минимална вредност прорачунатих и усвојених вр. корака).

104	**1.4 Izbor merodavne vrednosti koraka**
105	
106	
107	**S=min(S1,S2,S3,)**
108	
109	**Smin=** **0.2** mm/z
110	**NAPOMENA: OVA VREDNOST KORAKA SE NE STANDARDIZUJE**
111	
112	
113	

Слика 5.22 *Избор меродавне вредности корака*

Након поменутих прорачуна корака следи део који се односи на економичну постојаност алата (**слика 5.23**) и који је идеализован и који се не може генерализовати јер постоје превелики број фактора који утичу на економичну постојаност алата.

2. Ekonomična postojanost alata

m-	eksponent brzine rezanja	m=	0.1		Tabela 4.10
i-	broj ostrenja alata	i=	5		
Ca-	cena alata	Ca=	400	din	
t1-	vreme zamene alata	t1=	2	min	
t2-	vreme ostrenja alata	t2=	3	min	
K1-	bruto plata radnika	K1=	3	din/min	
K2-	bruto plata ostraca	K2=	3.2	din/min	
K3-	bruto plata strucnog radnika	K3=	3.5	din/min	
n1-	faktor ucesca strucnog radnika	n1=	1.583333		
N1-	broj masina koje opslužuje operaciski radnik	N1=	1		
N2-	broj mašina koje opslužuje stručni radnik	N2=	2		
		Te=	298.8	min	

$$T_e = \frac{1-m}{m} \cdot \frac{n \cdot k_1 \cdot t_1 + k_2 \cdot t_2 + \frac{C_a}{i+1}}{n \cdot k_1} \qquad (2.5)$$

Слика 5.23 *Економична постојаност алата*

Поједина поља су обојена сиво, управо из тих разлога. Вредности која се уносе у њих се могу знатно разликовати од случаја до случаја. Међутим, тачност ових параметара је битна како би се прецизно израчунала брзина резања са обзиром на искоришћење економичне постојаности алата (**слика 5.24).** Осим тога, економска рачуница је императив у свим предузећима па је самим тим битност овог дела апликације јасно битан.

3. Proračun brzine rezanja

3. 1 Brzina rezanja sa obzirom na iskorišćenje ekonomične postojanosti alata

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot a^x \cdot S_1^y \cdot b^r \cdot z^n} \cdot K_m \cdot K_a \cdot K_\alpha \cdot K_t \cdot K_h \cdot K_{shp} \cdot K_p, \qquad (4.28)$$

Ki- корекциони фактори утицаја: K_m- материјала предмета **(табела 4.11)**;

Cv,q,m ,x,y,r и n- константа и експоненти брзине резања **(табеле 4.9 и 4.10);**

D,mm – пречник глодала; a, mm – дубина резања; S1,mm/z– корак по зубу;

T,min – постојаност алата; b,mm – ширина глодања, z – број зуба глодала,

Kp- осталих параметара обраде на брзину резања. [2]

Kh- критеријум затупљености алата **(табела 4.13 и 4.14)**; Kshp- врсте и квалитета SHP

Kt- тврдоће материјала алата **(слика 4.76);**

Ka- материјала алата **(табела 4.12)**; K_α-леђног угла резног клина **(слика 4.7а);**

Km=	1	Cv=	22		
Ka=	1	q=	0.18		
Kα=	2	m=	0.17		
Kt=	1	x=	22		
		y=	0.14	V=	19.96862 mm/min
		r=	0.25		
Kh=	1	D=	20	mm	
Ksph=	1	a=	1	mm	
Kp=	1	T=	298.8	min	
		S=	0.2	mm/o	
b=	20 mm	m=	0.1		
z=zg=	4				

Слика 5.24 *Брзина резања са обзиром на искоришћење економичне постојаности алата*

Даље следи прорачун броја обртаја са обзиром на искоришћење постојаности алата (**слика 5.25**)

3. 2 Broj obrta s obzirom na iskorišćenje postojanosti alata

$$n = \frac{1000 \cdot V}{D \cdot \pi} \approx \frac{320V}{D}, \frac{o}{min}, \text{ и} \qquad (3.5)$$

D - prečnik glodala

D= 20 mm

nе= 319.498 o/min

Слика 5.25 *Број обрта са обзиром на искоришћење постојаности алата*

Након већ поменутих прорачуна следи избор меродавног броја обрта и режима обраде. Односно, следи избор броја обртаја глодала и брзина помоћног кретања, односно брзина кретања предмета приликом глодања. На **слици 5.26** приказани су прорачун и добијени резултати.

4. Merodavni broj obrta I režim obrade

Merodavni broj obta je manji broj obrta

$n_M<n_A$	$n_e=$	2148.75	$n_m=$	125	$n_{m1}=$	180	$n_m<n_e<n_{m1}$

n_{m1}, n_m - standardni brojevi obrtaja

Tabela П19

$n_e=\min(n_A,n_M)$ $$n = \min(n_A, n_M) \quad (2.19)$$

Pri korišćenju većeg standardnog broja obrtaja korak je:

$$S_{m+1} = S\left(\frac{n_e}{n_{m+1}}\right)^{1/y} \quad (2.9)$$

ne=	2148.75	o/min
nm1=	180	o/min
y=	2	
S=	20	mm/o
Sm1=	69.10137	mm/o

Sm1stand.= **Tabela П9**

Dobijena vrednost sluzi da se usvoji bliza standardna vrednost koja se koristi za dalji proracun

Proizvodi koraka I broja obrtaja za oba slučaja iznose:

Vpm=S*nm*zg	Vpm=	2500	mm/min		
				Vpstand=	12500 mm/min
Vpm1=Sm1*nm1*zg	Vpm1=	12438.25	mm/min		

USVAJAJU SE VEĆE VREDNOSTI BRZINE POMOĆNOG KRETANJA I ONA SE STANDARDIZUJE

MERODAVNI REŽIM OBRADE ČINE KORAK I BROJ OBRTA KOJI DAJU VEĆU VREDNOST:

Vp= 500 mm/min **n=** 180 o/min

Слика 5.26 *Меродавни број обрта и режим обраде*

Након избора, односно прорачуна меродваног броја обрта и режима обраде, следи прорачун главног и комадног времена израде приказан на **слици 5.27.**

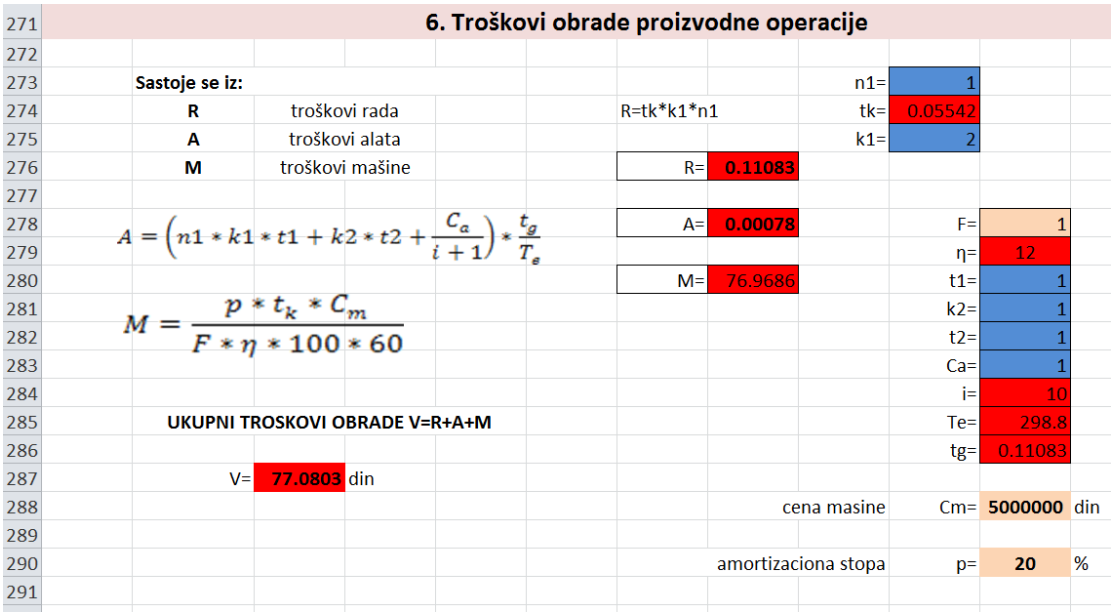
5. Glavno i komadno vreme izrade

b=	4	mm	
D=	10	mm	
l=	50	mm	SA TEHNIČKE/TEHNOLOŠKE DOKUMENTACIJE
e=	5	mm	PO PREPORUCI 3-5mm
L=	55.4174	mm	
x=	2		
v=	500	mm/o	
n=	180	o/min	
tg=	0.11083	min	
tk=	0.05542	min	

Слика 5.27 *Главно и комадно време израде*

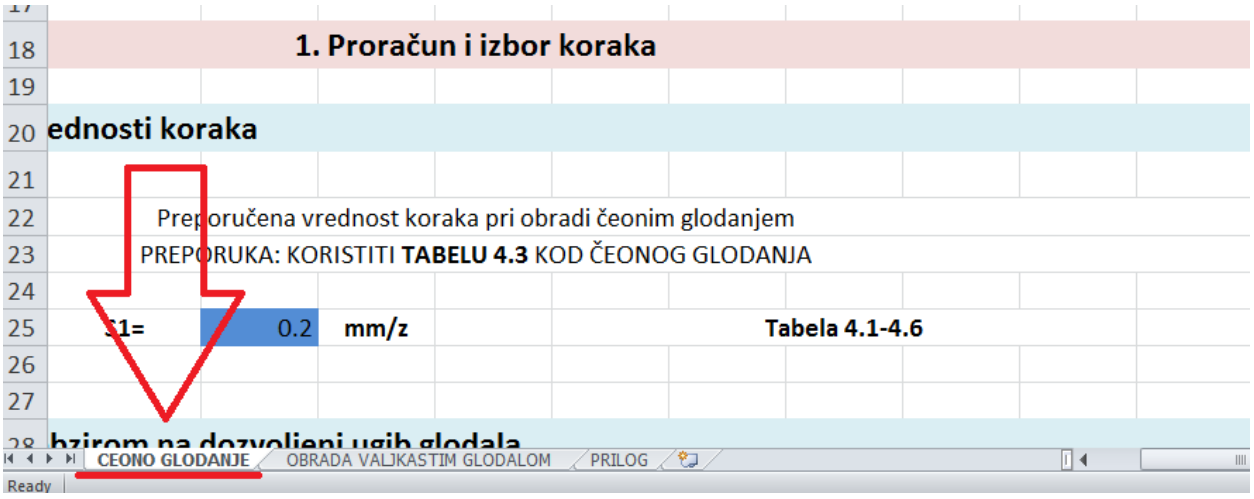
Прецизан прорачун главног и комадног времена су битни при серијској производњи. Прорачун који је дат је, оквиран. У серијским производњама, прорачун се модификује, проширује и обогаћује новим експерименталним подацима који карактеришу производњу, односно компанију као носиоца исте.

Такође, прорачуната времена директно утичу на прорачун трошкова обраде производне операције што им додатно даје на важности. На **слици 5.28** приказан је прозор унутар програмске апликације у којем се врши прорачун трошкова обраде за претходно израчунате и усвојене податке.



Слика 5.28 *Трошкови обраде производне операције*

Прорачун режима чеоног глодања спроводи се у картици број 1. са називом „ČEONO GLODANJE“ (**слика 5.29**). Прорачун, обрасци и табеле које се користе при прорачуну режима чеоног глодања готово су идентични са прорачуном режима при обради ваљкастим глодалом.



Слика 5.29 *Положај картице за прорачун чеоног глодања*

6. ЗАКЉУЧАК

У 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.Израђена апликација може ефикасно заменити софтвер, са тим да је база података ове апликације заправо литература [2,4,5]. Предност оваквих апликација у односу на специјализоване софтвере је у цени. Може се израдити потпуно бесплатно у било ком тренутку, ажурирати новим литературним изворима, лако допунити, променити и осавременити у будућности. Доступност малим металопрерађивачким предузећима путем интернета, ових апликација заједно са завршним радом, може бити добар начин да се верификују у пракси.

Циљ овог рада било је прављење апликације помоћу које ће се убрзати процес одређивања режима обраде у обради метала стругањем и глодањем.На исти начин може се одрадити апликација за остале видове обраде.Овај рад може се даље унапређивати како би се добила апликација која сама претражује табеле и спроводи прорачун потпуно аутоматски.Свакако, коришћењем овог рада, у коме су издвојене само преко неопходне информације везане за избор и прорачун режима обраде и програмских апликација, кориснику би требало бити омогућено да ефикасно прорачуна поменуте режиме са повећаном сигурношћу у односу на аналитички начин (рачуном).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Митровић А., *Моделирање процеса обраде резањем,* Докторска дисертација, Факултет техничких наука у Новом Саду, Нови Сад, 2016.

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

[3] Калајџић М., Тановић Љ., *Технологија обраде резањем, приручник,* Машински факултет, Београд, 1998.

[4] Лазић М., *Технологија обраде метала резањем, уџбеник,* Машински факултет, Крагујевац, 2002.

[5] Kalapakijan S. , *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, Addison Wesley Publisching Company, Sydney 1997.

[6] Лазић М., *Обрада метала резањем, збирка решених задатака,* Машински факултет, Крагујевац, 1982.

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

ПРИЛОГ

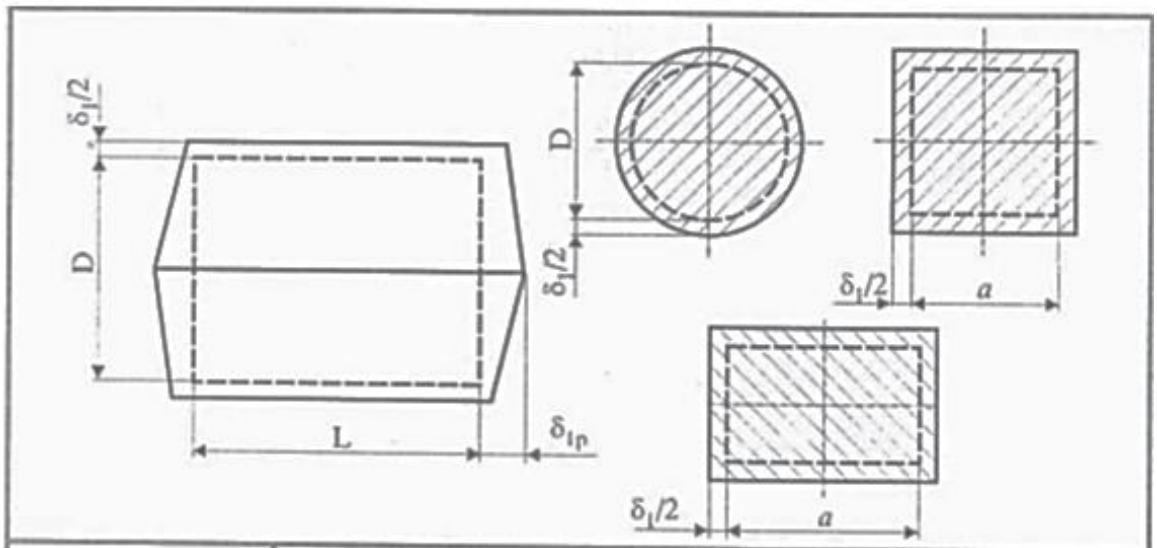
Табела П1: Класе храпавости површина при појединим поступцима обраде

GRADACIJE		NAJFINIJA OBRADA				FINA OBRADA		PRETHODNA OBRADA			GRUBA OBRADA		
KLASA KVALITETA		N1/ ▽	N2/ ▽	N3/ ▽	N4/ ▽	N5/ ▽	N6/ ▽	N7/ ▽	N8/ ▽	N9/ ▽	N10/ ▽	N11/ ▽	N12/ ▽
VRSTA OBRADE	R_a, µm	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
	R_z, µm	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200
	R_{max}, µm	0,16	0,32	0,64	1,25	2,5	5	10	20	40	80	160	320
Grubo rendisanje											■	■	■
Fino rendisanje								■	■	■			
Grubo struganje											■	■	■
Prethodno strug.									■	■			
Fino struganje								■					
Najfinije struganje						■	■						
Bušenje										■	■		
Upuštanje									■	■			
Proširivanje							■	■					
Fino razvrtanje					■								
Najfinije razvrt.				■									
Grubo glodanje											■	■	■
Prethodno glod.									■	■			
Fino glodanje								■					
Najfinije glodanje					■	■							
Provlačenje							■	■					
Fino provlačenje					■	■							
Grubo brušenje								■	■	■	■		
Normalno bruš.						■	■						
Fino brušenje					■								
Najfinije brušenje				■									
Honovanje			■	■									
Fino honovanje		■											
Najfinije honov.	■												
Grubo lepovanje					■	■							
Prethodno lepov.			■	■									
Fino lepovanje		■											
Najfinije lepov.	■												

Табела П2: Додаци за грубу обраду полуфабр. формираних ковањем у калупима δ_1, mm

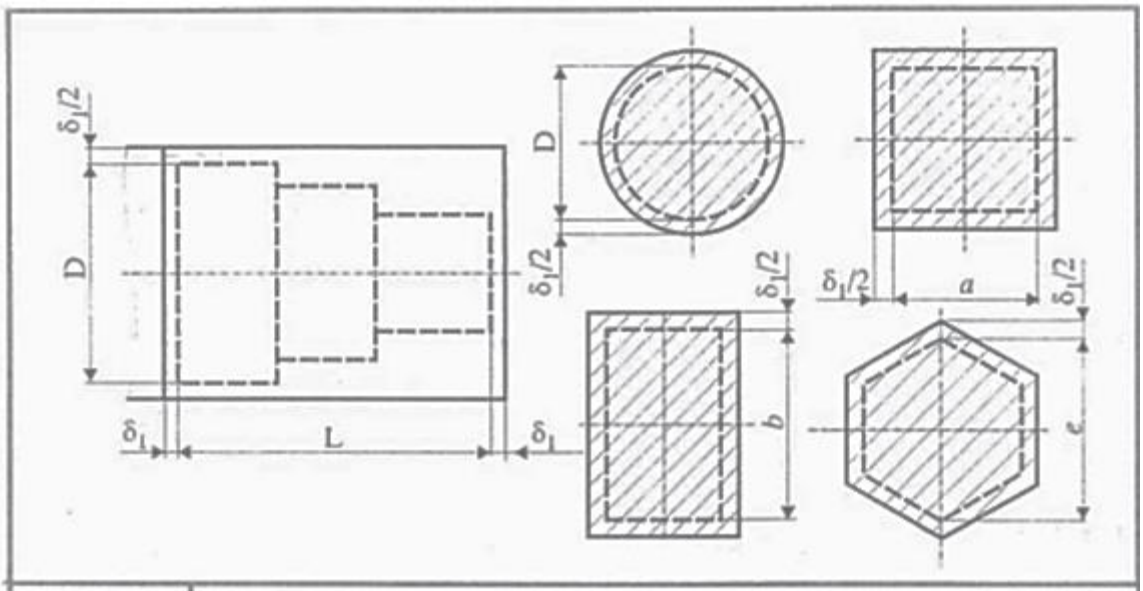
Maksimalna dimenzija kalupa	Kvalitet površine			Maksimalna dimenzija kalupa	Kvalitet površine		
	N11	N8	N7		N11	N8	N7
do 100	1,25	1,75	2	350 - 500	2,5	3	3,25
100 -160	1,5	2	2,25	500 - 630	3	3,25	3,5
160 - 250	1,75	2,25	2,5	630 - 800	3,25	3,5	3,75
250 - 350	2	2,5	2,75	800 - 1000	3,5	4	4,25

Табела П3: Додаци за грубу обраду полуфабриката формираних слободним ковањем



Dodatak za grubu obradu δ_1, mm	Nominalna dimenzija preseka D, a mm	Nominalna dužina predmeta obrade L, mm			
		do 250	250 - 500	500 - 800	800 - 1250
Dodatak na prečnik	do 50	5	6	7	8
	50 - 80	6	8	9	10
	80 - 120	8	9	10	11
	120 - 180		10	11	12
	180 - 250		12	13	14
	250 - 360		14	15	16
Dodatak za poprečnu obradu	do 50	7,5	9	10	12
	50 - 80	9	12	13,5	15
	80 - 120	12	13,5	15	16
	120 - 180		15	16,5	18
	180 - 250		18	20	21
	250 - 360		21	22,5	24

Табела П4: Додаци за грубу обраду ваљаних полуфабриката **δ_1,** mm

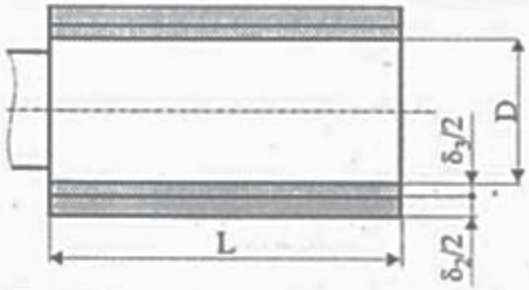


Nominalna dimenzija D, a, b, mm	Nominalna dužina predmeta obrade L, mm						
	do 100	100 - 250	250 - 400	400 - 630	630 - 1000	1000 - 1600	1600 - 2500
do 10	2,5	2,5	2,5	3,0			
10 - 18	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5		
18 - 30	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	
30 - 50	3,0	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
50 - 80	3,5	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	5,5
80 - 120	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,5	6,0
120 - 180	5,0	5,0	5,0	5,5	5,5	6,0	7,0
180 - 260	5,0	5,5	5,5	5,5	6,0	7,0	8,0

Табела П5: Додаци за грубу обраду одливака**δ_1,** mm

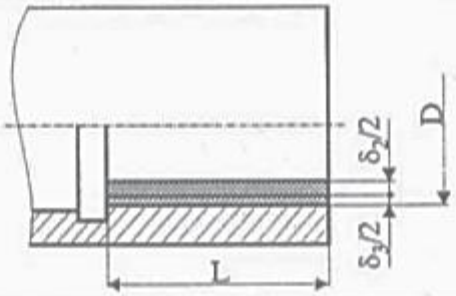
Materijal odlivka	Maksimalna dužina L, mm	Nominalni prečnik D, mm						
		do 50	50 - 120	120 - 260	260 - 500	500 - 800	800 - 1250	1250 - 2000
Sivi liv	do 120	2,5	2,5					
	120 - 260	2,5	3	3				
	260 - 500	3,5	3,5	4	4,5			
	500 - 800	4,5	4,5	5	5,5	5,5		
	800 - 1250	5	5	6	6,5	7	7	
	1250 - 2000	5,5	6	6,5	7	7	7,5	8
Čelik liven u kokilama	do 120	3,5	3,5					
	120 - 260	4	4	5				
	260 - 500	5	5	5	6			
	500 - 800	5	5	6	7	7		
	800 - 1250	7	7	7	8	8	9	
	1250 - 2000	8	8	8	9	9	9	10

Табела П6: За фину спољашњу обраду стругањем(**δ_2,** mm) и обраду брушењем (**δ_3,** mm)



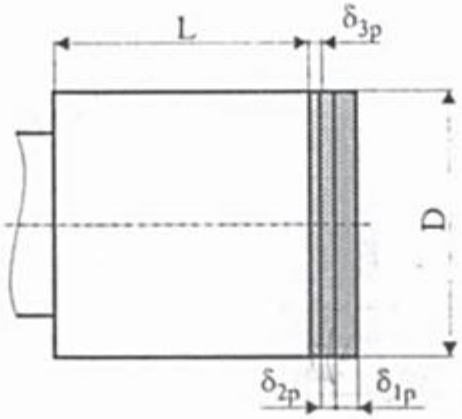
Dodatak za obradu	*Prečnik D, mm*	*Dužina predmeta obrade L, mm*						
		do 100	*100 - 250*	*250 - 400*	*400 - 630*	*630 - 1000*	*1000 - 1600*	*1600 - 2500*
Dodatak za finu obradu struganjem δ_2, mm	*do 10*	0,7	0,8	0,8	0,9			
	10 - 18	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1		
	18 - 30	0,8	0,9	0,9	1,0	1,2	1,5	
	30 - 50	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,9
	50 - 80	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	2
	80 - 120	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,1
	120 - 180	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,8	2,2
	180 - 260	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9	2,3
	260 - 360	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	2	2,4
	360 - 500	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,5
Dodatak za brušenje δ_3, mm	*do 10*	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,3-0,4			
	10 - 18	0,2-0,3	0,2-0,3	0,3	0,3-0,4	0,3-0,4		
	18 - 30	0,2-0,3	0,3	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4		
	30 - 50	0,2-0,3	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,4-0,5	0,6	0,7
	50 - 80	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,4-0,5	0,4-0,5	0,6-0,7	0,7-0,8
	80 - 120	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,4-0,5	0,4-0,5	0,6-0,7	0,8
	120 - 180	0,3-0,4	0,3-0,4	0,4-0,5	0,4-0,5	0,4-0,6	0,7	0,8
	180 - 260	0,4	0,5	0,5	0,5-0,6	0,6	0,7-0,8	0,8-0,9
	260 - 360	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,9
	360 - 500	0,5	0,5-0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9

Табела П7: За фину унутрашњу обраду стругањем (**δ_2,** mm) и обраду брушењем (**δ_3,** mm)



Dodatak za obradu	*Prečnik D, mm*	*Dužina predmeta obrade L, mm*					
		do 63	*63 - 100*	*100 - 160*	*160 - 250*	*250 - 400*	*400 - 630*
Dodatak za finu obradu struganjem δ_2, mm	*do 10*	0,9					
	10 - 18	1,0	1,0				
	18 - 30	1,1	1,1	1,1			
	30 - 50	1,1	1,2	1,2	1,2		
	50 - 80	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	
	80 - 120	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6
	120 - 180	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7
	180 - 260	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8
	260 - 360	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9
Dodatak za brušenje δ_3, mm	*do 10*	0,2					
	10 - 18	0,3	0,3				
	18 - 30	0,3	0,3	0,3			
	30 - 50	0,3	0,3	0,4	0,4		
	50 - 80	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	
	80 - 120	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
	120 - 180	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6
	180 - 260	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
	260 - 360	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7

Табела П8: Додаци за попречну обраду стругањем



Dodatak za obradu	*Završna dužina L, mm*	*Nominalni prečnik D, mm*				
		do 18	*18 - 50*	*50 - 120*	*120 - 260*	*preko 260*
Dodatak za grubu obradu struganjem δ_{1p}, mm	*do 18*	0,9	1,0	1,1		
	18 - 50	1,1	1,2	1,3	1,5	
	50 - 120	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
	120 - 260	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3
	260 - 500	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9
	preko 500	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2
Dodatak za finu obradu struganjem δ_{2p}, mm	*do 18*	0,6	0,7	0,8		
	18 - 50	0,7	0,8	0,9	0,9	
	50 - 120	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1
	120 - 260	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3
	260 - 500	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5
	preko 500	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6
Dodatak za brušenje δ_{3p}, mm	*do 18*	0,3	0,3	0,3		
	18 - 50	0,3	0,3	0,4	0,4	
	50 - 120	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6
	120 - 260	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
	260 - 500	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
	preko 500	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
Odsecanje	*Širina noža B, mm*	2	4	5	7	8 - 11

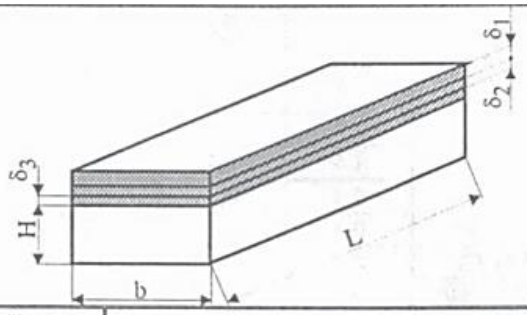
Табела П9: Стандардне вредности корака и брзина помоћног кретања

Osnovni red		*Izvedeni red*			*Osn. red*	*Izvedeni red*		
R20	*R10*	*R20/3*			*R5*	*R10/3*		
φ=1,12	*φ=1,25*	*φ=1,4*			*φ=1,6*	*φ=2*		
1 1,12 1,25	1 1,25	0,125	1	11,2	1	0,125	1	
1,4 1,6 1,8	1,6	0,18	1,4	16	1,6			16
2 2,24 2,5	2 2,5	0,25	2	22,4	2,5	0,25	2	
2,8 3,15 3,55	3,15	0,355	2,8	31,5				31,5
4 4,5 5	4 5	0,5	4	45	4	0,5	4	
5,6 6,3 7,1	6,3	0,71	5,6	63	6,3			63
8 9 10	8 10		8	90	10		8	

Табела П10: Константа и експоненти отпора резања

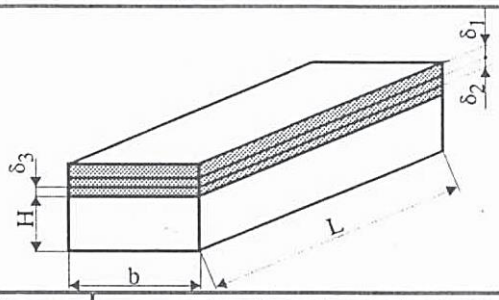
Materijal predmeta obrade	*R_m, MPa ili HB*	*F_1*			*F_2*			*F_3*		
		C_{k1}	*x_1*	*y_1*	*C_{k2}*	*x_2*	*y_2*	*C_{k3}*	*x_3*	*y_3*
Sivi liv	*140 HB*	960	1,0	0,73	1020	0,9	0,75	440	1,10	0,65
	180 HB	1100			1280			550		
	200 HB	1170			1410			600		
Konstruk-tivni čelik	*450*	1570	1,0	0,78	720	0,9	0,75	440	1,10	0,55
	600	1710			910			550		
	700	1840			1030			630		
Cr - Ni čelik	*500*	1780	1,0	0,78	860	0,9	0,75	530	1,10	0,55
	700	2030			1130			690		
Hrom čelik	*450*	1720	1,0	0,78	790	0,9	0,75	480	1,10	0,55
	700	2030			1130			690		
Bronza	*200 - 300*	800	1,0	0,73	*Vrednosti otpora prodiranja i otpora pomočnog kretanja se kreću u granicama:* $F_2 = (0,3 - 0,5)\ F_1$ $F_3 = (0,15 - 0,3)\ F_1$					
	300 - 380	1000								
Mesing	*220 - 360*	700	1,0	0,78						
	360 - 480	850								
Alumi-nijum	*60-80 HB*	400	1,0	0,80						
	80-100HB	600								

Табела П11:Додаци за грубу обраду глодањем и рендисањем, δ_1, mm



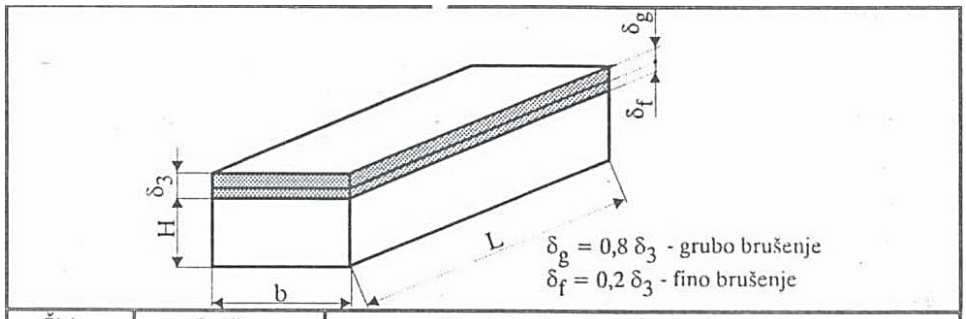
Širina b, mm	Dužina L, mm	Završna visina predmeta obrade H, mm			
		do 18	18 - 30	30 - 50	iznad 50
≤ 200	do 100	1,9	1,9	2,0	2,1
	100 - 250	2,4	2,5	2,5	2,6
	250 - 400		3,0	3,1	3,2
	400 - 630			3,9	4,0
	630 - 1000				5,3
> 200	do 100	2,2	2,2	2,2	2,4
	100 - 250	2,7	2,7	2,8	2,9
	250 - 400		3,2	3,3	3,4
	400 - 630			4,1	4,2
	630 - 1000				5,6

Табела П12: Додаци за фину обраду глодањем и рендисањем δ_2, mm



Širina b, mm	Dužina L, mm	Završna visina predmeta obrade H, mm			
		do 18	18 - 30	30 - 50	iznad 50
≤ 200	do 100	1,0	1,0	1,1	1,1
	100 - 250	1,1	1,1	1,2	1,2
	250 - 400		1,2	1,3	1,3
	400 - 630			1,4	1,4
	630 - 1000				1,8
> 200	do 100	1,2	1,2	1,3	1,3
	100 - 250	1,3	1,3	1,4	1,4
	250 - 400		1,4	1,5	1,5
	400 - 630			1,6	1,6
	630 - 1000				1,9

Табела П13: Додаци за равно брушење δ_3, mm



Širina b, mm	*Dužina L, mm*	*Završna visina predmeta obrade H, mm*			
		do 18	*18 - 30*	*30 - 50*	*iznad 50*
≤ 200	*do 100*	0,3	0,3	0,4	0,4
	100 - 250	0,4	0,4	0,4	0,5
	250 - 400		0,4	0,5	0,6
	400 - 630			0,6	0,6
	630 - 1000				0,8
> 200	*do 100*	0,3	0,4	0,4	0,5
	100 - 250	0,4	0,4	0,4	0,5
	250 - 400		0,5	0,5	0,6
	400 - 630			0,6	0,7
	630 - 1000				0,8

Табела П14: Оријенатационе вредности модула еластичности и густине материјала

Materijal	*E, MPa*	*ρ, kg/m³*	*Materijal*	*E, MPa*	*ρ, kg/m³*
Čelik	$(2 - 2,1)\ 10^5$	$7,85\ 10^3$	*Mesing*	$1,1\ 10^5$	$8,85\ 10^3$
Sivi liv	10^5	$7,4\ 10^3$	*Bronza*	$1,2\ 10^5$	$8,2\ 10^3$

Табела П15: Дубина дефектног слоја μm

Vrsta obrade	*C, μm*	*Vrsta obrade*	*C, μm*
Kovanje u kalupima	500	*Grubo glodanje*	40 - 60
Valjanje	300	*Završno glodanje*	25 - 40
Gruba obrada na strugu	40 - 80	*Grubo rendisanje*	40 - 50
Završna obrada na strugu	30 - 40	*Završno rendisanje*	25 - 40
Bušenje	50 - 60	*Spoljašnje kružno brušenje*	15 - 25
Grubo razvrtanje	25 - 30	*Unutrašnje brušenje*	20 - 30
Završno razvrtanje	10 - 20	*Ravno brušenje*	15 - 25

Табела П16: Вредности експонента постојаности алата m и тврдоће n

Materijal predmeta obrade	*Vrsta obrade*	*Uslovi obrade*	*m za alat od*	
			BČ	*TM*
Čelik	*Uzdužna spolj. i unutr., popr. obr. 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	0,20	0,15
Sivi liv	*Uzdužna spolj. i unutr., popr. obr. i sl.*	*Sa hlađenjem*	0,1	0,20
		Bez hlađenja		
	Usecanje i odsecanje	*Sa hlađenjem*	0,15	0,20
		Bez hlađenja		
Legure Cu	*Sve vrste obrade*	*Sa i bez hlađenja*	0,15	0,20
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

Табела П17:Механички степен искоришћења снаге машине

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		40	0,75
15		60	0,80

Табела П18:Стандардне вредности бројева обртаја

Osnovni red		*Izvedeni red*			*Osn. red*		*Izvedeni red*		
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						
Vrednosti u okviru svake kolone se mogu množiti ili deliti brojem 10^k gde je k - ceo broj									

Табела П19: Чеона глодала

Nazivni prečnik	*Prečnik otvora*	*Širina*	*Broj zuba za grupu primene*		
d	d_1	*b*	*N*	*T*	*M*
40	16	32	6-8	10 - 12	4-6
50	22	36	6-8	12 - 14	4-6
63	27	40	8-10	12 - 14	4-6
80	27	45	8-10	14 - 16	6-8
100	32	50	10-12	18 - 20	6-8
125	40	56	12-14	20 - 22	8-10
160	50	63	14-16	22 - 24	8-10

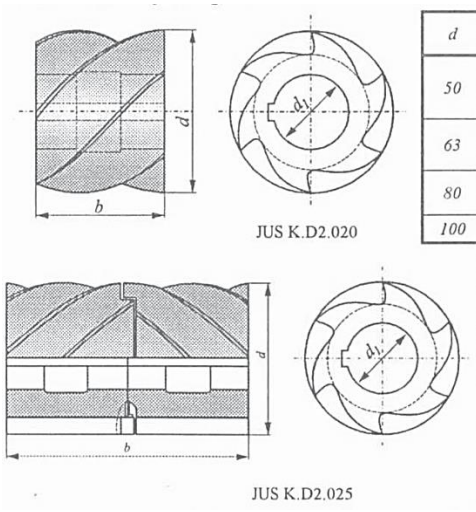
Табела П20: Константа и експоненти обимне силе

Vrsta alata	*Materijal predmeta obrade*	C_f	x_f	y_f	r_f	q_f
Valjkasta, vretenasta i čeona glodala pri nesimetričnom rezanju	*Čelik*	680	0,86	0,74	1,00	-0,86
	Sivi liv	480	0,83	0,65		-0,83
Koturasta, testerasta i čeona glodala pri simetričnom rezanju	*Čelik*	820	1,10	0,80	0,95	-1,10
	Sivi liv	700	1,14	0,70	0,90	-1,14
Ispupčena i udubljena	*Čelik*	470	0,86	0,74	1,00	-0,86

Табела П21: Корекциони фактори у проширеном изразу за обимну силу

Grudni ugao γ	*15*	*10*	*5*	*0*	*-5*	*-10*	*-15*	*-20*
Korekcioni faktor K_γ	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Brzina rezanja V, m/min	*50*	*75*	*100*	*125*	*150*	*175*	*200*	*250*
Korekcioni faktor K_v	1,0	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,85
Materijal pr. obrade	*Čelik velike žilavosti*				*Čelici srednje i velike tvrdoće*			
Korekcioni faktor K_m	1,79 - 1,90				1,20 - 1,40			
Korekcioni faktor K_h	1,1 - 1,2							

Табела П22: Ваљкаста глодала



d	*b*	d_1	*Broj zuba* *sitni*	*krupni*
50	40 63 80	22	12	4 do 8
63	50 70	27	12	6 do 8
80	63 100	32	14	6 do 10
100	70	40	16	6 do 12

d	*b*	d_1	*Broj zuba* *sitni*	*krupni*
80	80 125	32	10	6
100	100 160	40	12	6
125	125 200	50	14	8
160	160 250	60	16	10