

УНИВЕРЗИТЕТ "Св. КИРИЛ И МЕТОДИЈ"



МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ- СКОПЈЕ  
КАТЕДРА ЗА КОНСТРУИРАЊЕ



Проф. д-р Петар Симоновски  
Доц. д-р Иле Мирчески

## УПАТСТВО

ЗА ИЗРАБОТКА НА ВТОРАТА ПРОГРАМСКА ЗАДАЧА ПО ПРЕДМЕТОТ  
МЕХАНИЧКИ ПРЕНОСНИЦИ  
(ЕДНОСТЕПЕН ЦИЛИНДРИЧЕН РЕДУКТОР)

СКОПЈЕ  
Ноември, 2014

Содржина:

1. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ–УСВОЈУВАЊЕ НА СТЕПЕНОТ НА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА РЕДУКТОРОТ И ПРЕСМЕТКА НА СИЛИНИТЕ НА ПОЕДИНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ .....	4
1.1. Степенот на искористување на цилиндричните запчаници и тркалачките лежита.....	4
1.2. Силина што ја прима запчестиот пар $z_1/z_2$ .....	4
1.3. Силина што ја прима вратилото II.....	4
1.4. Силина што ја предава вратилото II.....	4
2. КИНЕМАТСКА ПРЕСМЕТКА НА РЕДУКТОРОТ .....	4
2.1. Определување на броеви на запци. ....	4
2.2. Стварен преносен однос .....	4
2.3. Определување на бројот на вртежи на гонетото вратило II.....	4
3. ЈАКОСНА ПРЕСМЕТКА НА ЗАПЧЕСТИОТ ПАР. ....	5
3.1. Избор на материјал на запчениците. ....	5
3.2. Избор на степените на сигурност . ....	5
3.3. Претходна пресметка на запчестиот пар.....	5
3.3.1. Пресметка врз основа на кршење на запчестиот пар.....	5
3.3.2. Пресметка на дијаметарот на поделбениот круг врз основа на дозволеният Hertz-ов притисок.....	6
3.3.3. Определување на нормалниот модул и негова стандардизација.....	7
3.3.4. Определување на челниот модул.....	7
3.3.5. Определување на стварните дијаметри на поделбените кругови.....	7
3.3.6. Определување на нулевото меѓуоскино растојание .....	7
3.3.7. Определување на аголот на допирницата .....	7
3.3.7.1. Еволвентна функција ( <i>inv</i> ) - на пресметаните агли .....	7
3.3.8. Определување на широчината на запчениците .....	8
3.3.9. Определување на вкупното поместување на запчестиот пар .....	8
3.3.10. Расподелба на коефициентите на поместување .....	8
3.3.11. Пресметка на основните кругови на запчениците .....	9
3.3.12. Пресметка на подножните кругови .....	9
3.3.13. Пресметка на кинематските кругови.....	10
3.3.14. Пресметка на темените кругови .....	10
3.3.15. Толеранција на темените кругови .....	10
3.3.16. Степен на спрегнување на профилите .....	10
3.3.17. Степен на спрегнување на бочните линии.....	10
3.3.18. Вкупен степен на спрегнување .....	10
4. ЗАВРШНА ПРЕСМЕТКА НА ЗАПЧЕСТИОТ ПАР .....	11
4.1. Завршна пресметка врз основа на кршење на коренот на забецот на малиот запченик .....	11
4.2. Завршна пресметка врз основа на цврстината на боковите на запците на малиот запченик .....	12
5. СТЕПЕН НА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ЗАПЧЕНИЦИТЕ.....	13
6. ПРЕСМЕТКА НА РАЗНИ ДИМЕНЗИИ НА ЗАБЕЦОТ .....	14
6.1. Чекор на поделбениот круг во челна рамнина на запченикот .....	14
6.2. Спрежен чекор во челниот пресек.....	15
6.3. Чекор на кинематскиот круг во челниот пресек .....	15
6.4. Спрежен чекор во нормална рамнина .....	15
6.5. Аксијален чекор.....	15
6.6. Ќд на навојницата на бокот на забецот.....	15

6.7. Лачна дебелина на забецот на поделбениот круг во нормален пресек.....	15
6.8. Лачна дебелина на забецот на поделбениот круг во челниот пресек .....	15
6.9. Лачна дебелина на забецот на основниот круг во челниот пресек .....	15
6.10. Лачна дебелина на забецот на темениот круг во нормален пресек.....	15
6.11. Лачна дебелина на забецот на основниот круг во нормален пресек.....	16
6.12. Лачна широчина на мегузабјето на поделбениот круг во нормален пресек .....	16
6.13. Лачна широчина на мегузабјето на основниот круг во нормален пресек .....	16
6.14. Тетивна дебелина на забецот на поделбениот круг во челниот пресек.....	16
6.15. Тетивна дебелина на забецот на поделбениот круг во нормален пресек .....	16
6.16. Вкупна височина на забецот .....	17
6.17. Височина на главата на забецот.....	17
6.18. Височина на ногата на забецот .....	17
7. ПРЕСМЕТКА НА МЕРНИОТ БРОЈ НА ЗАПЦИ И МЕРКАТА ПРЕКУ ЗАПЦИ.....	18
8. ПРОВЕРКА НА МОЖНОСТА ЗА МЕРЕЊЕ НА МЕРКАТА ПРЕКУ ЗАПЦИ .....	19
9. ПРЕСМЕТКА НА ОСТАНАТИТЕ ЕЛЕМЕНТИ НА РЕДУКТОРОТ.....	19
9.1. Анализа и определување на оптоварувањата што делуваат на вратилото .....	19
9.1.1. Пресметка на вртежните моменти .....	19
9.1.2. Пресметка на периферната сила .....	20
9.1.3. Пресметка на радијалната сила.....	20
9.1.4. Пресметка на аксијалната сила .....	20
9.1.5. Просторен приказ на оптоварувањата.....	20
9.2. Определување на реакциите, статичките големини како што се аксијални сили, трансферзални сили и моменти на свиткување како и резултантните големини.....	21
9.2.1. Вратило I .....	21
9.2.2. Вратило II.....	21
10. ИЗБОР НА МАТЕРИЈАЛ ЗА ВРАТИЛАТА И ПРЕСМЕТКА НА НЕГОВАТА МЕРОДАВНА ДИНАМИЧКА ИЗДРЖЛИВОСТ .....	22
10.1. Дозволен напон на материјалот .....	22
10.2. Идеални моменти на свиткување.....	22
11. ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА ВРАТИЛАТА .....	23
11.1. Стандарни стварни пречници на вратилото .....	23
12. ИЗБОР И ПРОВЕРКА НА КЛИНОВИ .....	24
12.1. Избор на клинови .....	24
12.2. Проверка на клиновите на сечење .....	25
13. ЗАВРШНА (КОНТРОЛНА) ПРЕСМЕТКА НА ВРАТИЛОТО .....	26
13.1. Пресметка на аксијалните отпорни моменти .....	26
13.2. Пресметка на поларни отпорни моменти.....	26
13.3. Пресметка на работните напони .....	27
14. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА СТЕПЕНОТ НА СИГУРНОСТ .....	27
14.1. Резултантни степени на сигурност .....	28
15. ИЗБОР НА ТРКАЛАЧКИ ЛЕЖИШТА.....	29
15.1. Вратило I .....	29
15.2. Вратило II.....	30
16. ПОДАТОЦИ ЗА ЦРТАЊЕ НА ЕДНОСТЕПЕН ЦИЛИНДРИЧЕН РЕДУКТОР .....	31
17. ИЗБОР НА НАЛЕГНУВАЊА .....	32
18. КОНСТРУКТИВНО ОФОРМУВАЊЕ НА ВРАТИЛАТА .....	32
18.1. Определување на заоблувањата.....	34

## 1. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ–УСВОЈУВАЊЕ НА СТЕПЕНОТ НА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА РЕДУКТОРОТ И ПРЕСМЕТКА НА СИЛИНИТЕ НА ПОЕДИНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

### 1.1. Степенот на искористување на цилиндричните запчаници и тркалачките лежита.

- избирам квалитет на изработка на запчаниците помеѓу  $N6$  до  $N8$ . Се препорачува  $N7$ .

Степенот на искористување на цилиндричните запчаници изнесува:

$$\eta_1 = 0,95 \div 0,98 \Rightarrow \eta_1 =$$

Степенот на искористување на тркалачките лежита изнесува:

$$\eta_2 = 0,98 \div 0,99 \Rightarrow \eta_2 =$$

### 1.2. Силина што ја прима запчестиот пар $z_1/z_2$ изнесува:

$$P_{z1/2} = P \cdot \eta_2 \quad [kW]$$

### 1.3. Силина што ја прима вратилото II изнесува:

$$P_{II} = P_{z1/2} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \quad [kW]$$

### 1.4. Силина што ја предава вратилото II изнесува:

$$P_{iz} = P \cdot \eta_1 \cdot \eta_2^2 \quad [kW]$$

## 2. КИНЕМАТСКА ПРЕСМЕТКА НА РЕДУКТОРОТ

### 2.1. Определување на броеви на запци.

Се препорачува на погонскиот запченик броевите на запци да се движи во границите од:  $z_1 = 17 \div 23$ , усв.  $z_1 =$  ,

$$z_2 = u \cdot z_1 =$$

### 2.2. Стварен преносен однос

$$u_{sv} = \frac{z_2}{z_1} =$$

### 2.3. Определување на бројот на вртежи на гонетото вратило II

$$n_{II} = \frac{n_I}{u_{sv}} = \quad [s^{-1}]$$

### 3. ЈАКОСНА ПРЕСМЕТКА НА ЗАПЧЕСТИОТ ПАР.

#### 3.1. Избор на материјал на запчениците.

Избирам челик за цементација или челик за подобрување со површинска тврдост (се препорачува за HRC 60) и квалитет на динамичка издржливост ML.

Од дијаграмите од страна 79 до 84, книга 5 отчитувам  $\sigma_{F\lim} = [N/mm^2]$ ,

Од дијаграмите од страна 79 до 84, книга 5 отчитувам  $\sigma_{H\lim} = [N/mm^2]$

#### 3.2. Избор на степените на сигурност .

- степен на сигурност против кршење:

$$S_F = 1,2 \div 1,5 \Rightarrow \text{усвојувам } S_F =$$

- степен на сигурност против површинско разурнување:

$$S_H = 1 \div 1,2 \Rightarrow \text{усвојувам } S_H =$$

#### 3.3. Претходна пресметка на запчестиот пар.

##### 3.3.1. Пресметка врз основа на кршење на запчестиот пар.

- агол на запците на поделбениот круг:

$$\beta = 8^\circ \div 15^\circ, \text{ усвојувам } \beta =$$

- фактор на широчината на запчаникот се пресметува према табела 6.08, страна 69, книга 5, каде за запчаници од челик за цементација изнесува:

$$\kappa = \frac{b}{d_i},$$

$$\kappa = (0,1 \dots 0,3 \dots 0,5) + \frac{u}{20} = ,$$

- фактор на широчината на запчаникот се пресметува према табела 6.08, страна 69, книга 5, каде за запчаници од челик за подобрување изнесува:

$$\kappa = \frac{b}{d_i},$$

$$\kappa = (0,2 \dots 0,5 \dots 0,8) + \frac{u}{10} = ,$$

- дијаметар на поделбениот круг на запчаникот:

$$d_1 = 53 \cdot \sqrt[3]{\frac{z_1 \cdot P_z \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta} \cdot Y_{FS} \cdot Y_\beta}{\sigma_{F\lim} \cdot \kappa \cdot n \cdot Y_R \cdot Y_X \cdot Y_N \cdot Y_\delta \cdot Y_{Eht} \cdot \cos \beta}} \quad [mm]$$

-  $K_A$  - представува погонски фактор кој се отчитува од книга 5, табела 6.01, страна 27 и во овој случај се отчитува за електромотор каде  $K_A =$  ,

-  $K_V$  - представува фактор на внатрешните динамички сили кој се отчитува од книга 5, дијаграм 6.24, страна 39 во зависност од периферната брзина и квалитетот на изработка и  $K_V =$  ,

-  $K_{F\beta}$  - представува фактор на распределба на оптоварувањата по должината на запците кој се отчитува од книга 5, дијаграм 6.37, страна 53 во зависност од вредностите на  $F_{\beta y}$ , односот  $F_m/b$ , факторот  $c_\gamma$ , односот  $b_{cal}/b$  и односот  $b/h$ , го отчитувам факторот  $K_{F\beta} =$  ,

-  $Y_{FS}$  - представува комбиниран фактор кој се отчитува од книга 5, дијаграм 6.86 страна 110 за вредноста на бројот на запци  $z_1$  и поместувањето  $x_1$  и се добива  $Y_{FS} =$  ,

-  $Y_\beta$  - представува фактор на аголот на запците и се отчитува од книга 5, дијаграмот 6.82 страна 104 за вредноста на факторот  $\varepsilon_\beta$  и аголот  $\beta$  ја отчитуваме вредноста  $Y_\beta =$  ,

-  $Y_x$  - представува фактор на големината и се отчитува од книга 5, дијаграм 6.65, страна 85 во зависност од видот на матријалот и нормалниот модул  $m_n$  и се избира  $Y_x =$  ,

-  $Y_N$  - представува фактор на векот на траење и се отчитува од книга 5, дијаграм 6.66 страна 86 во зависност од видот на матријалот и бројот на циклуси односно промени на оптоварувањето и се избира  $Y_N =$  ,

-  $Y_\delta$  - представува фактор на осетливоста на матријалот на засек и се отчитува од книга 5, дијаграм 6.68 страна 87 во зависност од видот на матријалот и во зависност на  $Y_{sa}$  или  $q_s$  и се избира  $Y_\delta =$  ,

-  $Y_R$  - представува фактор на рапавост и се отчитува од книга 5, дијаграм 6.67 страна 86 во зависност од видот на матријалот и бројот рапавоста  $R_z$  и се избира  $Y_R =$  ,

-  $Y_{Eht}$  - представува фактор на длабочината на циментираниот слој и се отчитува од книга 5, дијаграм 6.69 страна 88 во зависност од длабочината на циментираниот слој и видот на матријалот и се избира  $Y_{Eht} =$  ,

Дијаметарот на поделбениот круг на запчаникот  $d_1$  се заокружува на три децимали.

### 3.3.2. Пресметка на дијаметарот на поделбениот круг врз основа на дозволениот Hertz-ов притисок

$$d_1 = 117,4 \sqrt[3]{\frac{10^4 \cdot P_z}{\kappa \cdot n_1} \cdot \frac{z_1 + z_2}{z_2} \cdot \frac{S_{H\min}^2}{\sigma_{H\lim}} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta} \cdot z_{H\beta}^2 \cdot z_\varepsilon} \quad [mm]$$

-  $K_{H\beta}$  - представува фактор на распределба на оптоварувањата по должината на запците кој се отчитува од книга 5, дијаграм 6.37, страна 53 во зависност од вредностите на  $F_{\beta y}$ , односот  $F_m/b$ , факторот  $c_\gamma$ , односот  $b_{cal}/b$  и односот  $b/h$ , го отчитувам факторот  $K_{H\beta} =$  ,

-  $Z_{H\beta}$  - представува фактор на обликот на бокот на забецот кој се отчитува од книга 5, дијаграмот на слика 6.92 на страна 121 во зависност од аголот  $\beta$  и аголот  $\alpha_{wt}$ , каде  $Z_{H\beta} =$  ,

-  $Z_\varepsilon$  - представува фактор на спрегнувањето кој се пресметува по равенката

$$Z_\varepsilon = (1 - \varepsilon_\beta) \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}} + \varepsilon_\beta \cdot \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}}$$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{q_t}{P_{et}}, \quad \varepsilon_\beta = \frac{b_1 \cdot \sin \beta}{m_n \cdot \pi},$$

или се отчитува од книга 5, дијаграм 6.93, страна 122 во зависност од вредностите на  $\varepsilon_\alpha$ ,  $\varepsilon_\beta$  и аголот  $\beta$  и се отчитува  $Z_\varepsilon =$  .

Дијаметарот на поделбениот круг на запчаникот  $d_1$  се заокружува на три децимали.

### 3.3.3. Определување на нормалниот модул и негова стандардизација

Нормалниот модул се пресметува според:

$$m_n = \frac{d_1 \cdot \cos \beta}{z_1} \quad [mm]$$

Од табела 3.1, книга 4, се стандардизира пресметаниот модул  $m_n =$  [mm]

### 3.3.4. Определување на челниот модул

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta} = \quad [mm]$$

### 3.3.5. Определување на стварните дијаметри на поделбените кругови

$$d_1 = \frac{m_n \cdot z_1}{\cos \beta} = \quad [mm]$$

$$d_2 = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos \beta} = \quad [mm]$$

Дијаметрите  $d_1$  и  $d_2$  се заокружуваат на три децимали.

### 3.3.6. Определување на нулевото меѓуоскино растојание

$$a_d = \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot \frac{z_1 + z_2}{2}, \quad \text{усвојувам } a_d = \quad [mm]$$

Меѓуоскиното растојание  $a_d$  се заокружува на прв поголем цел број.

### 3.3.7. Определување на аголот на допирницата

$$\operatorname{tg} \alpha_t = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta}$$

$$\alpha_t = \operatorname{arctg} \left( \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta} \right) = \quad [^\circ \quad ' \quad " ]$$

Аголот на допирницата на кинематскиот круг изнесува:

$$\cos \alpha_{wt} = \frac{z_1 + z_2}{2a} \cdot \frac{m_n}{\cos \beta} \cdot \cos \alpha_t =$$

$$\alpha_{wt} = \quad [^\circ \quad ' \quad " ]$$

#### 3.3.7.1. Еволвентна функција (*inv*) - на пресметаните агли

$$\operatorname{inv} \alpha_t = \operatorname{tg} \alpha_t - \alpha_t \cdot \frac{\pi}{180^\circ} =$$

$$\operatorname{inv}\alpha_{wt} = \operatorname{tg}\alpha_{wt} - \alpha_{wt} \cdot \frac{\pi}{180^\circ} =$$

### 3.3.8. Определување на широчината на запчениците

Широчина на погонскиот запченик изнесува:

$$b_1 = \kappa \cdot d_1 = \quad [mm], \quad \text{усвојувам } b_1 = \quad [mm],$$

Широчина на гонетиот запченик се усвојува да биде нешто помала од  $b_1$  односно  $b_2 = \quad [mm]$

### 3.3.9. Определување на вкупното поместување на запчестиот пар

$$\Sigma x = x_1 + x_2 = \frac{\operatorname{inv}\alpha_{wt} - \operatorname{inv}\alpha_t}{\operatorname{tg}\alpha_n} \cdot \frac{z_1 + z_2}{2}$$

$$\Sigma x = x_1 + x_2 =$$

### 3.3.10. Расподелба на коефициентите на поместување

Коефициентите на поместување се определуваат дијаграмски според сл.5.80, книга 4, страна 155, каде претходно треба да се определат следниве големини:

$$z_{n1} = \frac{z_1}{\cos^2 \beta_b \cdot \cos \beta} =$$

$$z_{n2} = \frac{z_2}{\cos^2 \beta_b \cdot \cos \beta} =$$

аголот на забецот на основниот круг се пресметува според:

$$\operatorname{tg}\beta_b = \operatorname{tg}\beta \cdot \cos \alpha_t =$$

$$\beta_b = \quad [^\circ \quad ' \quad "]$$

Средниот пресметковен број на заби:

$$z_n = \frac{z_{n1} + z_{n2}}{2} =$$

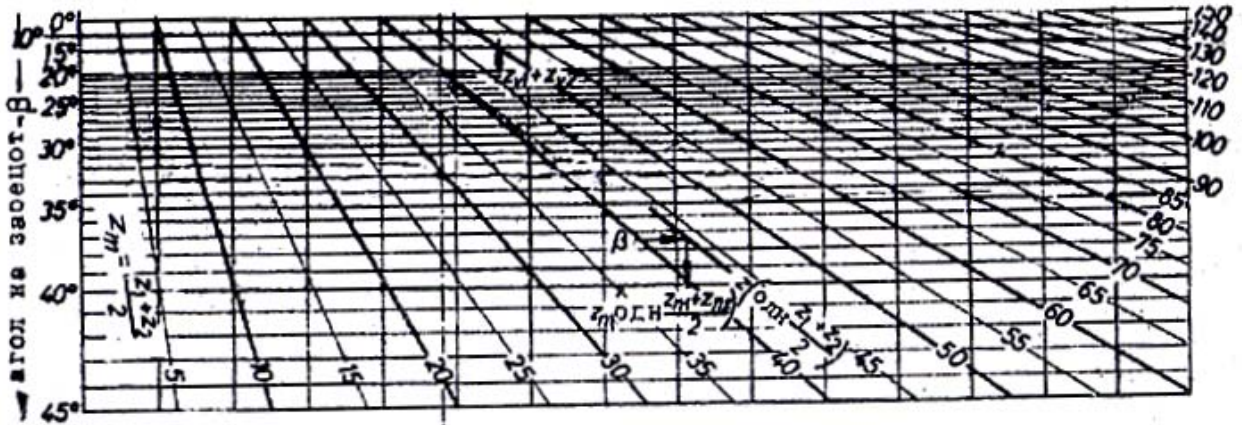
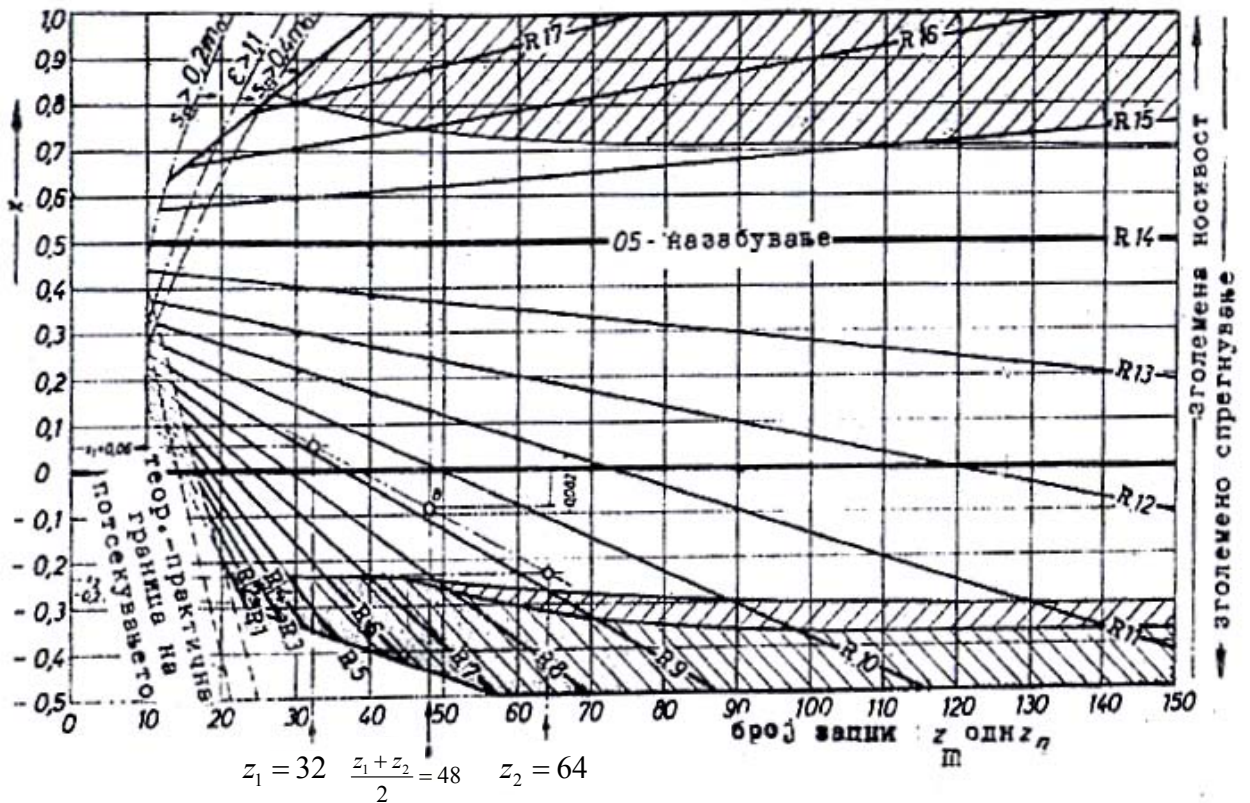
Средната вредност на вкупното поместување:

$$x_n = \frac{x_1 + x_2}{2} =$$

Од дијаграмот на сл.5.80 страна 155 (од книга 4, ME2) при редукција за претходно пресметаните услови средниот пресметковен број на заби и средната вредност на вкупното поместување се отчитува коефициентот на поместувањето  $x_1 =$  , додека поместувањето  $x_2$  се пресметува:

$$x_2 = [x_1 + x_2] - x_1 =$$





### 3.3.11. Пресметка на основните кругови на запчениците

$$d_{b1} = d_1 \cdot \cos \alpha_t = \quad [mm]$$

$$d_{b2} = d_2 \cdot \cos \alpha_t = \quad [mm]$$

Дијаметрите на основните кругови  $d_{b1}$  и  $d_{b2}$  се зокружуваат на три децимали.

### 3.3.12. Пресметка на подножните кругови

$$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot m_n \cdot [1 + c^* - x_1] = \quad [mm]$$

$$c^* = 0,1 \div 0,3 \quad \Rightarrow \text{усвојувам } c^* = \quad ,$$

$$d_{f2} = d_2 - 2m_n[1 + c^* - x_2] = \quad [mm]$$

$$d_{f1} = \quad [mm] \quad d_{f2} = \quad [mm]$$

Дијаметрите на подножните кругови  $d_{f1}$  и  $d_{f2}$  се заокружуваат на три децимали.

### 3.3.13. Пресметка на кинематските кругови

$$d_{w1} = \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} \cdot d_1$$

$$d_{w2} = \frac{\cos \alpha_t}{\cos \alpha_{wt}} \cdot d_2$$

$$d_{w1} = \quad [mm] \quad d_{w2} = \quad [mm]$$

Дијаметрите на кинематските кругови  $d_{w1}$  и  $d_{w2}$  се заокружуваат на три децимали.

### 3.3.14. Пресметка на темените кругови

$$d_{a1} = d_1 + 2m_n[1 + x_1 - k], \quad k \approx 0,$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m_n[1 + x_2 - k],$$

$$d_{a1} = \quad [mm] \quad d_{a2} = \quad [mm]$$

Дијаметрите на темените кругови  $d_{a1}$  и  $d_{a2}$  се заокружуваат на една децимала.

### 3.3.15. Толеранција на темените кругови

$$T_{da} \approx \pm 0.05 \cdot m_t$$

### 3.3.16. Степен на спрегнување на профилите

- чекорот на запците во челната рамнина изнесува:

$$P_{et} = \frac{m_n \cdot \pi}{\cos \beta} \cdot \cos \alpha_t = \quad [mm] \text{ се заокружува на три децимали}$$

- должината на активниот дел на допирницата изнесува:

$$g_t = \frac{1}{2} \cdot \left[ \sqrt{d_{a1}^2 - d_{b1}^2} + \frac{z_2}{|z_2|} \cdot \sqrt{d_{a2}^2 - d_{b2}^2} - (d_{b1} + d_{b2}) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{wt} \right] = \quad [mm]$$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{g_t}{P_{et}} = \quad \text{се заокружува на три децимали}$$

### 3.3.17. Степен на спрегнување на бочните линии

$$\varepsilon_\beta = \frac{b_1 \cdot \sin \beta}{m_n \cdot \pi} = \quad \text{се заокружува на три децимали}$$

### 3.3.18. Вкупен степен на спрегнување

$$\varepsilon_\gamma = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta = \quad \text{се заокружува на три децимали}$$

#### 4. ЗАВРШНА ПРЕСМЕТКА НА ЗАПЧЕСТИОТ ПАР

##### 4.1. Завршна пресметка врз основа на кршење на коренот на забецот на малиот запченик

$$S_F = \frac{2\pi \cdot m_n^2 \cdot z_1 \cdot b_1 \cdot n}{10^6 \cdot P_z} \cdot \frac{Y_x \cdot Y_N \cdot Y_\delta \cdot Y_R \cdot Y_{Eht} \cdot \sigma_{Flim}}{K_A \cdot K_V \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot Y_{FS} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot \cos \beta} \geq S_{Fmin}$$

$Y_x$  - представува фактор на големината и се отчитува од книга 5, дијаграм 6.65, страна 85 во зависност од видот на матријалот и нормалниот модул  $m_n$  и се избира  $Y_x =$  ,

$Y_N$  - представува фактор на векот на траење и се отчитува од книга 5, дијаграм 6.66 страна 86 во зависност од видот на матријалот и бројот на циклуси односно промени на оптоварувањето и се избира  $Y_N =$  ,

$Y_\delta$  - представува фактор на осетливоста на матријалот на засек и се отчитува од книга 5, дијаграм 6.68 страна 87 во зависност од видот на матријалот и во зависност на  $Y_{sa}$  или  $q_s$  и се избира  $Y_\delta =$  ,

$Y_R$  - представува фактор на рапавост и се отчитува од книга 5, дијаграм 6.67 страна 86 во зависност од видот на матријалот и бројот рапавоста  $R_z$  и се избира  $Y_R =$  ,

$Y_{Eht}$  - представува фактор на длабочината на циментираниот слој и се отчитува од книга 5, дијаграм 6.69 страна 88 во зависност од длабочината на циментираниот слој и видот на матријалот и се избира  $Y_{Eht} =$  ,

$K_A$  - представува погонски фактор кој се отчитува од книга 5, табела 6.01, страна 27 и во овој случај се отчитува за електромотор каде  $K_A =$  ,

$K_V$  - представува фактор на внатрешните динамички сили кој се отчитува од книга 5, дијаграм 6.24, страна 39 во зависност од периферната брзина и квалитетот на изработка и  $K_V =$  ,

$K_{F\alpha}$  - представува фактор на распределба на оптоварувањата во челен пресек кој се отчитува од книга 5, табела 6.07 страна 61 за термички необработени бокови, квалитет на површината и односот  $F_t \cdot k_A / b$  и  $K_{F\alpha} =$  ,

$K_{F\beta}$  - представува фактор на распределба на оптоварувањата по должината на запците кој се отчитува од книга 5, дијаграм 6.37, страна 53 во зависност од вредностите на  $F_{\beta y}$  , односот  $F_m / b$  , факторот  $c_\gamma$  , односот  $b_{cal} / b$  и односот  $b / h$  , го отчитувам факторот  $K_{F\beta} =$  ,

$Y_{FS}$  - представува комбиниран фактор кој се отчитува од книга 5, дијаграм 6.86 страна 110 за вредноста на бројот на запци  $z_1$  и поместувањето  $x_1$  и се добива  $Y_{FS} =$  ,

$Y_\varepsilon$  - представува фактор на спрегнување и се пресметува со равенката

$$Y_\varepsilon = \frac{0.75}{\varepsilon_\alpha} + 0.25 =$$

$Y_\beta$  - представува фактор на аголот на запците и се отчитува од книга 5, дијаграмот 6.82 страна 104 за вредноста на факторот  $\varepsilon_\beta$  и аголот  $\beta$  ја отчитуваме вредноста  $Y_\beta =$  ,

Добиениот степен на сигурност против заморно кршење во подножјето на забецот  $S_F$  го споредуваме со вредноста на минималниот степен за сигурност  $S_{F \min}$ ,

$$S_F > S_{F \min} = [1, 2 \div 1, 5]$$

#### 4.2. Завршна пресметка врз основа на цврстината на боковите на запците на малиот запченик

$$S_H = 0.934 \cdot \frac{m_n \cdot z_1}{10^5 \cdot \cos \beta} \cdot \sqrt{\frac{b_1 \cdot n_1}{P_z}} \cdot \sqrt{\frac{z_2}{z_1 + z_2}} \cdot \frac{Z_L \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot Z_X \cdot Z_N \cdot Z_{Eht} \cdot \sigma_{H \lim}}{\sqrt{K_A \cdot K_V \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot Z_{H\beta} \cdot Z_\varepsilon}} \geq S_{H \min}$$

$Z_X$  - представува фактор на големината и според ISO стандардите се зема  $Z_X = 1$ ,

$Z_L$  - представува фактор на маслото за подмачкување и се отчитува од книга 5, слика 6.71 страна 90 во зависност од кинематската вискозност при температура од  $50^\circ \text{C}$  за минерални масла (со или без EP адитиви), додека за синтетички масла вредностите од овој дијаграм треба да се помножат со 1.1 за циментирани, а со 1.4 за меко закалени-подобрани запчаници и во зависност од издржливоста  $\sigma_{H \lim}$ , каде  $Z_L =$  ,

$Z_R$  - представува фактор на рапавоста кој се отчитува од книга 5, слика 6.72 страна 91 во зависност од средната височина на нерамнините  $R_z = (R_{z1} + R_{z2}) / 2$ , каде просечната рапавост на малиот запченик  $R_{z1}$  и просечната рапавост на големиот запченик  $R_{z2}$  се средни вредности на измерените височини на нерамнините од повеќе бокови односно запци, и од издржливоста  $\sigma_{H \lim}$ , каде  $Z_R =$  ,

$Z_V$  - представува фактор на брзината кој се отчитува од книга 5, слика 6.73 страна 92 во зависност периферната брзина и од издржливоста  $\sigma_{H \lim}$ , каде  $Z_V =$  ,

Според методата С за запчаници точно изработени со глодање, профилирање или рендосување се зема да  $Z_L \cdot Z_R \cdot Z_V = 0.85$ .

$Z_N$  - представува фактор на векот на траење за напрегање од Hertz-ов притисок кој се отчитува од книга 5, слика 6.76 страна 95, и зависи од матријалот, бројот на вртежи  $n_1$  и работните часови, каде  $Z_N =$  ,

$Z_{Eht}$  - фактор на дебелината на циментираниот слој кој се отчитува од книга 5, слика 6.77 страна 96, и зависи од дебелината на циментираниот слој  $t_{Eht}$  (при тврдост на површината од  $HG \approx 550HV$ ) и за различни вредности на релативниот радиус на кривините на профилите на запците на спрегнатите запчаници во кинематскиот пол  $\rho_{redC}$ , каде  $Z_{Eht} =$  ,

$K_A$  - представува погонски фактор кој се отчитува од табела 6.01 страна 27 и во овој случај се отчитува за електромотор каде  $K_A =$  ,

$K_V$  - представува фактор на внатрешните динамички сили кој се отчитува од дијаграм 6.24 страна 39 во зависност од периферната брзина и квалитетот на изработка и  $K_V =$  ,

$K_{H\alpha}$  - представува фактор на распределба на оптоварувањата во челен пресек кој се отчитува од книга 5, табела 6.07 страна 61 за термички необработени бокови, квалитет на површината и односот  $F_t \cdot k_A / b$  и  $K_{H\alpha} =$  ,

$K_{H\beta}$  - представува фактор на распределба на оптоварувањата по должината на запците кој се отчитува од книга 5, дијаграм 6.37, страна 53 во зависност од вредностите на  $F_{\beta y}$ , односот  $F_m/b$ , факторот  $c_\gamma$ , односот  $b_{cal}/b$  и односот  $b/h$ , го отчитувам факторот  $K_{H\beta} =$  ,

$Z_{H\beta}$  - представува фактор на обликот на бокот на забецот кој се отчитува од книга 5, дијаграмот на слика 6.92 на страна 121 во зависност од аголот  $\beta$  и аголот  $\alpha_{wt}$ , каде  $Z_{H\beta} =$  ,

$Z_\varepsilon$  - представува фактор на спрегнувањето кој се пресметува по равенката

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3} \cdot (1 - \varepsilon_\beta) + \frac{\varepsilon_\beta}{\varepsilon_\alpha}}$$

Добиениот степен на сигурност  $S_H$  за малиот запчаник го споредуваме со вредноста на минималниот степен за сигурност  $S_{H\min}$ .

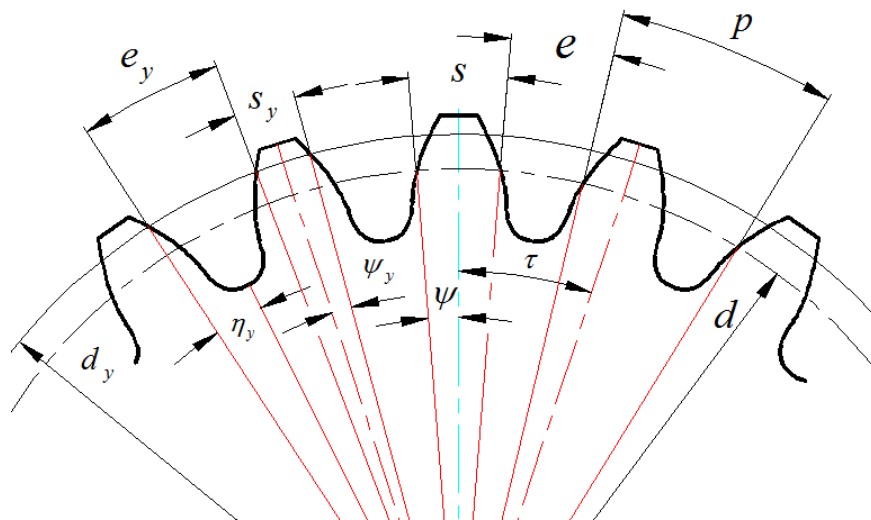
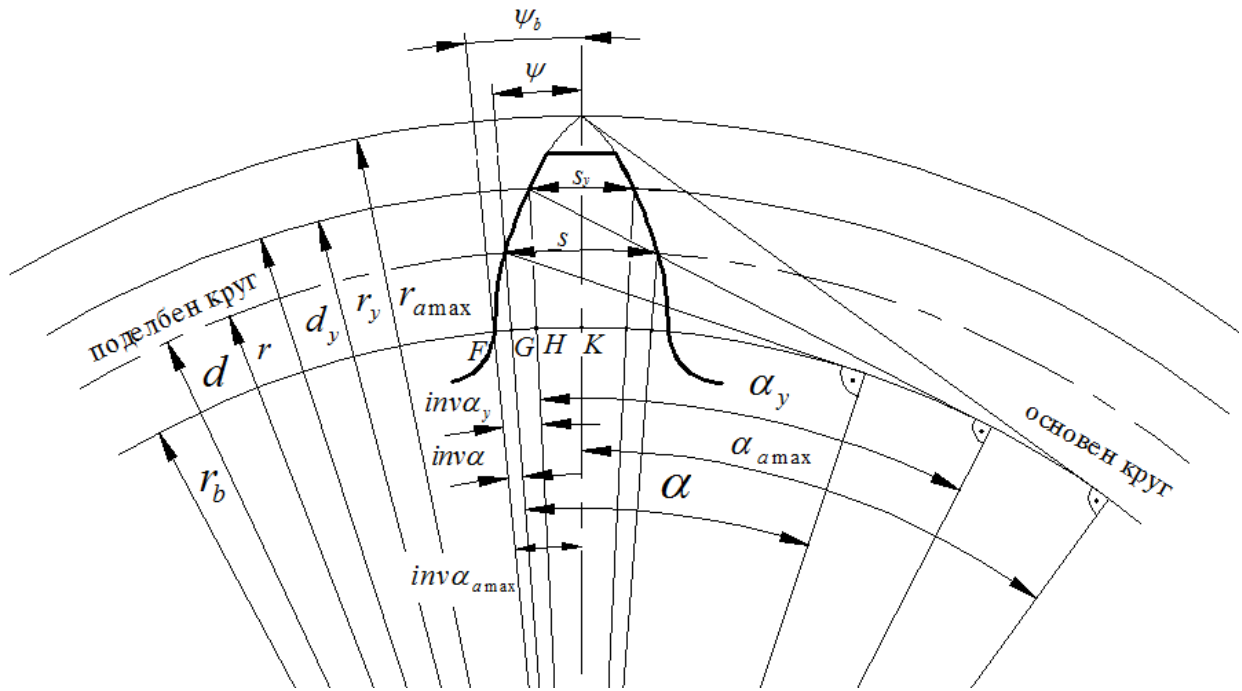
$$S_H \geq S_{H\min} = 1 \div 1,2$$

## 5. СТЕПЕН НА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ЗАПЧЕНИЦИТЕ

$$\eta_z = 1 - 6\mu \cdot \frac{z_1 + z_2}{z_1 \cdot z_2}, \quad \mu = 0,006 \div 0,12 \quad \text{усвојувам } \mu =$$

$$\eta_z =$$

6. ПРЕСМЕТКА НА РАЗНИ ДИМЕНЗИИ НА ЗАБЕЦОТ



6.1. Чекор на поделбениот круг во челна рамнина на запчаникот

$$P_t = \frac{d_1 \cdot \pi}{z_1} = \quad [mm]$$

**6.2. Спрежен чекор во челниот пресек**

$$P_{bt} = P_t \cdot \cos \alpha_t = \quad [mm]$$

**6.3. Чекор на кинематскиот круг во челниот пресек**

$$P_{wt} = \frac{d_{w1} \cdot \pi}{z_1} = \quad [mm]$$

**6.4. Спрежен чекор во нормална рамнина**

$$P_{en} = P_t \cdot \cos \alpha_t \cdot \cos \beta_b = \quad [mm]$$

**6.5. Аксијален чекор**

$$P_x = \frac{P_t}{\operatorname{tg} \beta} = \quad [mm]$$

**6.6. Ќд на навојницата на бокот на забецот**

$$P_z = \frac{d_1 \cdot \pi}{\operatorname{tg} \beta} = \quad [mm]$$

**6.7. Лачна дебелина на забецот на поделбениот круг во нормален пресек**

$$S_{n1} = m_n \cdot \left[ \frac{\pi}{2} + 2 \cdot x_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_n \right] = \quad [mm]$$

$$S_{n2} = m_n \cdot \left[ \frac{\pi}{2} + 2 \cdot x_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_n \right] =$$

**6.8. Лачна дебелина на забецот на поделбениот круг во челниот пресек**

$$S_{t1} = \frac{S_{n1}}{\cos \beta} = \quad [mm]$$

$$S_{t2} = \frac{S_{n2}}{\cos \beta} = \quad [mm]$$

**6.9. Лачна дебелина на забецот на основниот круг во челниот пресек**

$$S_{bt1} = d_{b1} \left[ \frac{S_{t1}}{d_1} + \operatorname{inv} \alpha_t \right] = \quad [mm]$$

$$S_{bt2} = d_{b2} \left[ \frac{S_{t2}}{d_2} + \operatorname{inv} \alpha_t \right] = \quad [mm]$$

**6.10. Лачна дебелина на забецот на темениот круг во нормален пресек**

$$\cos \alpha_{at1} = \frac{d_{b1}}{d_{a1}} \quad \Rightarrow \quad \alpha_{at1} = \quad [^\circ \quad ' \quad "]$$

$$\cos \alpha_{at2} = \frac{d_{b2}}{d_{a2}} \quad \Rightarrow \quad \alpha_{at2} = \quad [^\circ \quad ' \quad "]$$

$$\operatorname{inv}\alpha_{at1} = \operatorname{tg}\alpha_{at1} - \alpha_{at1} \cdot \frac{\pi}{180} =$$

$$\operatorname{inv}\alpha_{at2} = \operatorname{tg}\alpha_{at2} - \alpha_{at2} \cdot \frac{\pi}{180} =$$

$$S_{an1} = d_{a1} \left[ \frac{S_{t1}}{d_1} + \operatorname{inv}\alpha_t - \operatorname{inv}\alpha_{at1} \right] = \quad [mm]$$

$$S_{an2} = d_{a2} \left[ \frac{S_{t2}}{d_2} + \operatorname{inv}\alpha_t - \operatorname{inv}\alpha_{at2} \right] = \quad [mm]$$

**6.11. Лачна дебелина на забецот на основниот круг во нормален пресек**

$$S_{bn1} = S_{bt1} \cdot \cos \beta_b = \quad [mm]$$

$$S_{bn2} = S_{bt2} \cdot \cos \beta_b = \quad [mm]$$

**6.12. Лачна широчина на мегузабјето на поделбениот круг во нормален пресек**

$$e_{n1} = m_n \cdot \left[ \frac{\pi}{2} - 2 \cdot x_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha_n \right] = \quad [mm]$$

$$e_{n2} = m_n \cdot \left[ \frac{\pi}{2} - 2 \cdot x_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha_n \right] = \quad [mm]$$

**6.13. Лачна широчина на мегузабјето на основниот круг во нормален пресек**

$$e_{bn1} = m_n \cdot \cos \alpha_n \left[ \frac{\pi}{2} - 2 \cdot x_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha_n - z_1 \cdot \operatorname{inv}\alpha_t \right] = \quad [mm]$$

$$e_{bn2} = m_n \cdot \cos \alpha_n \left[ \frac{\pi}{2} - 2 \cdot x_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha_n - z_2 \cdot \operatorname{inv}\alpha_t \right] = \quad [mm]$$

**6.14. Тетивна дебелина на забецот на поделбениот круг во челниот пресек**

$$\bar{S}_{t1} = d_1 \cdot \sin \left[ \frac{S_{t1}}{d_1} \cdot \frac{180}{\pi} \right] = \quad [mm]$$

$$\bar{S}_{t2} = d_2 \cdot \sin \left[ \frac{S_{t2}}{d_2} \cdot \frac{180}{\pi} \right] = \quad [mm]$$

**6.15. Тетивна дебелина на забецот на поделбениот круг во нормален пресек**

$$S_{n1} = \sqrt{S_{n1}^2 \cdot \sin^2 \beta + d_1^2 \cdot \sin^2 \left[ \frac{S_{n1} \cdot \cos \beta}{d_1} \right]} = \quad [mm]$$

$$S_{n2} = \sqrt{S_{n2}^2 \cdot \sin^2 \beta + d_2^2 \cdot \sin^2 \left[ \frac{S_{n2} \cdot \cos \beta}{d_2} \right]} = \quad [mm]$$



**6.16. Вкупна височина на забецот**

$$h_1 = \frac{d_{a1} - d_{f1}}{2} = \quad [mm]$$

$$h_2 = \frac{d_{a2} - d_{f2}}{2} = \quad [mm]$$

**6.17. Височина на главата на забецот**

$$h_{a1} = \frac{d_{a1} - d_1}{2} = \quad [mm]$$

$$h_{a2} = \frac{d_{a2} - d_2}{2} = \quad [mm]$$

**6.18. Височина на ногата на забецот**

$$h_{f1} = \frac{d_1 - d_{f1}}{2} = \quad [mm]$$

$$h_{f2} = \frac{d_2 - d_{f2}}{2} = \quad [mm]$$

7. ПРЕСМЕТКА НА МЕРНИОТ БРОЈ НА ЗАПЦИ И МЕРКАТА ПРЕКУ ЗАПЦИ

$$d_{x1} = d_1 + 2 \cdot \frac{x_1 \cdot m_n}{\cos \beta} = \quad [mm]$$

$$\cos \alpha_{x1} = \frac{d_{b1}}{d_{x1}} \Rightarrow \alpha_{x1} = \arccos \frac{d_{b1}}{d_{x1}} = \quad [^\circ \ ' \ '']$$

$$d_{x2} = d_2 + 2 \cdot \frac{x_2 \cdot m_n}{\cos \beta} = \quad [mm]$$

$$\cos \alpha_{x2} = \frac{d_{b2}}{d_{x2}} \Rightarrow \alpha_{x2} = \arccos \frac{d_{b2}}{d_{x2}} = \quad [^\circ \ ' \ '']$$

$$\operatorname{tg} \beta_{x1} = \frac{\operatorname{tg} \beta_b}{\cos \alpha_{x1}} \Rightarrow \beta_{x1} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \beta_b}{\cos \alpha_{x1}} = \quad [^\circ \ ' \ '']$$

$$\operatorname{tg} \beta_{x2} = \frac{\operatorname{tg} \beta_b}{\cos \alpha_{x2}} \Rightarrow \beta_{x2} = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \beta_b}{\cos \alpha_{x2}} = \quad [^\circ \ ' \ '']$$

$$\cos \alpha_{xn1} = \frac{z_1 \cdot \cos \alpha_n \cdot \cos \beta}{(z_1 + 2 \cdot x_1 \cdot \cos \beta) \cdot \cos \beta_x}$$

$$\alpha_{xn1} = \arccos \left( \frac{z_1 \cdot \cos \alpha_n \cdot \cos \beta}{(z_1 + 2 \cdot x_1 \cdot \cos \beta) \cdot \cos \beta_x} \right) = \quad [^\circ \ ' \ '']$$

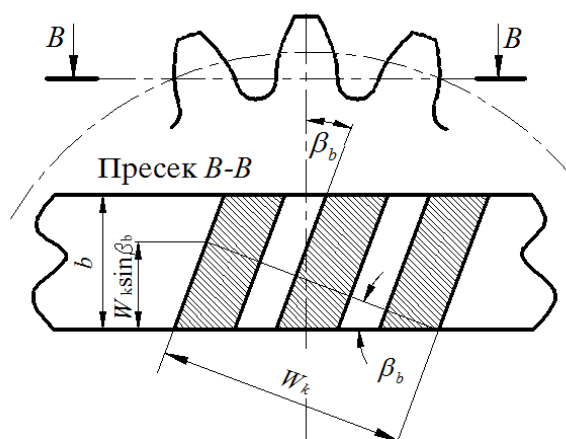
$$\cos \alpha_{xn2} = \frac{z_2 \cdot \cos \alpha_n \cdot \cos \beta}{(z_2 + 2 \cdot x_2 \cdot \cos \beta) \cdot \cos \beta_x}$$

$$\alpha_{xn2} = \arccos \left( \frac{z_2 \cdot \cos \alpha_n \cdot \cos \beta}{(z_2 + 2 \cdot x_2 \cdot \cos \beta) \cdot \cos \beta_x} \right) = \quad [^\circ \ ' \ '']$$

$$k_1 = \frac{z_1}{|z_1|} \cdot \operatorname{Int} \left[ \frac{z_1}{\pi} \cdot \frac{\operatorname{inv} \alpha_t}{\operatorname{inv} \alpha_n} \cdot \left( \operatorname{tg} \alpha_{xn1} - 2 \cdot \frac{x_1}{z_1} \cdot \frac{\operatorname{inv} \alpha_n}{\operatorname{inv} \alpha_t} \cdot \operatorname{tg} \alpha_n - \operatorname{inv} \alpha_n \right) \cdot \frac{z_1}{|z_1|} + 1 \right] =$$

$$k_2 = \frac{z_2}{|z_2|} \cdot \operatorname{Int} \left[ \frac{z_2}{\pi} \cdot \frac{\operatorname{inv} \alpha_t}{\operatorname{inv} \alpha_n} \cdot \left( \operatorname{tg} \alpha_{xn2} - 2 \cdot \frac{x_2}{z_2} \cdot \frac{\operatorname{inv} \alpha_n}{\operatorname{inv} \alpha_t} \cdot \operatorname{tg} \alpha_n - \operatorname{inv} \alpha_n \right) \cdot \frac{z_2}{|z_2|} + 1 \right] =$$

Мерката преку запци се пресметува според изразот:



$$W_1 = m_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \left[ \pi \cdot \left( k_1 - \frac{z_1}{2|z_1|} \right) + z_1 \cdot \operatorname{inv} \alpha_t + 2 \cdot x_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_n \right] =$$

$$W_2 = m_n \cdot \cos \alpha_n \cdot \left[ \pi \cdot \left( k_2 - \frac{z_2}{2|z_2|} \right) + z_2 \cdot \operatorname{inv} \alpha_t + 2 \cdot x_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_n \right] =$$

[mm]

Мерката преку запци кога се изразува во *mm* се заокружува на три децимали.

### 8. ПРОВЕРКА НА МОЖНОСТА ЗА МЕРЕЊЕ НА МЕРКАТА ПРЕКУ ЗАПЦИ

Услов да може да биде спроведено мерењето е:

$$b_1 \geq W_1 \cdot \sin \beta_b + b_{m1} \cdot \cos \beta_b$$

$$b_2 \geq W_2 \cdot \sin \beta_b + b_{m2} \cdot \cos \beta_b$$

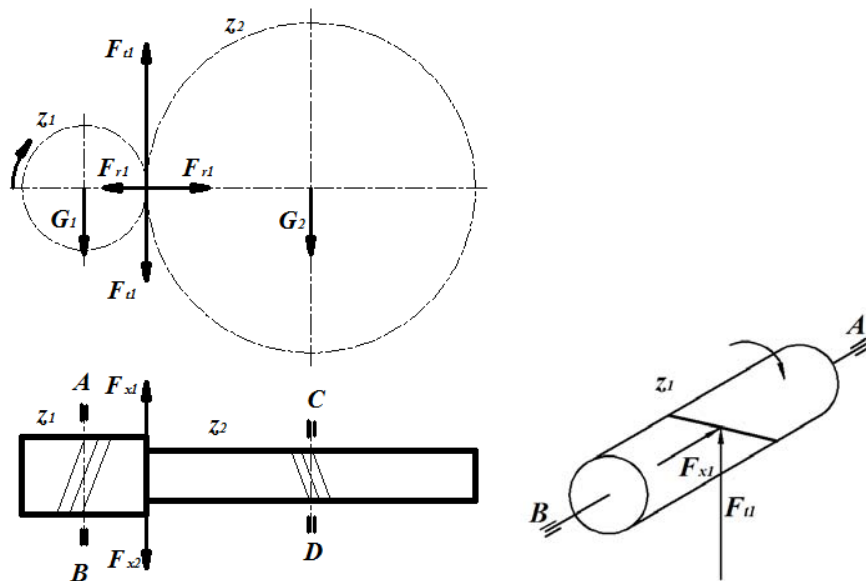
каде:

$$b_{m1} = 1.2 + 0.018 \cdot W_1$$

$$b_{m2} = 1.2 + 0.018 \cdot W_2$$

### 9. ПРЕСМЕТКА НА ОСТАНАТИТЕ ЕЛЕМЕНТИ НА РЕДУКТОРОТ

#### 9.1. Анализа и определување на оптоварувањата што делуваат на вратилото



Силите од тежината се занемаруваат.

#### 9.1.1. Пресметка на вртежните моменти

$$T_1 = 159155 \cdot \frac{P_1}{n_1} \cdot K_A = \quad [Nmm]$$

$$T_2 = 159155 \cdot \frac{P_2}{n_2} \cdot K_A = \quad [Nmm]$$

9.1.2. Пресметка на периферната сила

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot T_1}{d_1} = \quad [N]$$

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot T_2}{d_2} = \quad [N]$$

9.1.3. Пресметка на радијалната сила

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta} = \quad [N]$$

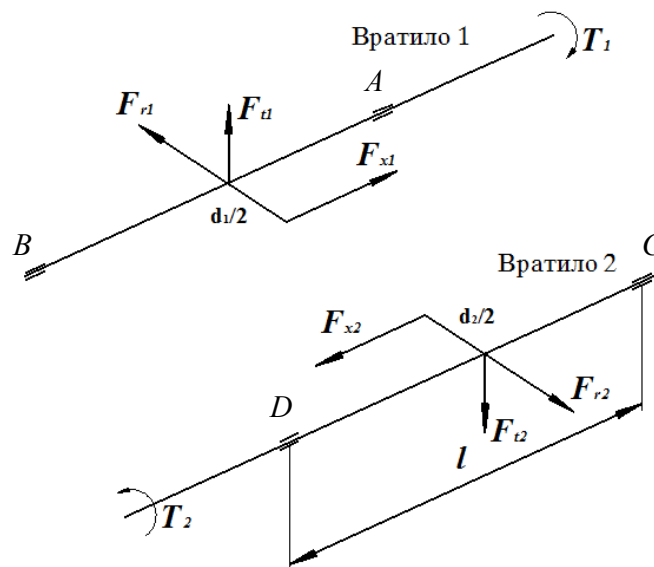
$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta} = \quad [N]$$

9.1.4. Пресметка на аксијалната сила

$$F_{x1} = F_{r1} \cdot \operatorname{tg} \beta = \quad [N]$$

$$F_{x2} = F_{r2} \cdot \operatorname{tg} \beta = \quad [N]$$

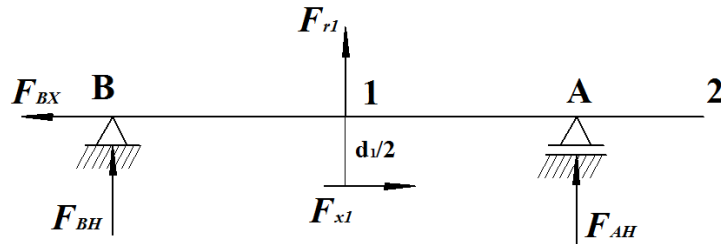
9.1.5. Просторен приказ на оптоварувањата



9.2. Определување на реакциите, статичките големини како што се аксијални сили, трансферзални сили и моменти на свиткување како и резултантните големини.

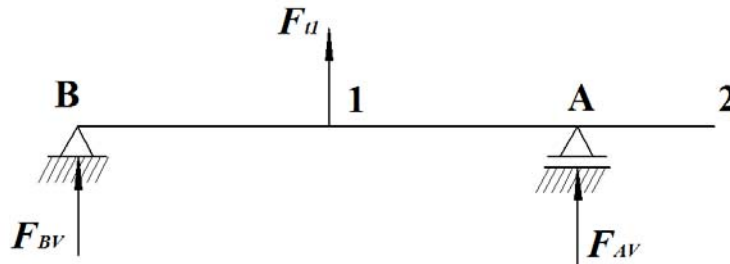
9.2.1. Вратило I

а) во хоризонтална рамнина



б-широчина на лежиштата се зема =0,

б) Во вертикална рамнина



в) Резултантни големини

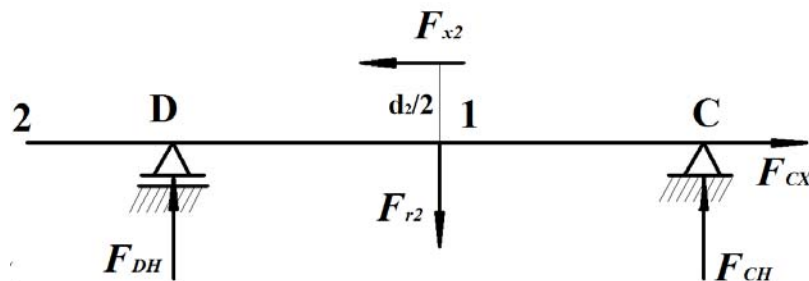
$$F_A = \sqrt{F_{AH}^2 + F_{AV}^2} = \quad [N]$$

$$F_B = \sqrt{F_{BH}^2 + F_{BV}^2} = \quad [N]$$

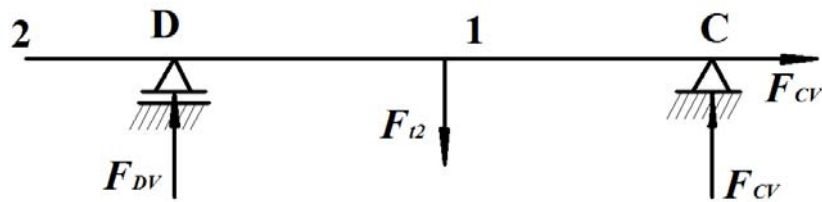
$$M_{SI} = \sqrt{M_{SIH}^2 + M_{SIV}^2} = \quad [Nmm]$$

9.2.2. Вратило II

а) Во хоризонтална рамнина



б) Вертикална рамнина



в) Резултантни голмини

$$F_C = \sqrt{F_{CH}^2 + F_{CV}^2} = \quad [N]$$

$$F_C = \sqrt{F_{CH}^2 + F_{CV}^2} = \quad [N]$$

$$M_{SH} = \sqrt{M_{SHH}^2 + M_{SHV}^2} = \quad [Nmm]$$

### 10. ИЗБОР НА МАТЕРИЈАЛ ЗА ВРАТИЛАТА И ПРЕСМЕТКА НА НЕГОВАТА МЕРОДАВНА ДИНАМИЧКА ИЗДРЖЛИВОСТ

Избирам Š---- од книга 2, табела 11.10, страна 134 со следните карактеристики ( $\sigma_D$  за наизменучно променливо оптоварување и  $\tau_D$  за еднонасочно променливо оптоварување):

$$\sigma_D = \quad [N/mm^2]$$

$$\tau_D = \quad [N/mm^2]$$

#### 10.1. Дозволен напон на материјалот

а) Дозволен напон на материјалот на свиткување

$$\sigma_{ds} = \frac{[\sigma_D]}{S} = \sigma_D \cdot \frac{Y_X \cdot Y_R \cdot Y_N}{S \cdot \beta_k} = \quad \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

$$Y_X = 0.81; \quad Y_R = 0.9; \quad Y_N = 1; \quad \beta_k = 1.5; \quad S = [1.5 \div 2.5] \quad \text{усвојувам } S =$$

б) Дозволен напон на материјалот на усукување

$$\tau_{ds} = \frac{[\tau_D]}{S} = \tau_D \cdot \frac{Y_X \cdot Y_R \cdot Y_N}{S \cdot \beta_k} = \quad \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

#### 10.2. Идеални моменти на свиткување

$$M_{v1} = \sqrt{M_{S1}^2 + \left( \frac{\sigma_D}{2\tau_D} \cdot T_1 \right)^2} = \quad [Nmm]$$

$$M_{v2} = \sqrt{M_{S2}^2 + \left( \frac{\sigma_D}{2\tau_D} \cdot T_2 \right)^2} = \quad [Nmm]$$

## 11. ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА ВРАТИЛАТА

а) На местото на кое е  $M_s \neq 0, T \neq 0$

$$d_{1I} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{V1}}{\pi \cdot \sigma_{ds}}} = \quad [mm]$$

$$d_{1II} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{V2}}{\pi \cdot \sigma_{ds}}} = \quad [mm]$$

б) На место на кое е  $M_s = 0, T \neq 0$

$$d_{(2-lez)I} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_1}{\pi \cdot \tau_{ds}}} = \quad [mm]$$

$$d_{(2-lez)II} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_2}{\pi \cdot \tau_{ds}}} = \quad [mm]$$

### 11.1. Стандарни стварни пречници на вратилото

$$d_{1stI} = 1.2 \cdot d_{1I} = \quad [mm]$$

$$d_{1stII} = 1.2 \cdot d_{1II} = \quad [mm]$$

$$d_{(2-lez)stI} = 1.2 \cdot d_{1I} = \quad [mm]$$

$$d_{(2-lez)stII} = 1.2 \cdot d_{1II} = \quad [mm]$$

Се усвојува:

$$d_{1stI} = \quad [mm]$$

$$d_{1stII} = \quad [mm]$$

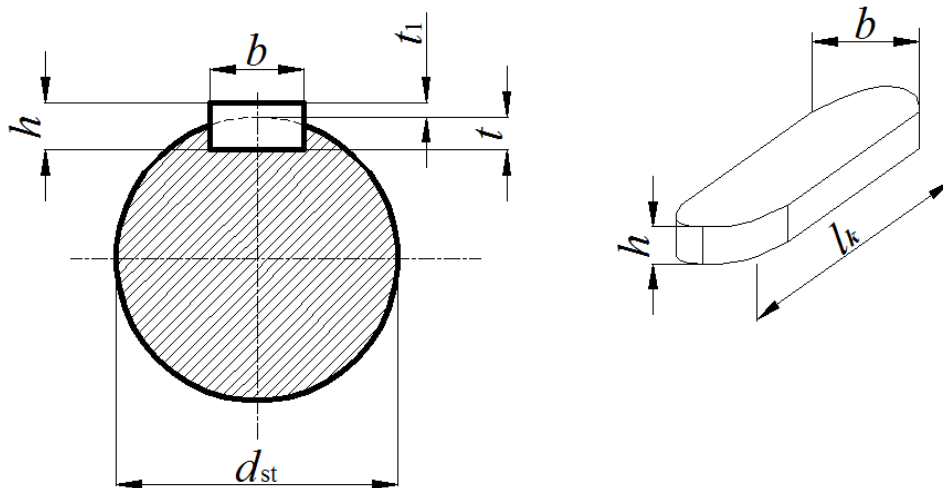
$$d_{(2-lez)stI} = \quad [mm]$$

$$d_{(2-lez)stII} = \quad [mm]$$

## 12. ИЗБОР И ПРОВЕРКА НА КЛИНОВИ

### 12.1. Избор на клинови

Избирам нормални клинови без наклон.



Вратило I

пресек	$d_{1stI}$ и $d_{(2-lez)stI}$	$b_{I1}$ и $b_{I2}$	$h_{I1}$ и $h_{I2}$	$t_{I1}$ и $t_{I2}$
1				
2				

Вратило II

пресек	$d_{1stII}$ и $d_{(2-lez)stII}$	$b_{II1}$ и $b_{II2}$	$h_{II1}$ и $h_{II2}$	$t_{II1}$ и $t_{II2}$
1				
2				

$$P_d = 50 \div 100 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \quad \text{усвојувам } P_d = \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Пресметка на должината на клинот:

$$l_{kl1} = \frac{2 \cdot T_1}{(d_{1stI} - t_{I1}) \cdot t_{I1} \cdot P_d} = \quad [mm]$$

$$l_{kl2} = \frac{2 \cdot T_1}{(d_{(2-lez)stI} - t_{I2}) \cdot t_{I2} \cdot P_d} = \quad [mm]$$

$$l_{kl11} = \frac{2 \cdot T_2}{(d_{1stII} - t_{II1}) \cdot t_{II1} \cdot P_d} = \quad [mm]$$

$$l_{kl12} = \frac{2 \cdot T_2}{(d_{(2-lez)stII} - t_{II2}) \cdot t_{II2} \cdot P_d} = \quad [mm]$$



Усвојувам:

$$l_{kI1} = [mm]$$

$$l_{kI2} = [mm]$$

$$l_{kII1} = [mm]$$

$$l_{kII2} = [mm]$$

### 12.2. Проверка на клиновите на сечење

$$\tau_{sd} = 60 \div 90 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \quad \text{усвојувам } \tau_{sd} = \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

- за вратило I

$$\tau_{S1I} = \frac{2 \cdot T_1}{b_{I1} \cdot d_{1stI} \cdot l_{kI1}} = \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \leq \tau_{sd}$$

$$\tau_{S2I} = \frac{2 \cdot T_1}{b_{I2} \cdot d_{(2-lez)stI} \cdot l_{kI2}} = \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \leq \tau_{sd}$$

$$\tau_{S1II} = \frac{2 \cdot T_2}{b_{II1} \cdot d_{1stII} \cdot l_{kII1}} = \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \leq \tau_{sd}$$

$$\tau_{S2II} = \frac{2 \cdot T_2}{b_{II2} \cdot d_{(2-lez)stII} \cdot l_{kII2}} = \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \leq \tau_{sd}$$

### 13. ЗАВРШНА (КОНТРОЛНА) ПРЕСМЕТКА НА ВРАТИЛОТО

#### 13.1. Пресметка на аксијалните отпорни моменти

- за вратило I

$$Z_{1I} = \frac{\pi \cdot d_{1stI}^3}{32} - \frac{b_{I1} \cdot t_{I1} \cdot (d_{1stI} - t_{I1})^2}{2 \cdot d_{1stI}} = [mm^3]$$

$$Z_{2I} = \frac{\pi \cdot d_{(2-lez)stI}^3}{32} - \frac{b_{I2} \cdot t_{I2} \cdot (d_{(2-lez)stI} - t_{I2})^2}{2 \cdot d_{(2-lez)stI}} = [mm^3]$$

- за лежиштата на вратилото I

$$Z_{lez} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = [mm^3]$$

- за вратило II

$$Z_{1II} = \frac{\pi \cdot d_{1stII}^3}{32} - \frac{b_{II1} \cdot t_{II1} \cdot (d_{1stII} - t_{II1})^2}{2 \cdot d_{1stII}} = [mm^3]$$

$$Z_{2II} = \frac{\pi \cdot d_{(2-lez)stII}^3}{32} - \frac{b_{II2} \cdot t_{II2} \cdot (d_{(2-lez)stII} - t_{II2})^2}{2 \cdot d_{(2-lez)stII}} = [mm^3]$$

- за лежиштата на вратилото II

$$Z_{lez} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = [mm^3]$$

#### 13.2. Пресметка на поларни отпорни моменти

- за вратило I

$$Z_{OI1} = \frac{\pi \cdot d_{1stI}^3}{16} - \frac{b_{I1} \cdot t_{I1} \cdot (d_{1stI} - t_{I1})^2}{2 \cdot d_{1stI}} = [mm^3]$$

$$Z_{O2I} = \frac{\pi \cdot d_{(2-lez)stI}^3}{16} - \frac{b_{I2} \cdot t_{I2} \cdot (d_{(2-lez)stI} - t_{I2})^2}{2 \cdot d_{(2-lez)stI}} = [mm^3]$$

- за лежиштата на вратилото I

$$Z_{OlezI} = \frac{\pi \cdot d_{lez}^3}{16} = [mm^3]$$

- за вратило II

$$Z_{OI2} = \frac{\pi \cdot d_{1stII}^3}{16} - \frac{b_{II1} \cdot t_{II1} \cdot (d_{1stII} - t_{II1})^2}{2 \cdot d_{1stII}} = [mm^3]$$

$$Z_{O2II} = \frac{\pi \cdot d_{(2-lez)stII}^3}{16} - \frac{b_{II2} \cdot t_{II2} \cdot (d_{(2-lez)stII} - t_{II2})^2}{2 \cdot d_{(2-lez)stII}} = [mm^3]$$

- за лежиштата на вратилото II

$$Z_{OlezII} = \frac{\pi \cdot d_{lez}^3}{16} = [mm^3]$$

### 13.3. Пресметка на работните напони

а) Работен напони од свиткување

$$\sigma_{SI} = \frac{M_{SI}}{Z_{1I}} = \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_{SII} = \frac{M_{SII}}{Z_{1II}} = \quad [N/mm^2]$$

б) Работен напон од усукување

- за вратило I

$$\tau_{S1I} = \frac{T_1}{Z_{O1I}} = \quad [N/mm^2]$$

$$\tau_{S2I} = \frac{T_1}{Z_{O2I}} = \quad [N/mm^2]$$

$$\tau_{SlezI} = \frac{T_1}{Z_{OlezI}} = \quad [N/mm^2]$$

- за вратило II

$$\tau_{S1II} = \frac{T_2}{Z_{O1II}} = \quad [N/mm^2]$$

$$\tau_{S2II} = \frac{T_2}{Z_{O2II}} = \quad [N/mm^2]$$

$$\tau_{SlezII} = \frac{T_2}{Z_{OlezII}} = \quad [N/mm^2]$$

### 14. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА СТЕПЕНОТ НА СИГУРНОСТ

$$[\sigma_D] = \sigma_D \cdot \frac{Y_X \cdot Y_R \cdot Y_N}{\beta_k} = \quad [N/mm^2]$$

$$[\tau_D] = \tau_D \cdot \frac{Y_X \cdot Y_R \cdot Y_N}{\beta_k} = \quad [N/mm^2]$$

а) од свиткување:

- за вратило I:

$$S_{\sigma I} = \frac{[\sigma_D]}{\sigma_{SI}} =$$

- за вратило II

$$S_{\sigma II} = \frac{[\sigma_D]}{\sigma_{SII}} =$$

б) од усуквање:

- за вратило I:

$$S_{\tau 1I} = \frac{[\tau_D]}{\tau_{S1I}} =$$

$$S_{\tau 2I} = \frac{[\tau_D]}{\tau_{S2I}} =$$

$$S_{\text{dezI}} = \frac{[\tau_D]}{\tau_{S\text{lezI}}} =$$

- за вратило II

$$S_{\tau 1II} = \frac{[\tau_D]}{\tau_{S1II}} =$$

$$S_{\tau 2II} = \frac{[\tau_D]}{\tau_{S2II}} =$$

$$S_{\text{dezII}} = \frac{[\tau_D]}{\tau_{S\text{lezII}}} =$$

#### 14.1 Резултантни степени на сигурност

- за вратило I:

$$S_{1I} = \frac{S_{\sigma I} \cdot S_{\tau 1I}}{\sqrt{S_{\sigma I}^2 + S_{\tau 1I}^2}} =$$

$$S_{2I} = S_{\tau 2I} =$$

$$S_{\text{lezI}} = S_{\text{dezI}} =$$

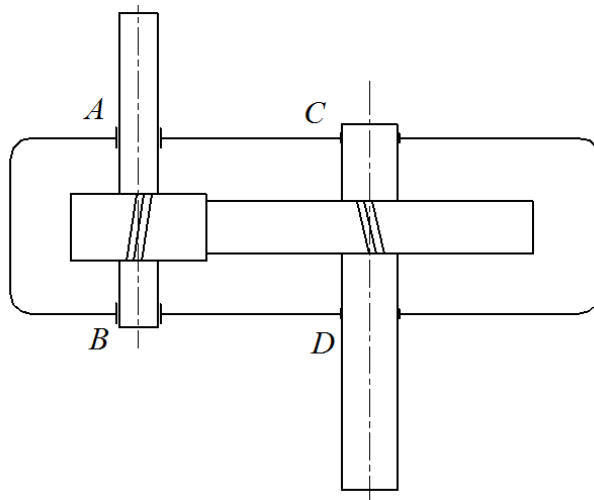
- за вратило II

$$S_{1II} = \frac{S_{\sigma II} \cdot S_{\tau 1II}}{\sqrt{S_{\sigma II}^2 + S_{\tau 1II}^2}} =$$

$$S_{2II} = S_{\tau 2II} =$$

$$S_{\text{lezII}} = S_{\text{dezII}} =$$

## 15. ИЗБОР НА ТРКАЛАЧКИ ЛЕЖИШТА



### 15.1. Вратило I

- Лежиште А - коничновалчесто лежиште

$$F_{Aekv} = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_x = [N]$$

каде што  $X$  представува фактор на радијалното оптоварување,  $Y$  представува фактор на аксијалното оптоварување и  $V$  представува фактор на начинот на вртење, и вредностите на  $X$  и  $Y$  се отчитуваат од табела 1.29 страна 284 до 291, книга 2, МЕ1, и тоа во зависност од односот  $F_x / F_r$  дали е помало или поголемо од  $e$ . Факторот  $V=1$  кога се врти внатрешниот прстен. Динамичката моќ на носењето изнесува:

$$C_A = K_\theta \cdot K_A \cdot F_{Aekv} \cdot \sqrt[p]{\frac{L \cdot n}{277.75}} =$$

Каде што  $F_{Aekv}$  [KN] представува еквивалентното оптоварување, бројот на вртежите  $n$  [s<sup>-1</sup>],  $K_\theta = 1$  е фактор на температурата ( $\theta \leq 100^\circ C$ ) каде за други вредности на температурата се отчитува од табела 12.37, страна 306, книга 2, МЕ1,  $K_A = 1.2$  представува погонски фактор кој може да се отчита од табела 12.38, страна 307 книга 2,  $p = 10/3$  за со валчиња,  $L$  [h] представува век на траење во часови.

Избирам коничновалчесто лежиште тип: со дијаметар  $d = [mm]$

- Лежиште В - коничновалчесто лежиште

$$F_{Bekv} = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_x = [N]$$

$$C_B = K_\theta \cdot K_A \cdot F_{Bekv} \cdot \sqrt[p]{\frac{L \cdot n}{277.75}} =$$

Избирам коничновалчесто лежиште тип: со дијаметар  $d = [mm]$

**15.2. Вратило II**

- Лежиште С - коничновалчесто лежиште

$$F_{Cekv} = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_x = [N]$$

$$C_C = K_\theta \cdot K_A \cdot F_{Cekv} \cdot \sqrt[p]{\frac{L \cdot n}{277.75}} =$$

Избирам коничновалчесто лежиште тип: со дијаметар  $d = [mm]$

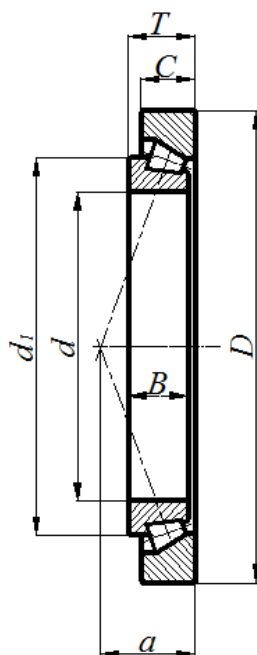
- Лежиште D - коничновалчесто лежиште

$$F_{Dekv} = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_x = [N]$$

$$C_D = K_\theta \cdot K_A \cdot F_{Dekv} \cdot \sqrt[p]{\frac{L \cdot n}{277.75}} =$$

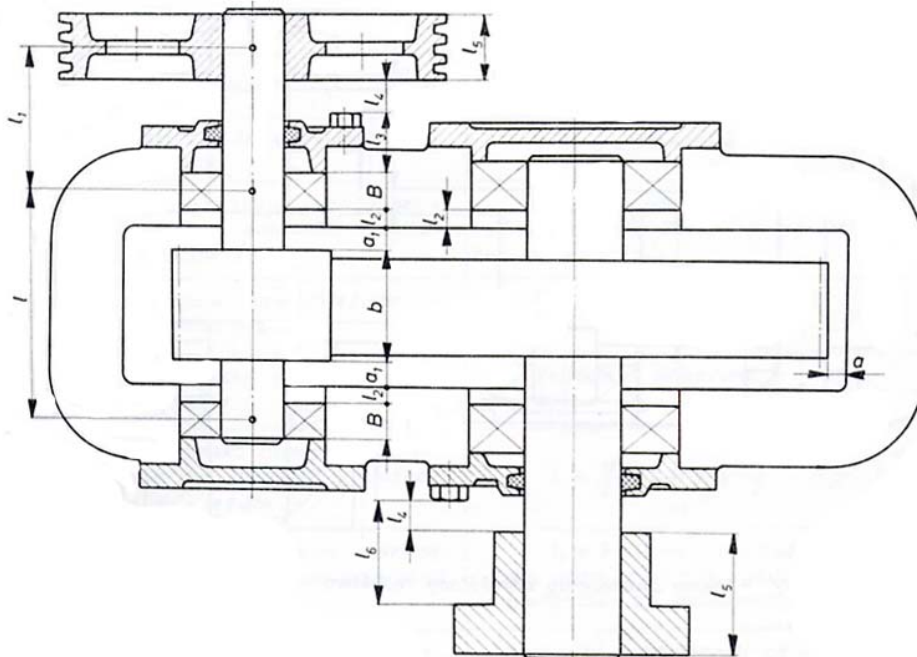
Избирам коничновалчесто лежиште тип: со дијаметар  $d = [mm]$

Тип на лежиште	$d$	$D$	$T_{max}$	$T_{min}$	$B$	$C$	$r$	$a$	Маса kg



16. ПОДАТОЦИ ЗА ЦРТАЊЕ НА ЕДНОСТЕПЕН ЦИЛИНДРИЧЕН РЕДУКТОР

Ознака	Назив	Големина
$a_1$	Растојание од челната површина на запченикот до сидот на куќиштето	$a_1 = 10 - 15mm$ ; за поголеми редуктори вредноста може да се земе и поголема во зависност од точноста на изработката и монтажа на редукторот.
$b$	Широчина на погонскиот запченик	Се определува во зависност од факторот $k$ .
$B$	Широчина на лежиштето	Лежиштата се бираат во зависност од оптоварувањата.
$a$	Најмал зјај помеѓу пречникот на големиот запченик и куќиштето на редукторот	$a > 1,2d$ , каде што е $d$ – дебелината на сидот на куќиштето на редукторот. Зависи од точноста на изработката на редукторот.
$l$	Пресметковно растојание помеѓу потпорите	$l = b + 2a_1 + 2l_2 + B$
$l_1$	Пресметковно растојание на вртливите делови на влезно-излезното вратило.	$l_1 = B/2 + l_3 + l_4 + l_5/2$
$l_2$	Растојание од челната површина на тркалчкото лежиште до внатрешната страна на куќиштето	$l_2 = 5 - 10mm$ , при подмачкување на лежиштата со маслото од куќиштето на редукторот или $l_2 = 10 - 15mm$ , за машинско подмачкување.
$l_3$	Височина на поклопецот заедно со височината на главата на завртката.	Се зема конструктивно
$l_4$	Растојание на вртливите делови до неподвижниот поклопец	$l_4 = 15 - 20mm$
$l_5$	Должината на делот на вратилото на кој се наоѓа вртлив елемент.	$l_5 = (1,2 - 1,5)d$ , каде што е $d$ – пречник на вратилото. Се зема во зависност од должината на главината и начинот прицврстување со вратилото.
$l_6$	Растојание на спојницата до поклопецот	Се зема во зависност од типот на спојницата и можноста за нејзина монтажа.



### 17. ИЗБОР НА НАЛЕГНУВАЊА

- За вратило I

За лежишта се препорачува KV/k6.

За сите налегнувања вратило-запчаник и вратило-ременик се препорачува H7/j6.

За клин-вратило се препорачува P9/j6.

- За вратило II

Лежишта се препорачува KV/k6.

За сите налегнувања вратило-запчаник и вратило-спојка се препорачува H7/j6.

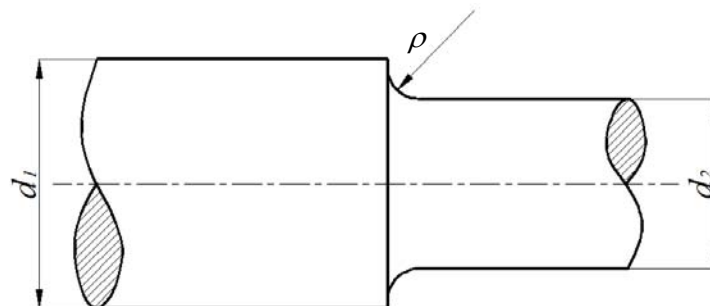
За клин-вратило се препорачува P9/j6.

### 18. КОНСТРУКТИВО ОФОРМУВАЊЕ НА ВРАТИЛАТА

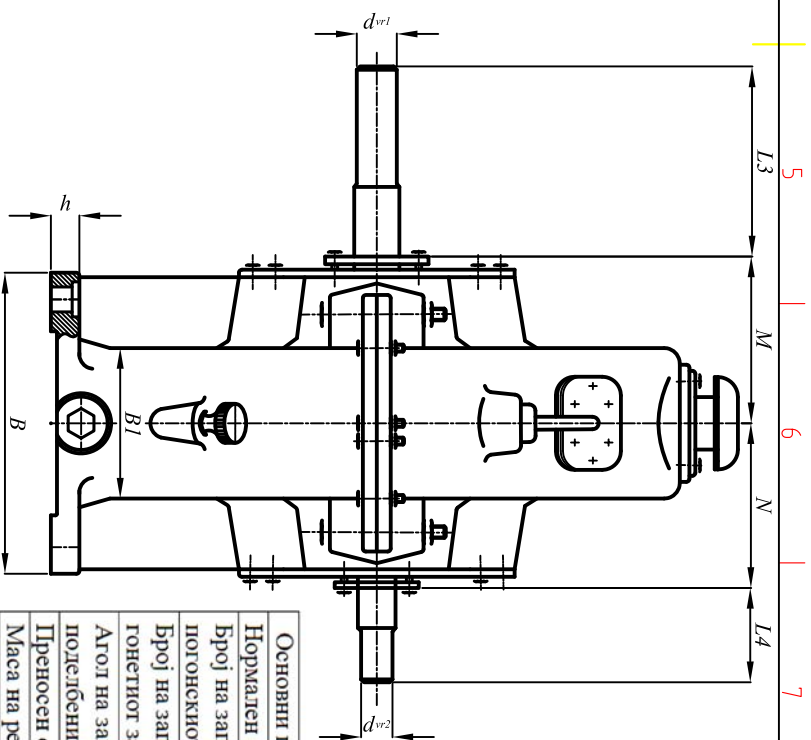
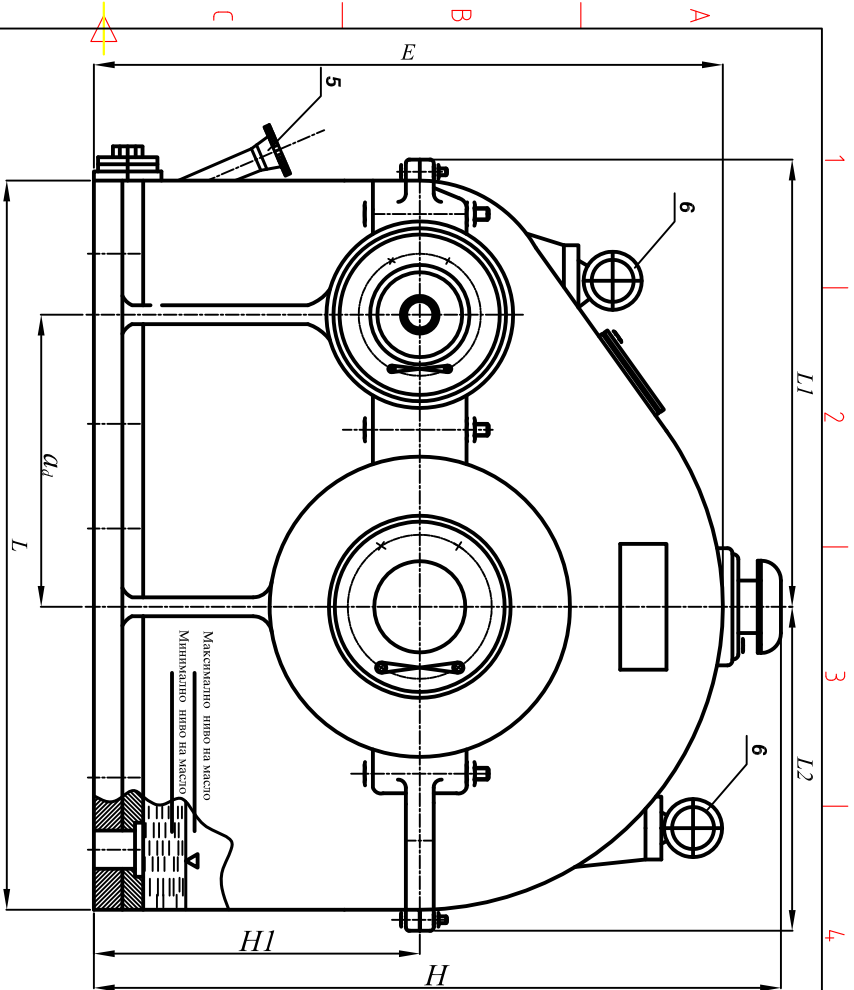
#### 18.1. Определување на заоблувањата

$$\rho \geq 0.1 \cdot d_1$$

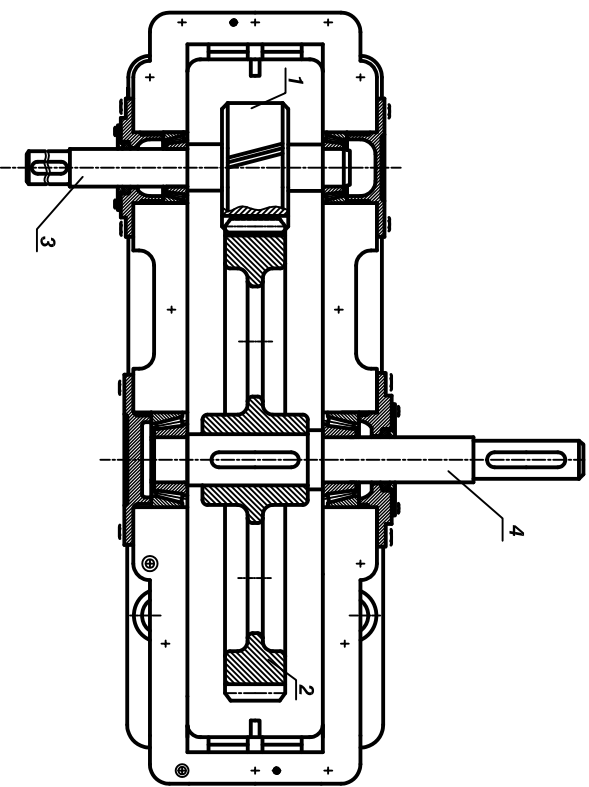
$\rho$  - представува радиус на заоблување при промена на пречник.



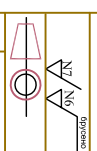




Основни податоци за редукторот	
Нормален модул $m_n$	3
Број на зашпи на погонскиот запчаник $z_1$	32
Број на зашпи на гонетиот запчаник $z_2$	166
Агол на зашпите на подзебениот круг	$8^{\circ}06'34''$
Преносен однос	5,19
Маса на редукторот (kg)	730
Количество масло во редукторот (l)	13



6	вилки за монтажа и демонтажа	2			
5	мерач на ниво на масло	1			
4	гонето вратило	1			
3	погонско вратило	1			
2	гонет запчаник	1			
1	погонски запчаник	1			
ПОЗ	НАЗИВ	МАТЕРИАЛ	ДИМЕНЗИИ	ЗАБЕЛЕШКА	
	површ. обр.		површ. заштита		
	копија		материјал	формат А0	
	дата		маса	размер:	



ЕДНОСТЕПЕН  
ЦИЛИНДРИЧЕН РЕДУКТОР

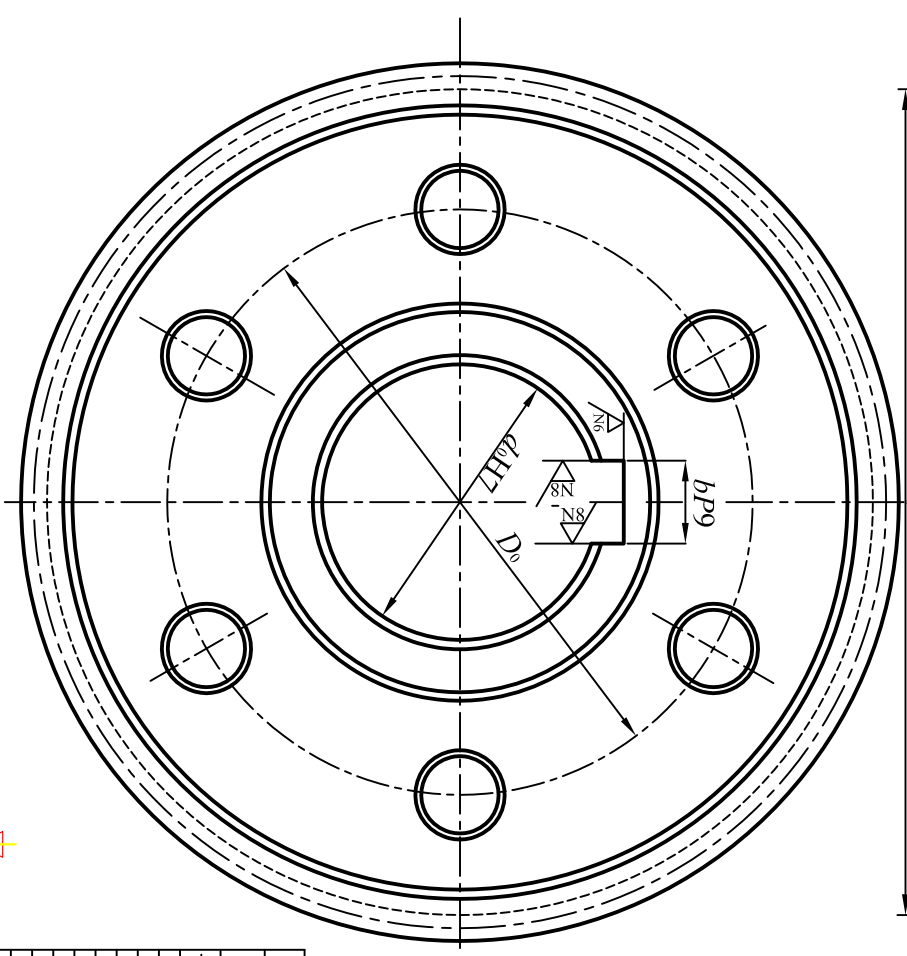
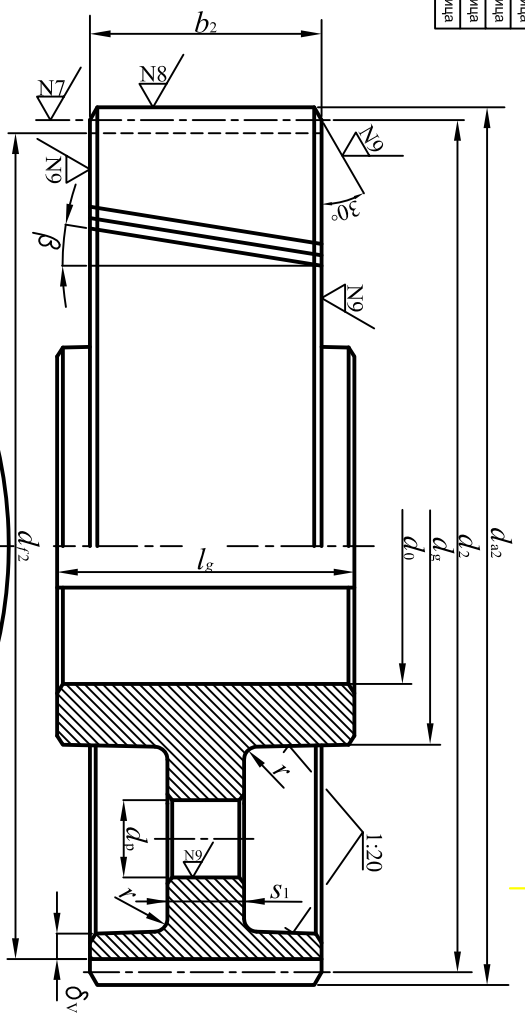
**МФС**

ИМЕ И ПРЕЗИМЕ

ИНД.

СТ.	ИЗМЕНА	ДАТА	ИМЕ

$d_{H7}$	отворед таблица
$bP9$	отворед таблица



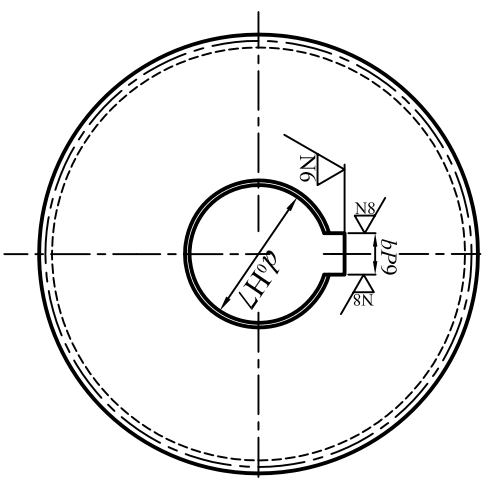
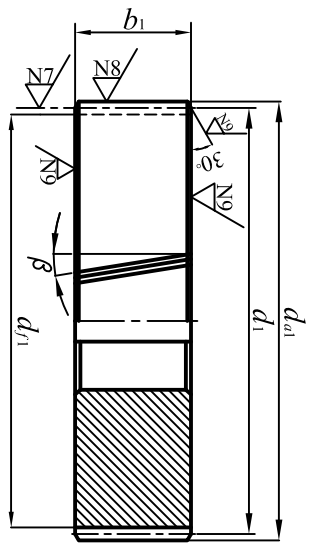
Број на листи	Единица	Означ	Единица	Вредност
Нормален број на листи	$Z$	-	-	-
Честота на листи	$m_z = m_f$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Пречник на подложниот круг	$d$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Сенкиран профил	-	-	-	-
Агол на наклонот на профилот	$d_0$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$
Пречник на основниот круг	$d_1$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Височина на аплирано дел на фланс на забелот	$h$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Коэффициент на подложниот круг	$d_f$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Агол на забелот	$\beta$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$
Акцијалан чекор	$p$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Насока на наклонитата	$\beta_2$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$
Агол на забелот на основниот цилиндар	$k$	-	-	-
Мерен број на листи	$m_f$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Мере пречку к листи	$d_r$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Пречник на клинестот круг	$d$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$
Наклоноста растојание	$d_{m1}$	$0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$
Агол на доприрагата	$n$	$S^{-1}$	$m_z$	$m_z$
Завестаност на врвот	$v$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Тригонометрија	$d_0$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Пречник на врвот	$s_1 = (0.25 + 0.3) \cdot d$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Радиус на почвата	$r = (5 + 8)$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Радиус на забелот	$\delta_1 = (2 + 3) \cdot m$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Радиус на главниот	$d_1^* = (1.5 + 1.7) \cdot d_0$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Радиус на главниот на врска со клин	$l_1 = (1.2 + 1.5) \cdot d_0$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Пречник на вапото	$D_1 = d_f - 2 \cdot \delta_1$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Пречник на отворите во почвата	$d_2 = (D_1 - d_0) / 5$	$m_z$	$m_z$	$m_z$
Пречник на отворите г круг на отворите	$D_0 = (D_1 + d_0) / 2$	$m_z$	$m_z$	$m_z$

Забелешка: Сите рабови се оборени 2/45°

површ. обр.	површ. заштита
копија	материјал
дата	формат А3
име	маса
	размер 1:1
ГОНЕТ ЗАПЧНИК	
ИМЕ И ПРЕЗИМЕ	
ИМЕ	ИНД.
ИЗМЕНА	ИНД.
ДАТА	ИНД.
СТ.	ИНД.

**МФС**

$d_{aH7}$	стопел таблица
$b_{P9}$	стопел таблица



Величина	Ознака	Единица	Вредност
Број на зашпи	$Z$	-	-
Нормален број на зашпи	$Z_n$	-	-
Челен модул	$m_s = m_f$	mm	-
Стандарден модул	$m_f$	mm	-
Пречник на подложниот круг	$d'$	mm	-
Стандарден профил	-	-	-
Агол на наклонот на профилот	$\alpha_0$	°	-
Пречник на основниот круг	$d_s$	mm	-
Височина на екстериорниот дел на боков на забелот	$h_s$	mm	-
Коэффициент на покостување на профилот	$h$	-	-
Пречник на подложниот круг	$d_f$	mm	-
Агол на забелот	$\beta$	°	-
Акцидатен чекор	$p_z$	mm	-
Насоча на навлегувањето	лева/десна	-	-
Агол на забелот на основниот цилиндар	$\beta_s$	°	-
Мерен број на зашпи	$k$	-	-
Мера пречку к зашпи	$W_s$	mm	-
Пречник на кинематскиот круг	$d_k$	mm	-
Најголемо растојание	$a$	mm	-
Агол на допирницата	$\alpha_{\text{н}}$	°	-
Закривеност на врвот	$r$	$S^{-1}$	-
Периферна брзина	$v$	m/s	-

Забелешка: Сите рабови се оборени 2/45°

површ. обр.	површ. заштита
колџа	материјал
дата	формат А3
име	маса
	размер 1:1
ПОГОНСКИ ЗАГЧАНИК	
ИМЕ И ПРЕЗИМЕ	
ИМФС	
ИНД.	

