

УНИВЕРЗИТЕТ "СВЕТИ КИРИЛ И МЕТОДИЈ"



МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ - СКОПЈЕ



Проф. д-р Петар Симоновски
Доц. д-р Иле Мирчески
Доц. д-р Никола Аврамов
Доц. д-р Ташко Ризов

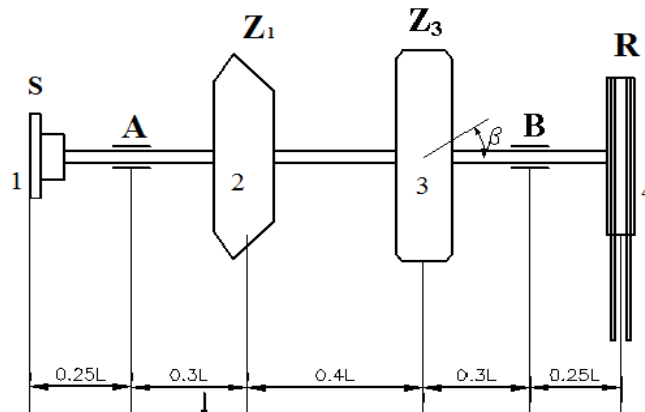
ПРИРАЧНИК

ЗА ИЗРАБОТКА НА ВТОРАТА ПРОГРАМСКА ЗАДАЧА ПО ПРЕДМЕТОТ
МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ
(ВРАТИЛО И СПОЈНИЦА)

СКОПЈЕ
ДЕКЕМВРИ 2016

УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ – СКОПЈЕ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ – СКОПЈЕ

МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ - Програм бр. 2



На скицата е прикажано вратило кое прима сила преку цилиндричниот запченик со коси заpci Z_3 , а ја оддава преку спојницата S , коничниот запченик со прави заpci Z_1 и ремениот преносник со клинест ремен R . За прикажаното вратило потребно е да се изврши следното:

1. Комплетна јакостна пресметка, димензионирање и завршна пресметка на вратилото.
2. Да се изберат и проверат клиновите без наклон.
3. Да се изберат тркалачки лежишта во потпорите A и B и да се определат нивните големини (редот на мерите).
4. Да се избере и провери:
 - а) Еластична спојница
 - б) Прирабна спојница
5. За сите формирани склопови да се изберат соодветни налегнувања и толеранции и да се прикажат графички.
6. На бела хартија хамер $A1$ формат со молив да се нацрта:
 - а) Склопен цртеж на вратилото со елементите за пренос на силината, тркалачки лежишта заедно со кукиштата и работилнички цртеж на вратилото.
 - б) Склопен цртеж на спојницата.

Зададени податоци:

Помошен фактор – K	8	9	10	
Силина оддавана преку S – P_1	K	$2K$	$3K$	kW
Силина оддавана преку Z_1 – P_2	$0,5P_1$	P_1	$2P_1$	kW
Силина оддавана преку R – P_4	P_1	P_1	P_1	kW
Распон помеѓу потпорите на вратилото – L	$50K$	$60K$	$70K$	mm
Зачестеност на вртежите – n	$12,3$	$16,6$	$24,3$	s^{-1}
Агол на поставеност на Z_1 – φ_1	90	180	270	$^\circ$
Агол на поставеност на Z_3 – φ_3	0	90	270	$^\circ$
Агол на поставеност на R – φ_R	0	90	270	$^\circ$
Агол на забецот на Z_3 – β	12	13	15	$^\circ$
Агол на поделбениот конус на Z_1 – δ_2	29	33	40	$^\circ$
Тежини на поедини елементи	$G_1=100N$	$G_2=90N$	$G_3=120N$	$G_4=110N$
Пречници на поедините елементи	$D_1=130\text{ mm}$	$D_2=120\text{ mm}$	$D_3=150\text{ mm}$	$D_4=110\text{ mm}$

Студент: _____

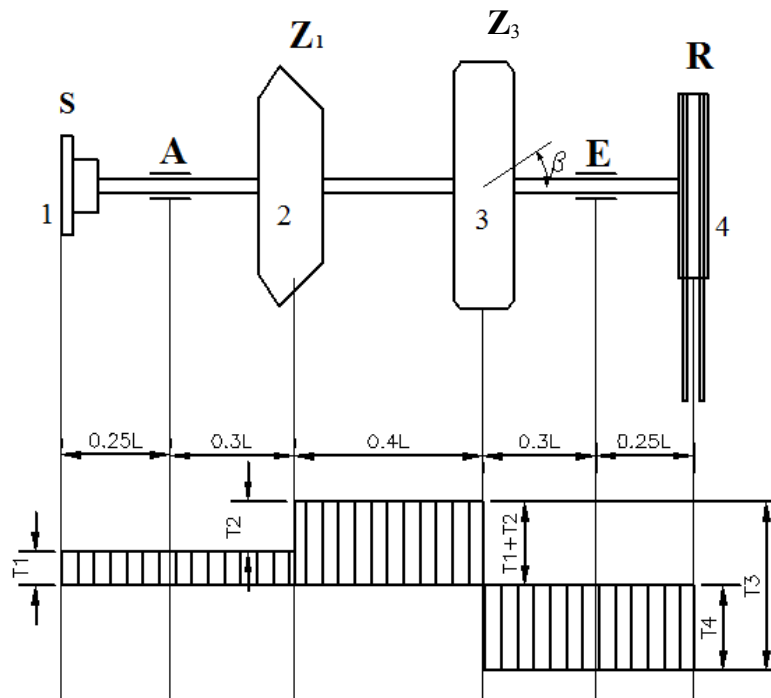
Асистент: _____

Датум на издавање: _____

Датум на предавање: _____

СОДРЖИНА:

1. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА МЕРОДАВНИТЕ ОПТОВАРУВАЊА НА ВРАТИЛОТО	4
1.1. Силина што ја прима вратилото	4
1.2. Определување на соодветните вртежни моменти.....	4
1.3. Определување на соодветните периферни сили.	4
1.4. Сили кои го оптоваруваат вратилото	5
1.4.1. Сили кои делуваат на местото на спојницата S - точка 1	5
1.4.2. Сили кои дејствуваат на коничниот пар на запчаници Z_1 - точка 2.....	5
1.4.3. Сили кои дејствуваат на цилиндричниот пар запчаници Z_3 - точка 3	6
1.4.4. Сили кои дејствуваат на местото на ременицата R- точка 4.....	6
1.4.5. Просторен приказ на оптоварувањата.....	7
2. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА РЕАКЦИИТЕ И СТАТИЧКИТЕ ГОЛЕМИНИ	8
2.1. Во хоринзонтална рамнина (H).....	8
2.2. Во вертикална рамнина (V).....	8
3. РЕЗУЛТАНТНИ ГОЛЕМИНИ ВО КАРАКТЕРИСТИЧНИ ТОЧКИ.....	8
3.1. Резултантни радијални реакции.....	8
3.2. Резултантни моменти на свиткување.....	8
4. ИЗБОР НА МАТЕРИЈАЛ ЗА ВРАТИЛОТО	9
4.1. Меродавна динамичка издржливост	9
4.2. Дозволен напон на материјалот	9
5. ИДЕАЛНИ (ВИРТУЕЛНИ) МОМЕНТИ НА СВИТКУВАЊЕ.....	9
6. ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА ВРАТИЛОТО	10
6.1. Пресметка на идеалните пречници во кои се јавува истовремено свиткување и укување.....	10
6.2. Пресметка на идеалните пречници во пресеци кои се јавува само укување.....	10
6.3. Стандарди- стварни пречници на вратилото	10
7. ИЗБОР И ПРОВЕРКА НА НОРМАЛНИ КЛИНОВИ БЕЗ НАКЛОН.....	11
7.1. Проверка на клиновите.....	12
8. ЗАВРШНА (КОНТРОЛНА) ПРЕСМЕТКА НА ВРАТИЛОТО	12
8.1. Пресметка на отпорните аксијални моменти	12
8.2. Пресметка на поларните отпорни моменти	12
8.3. Пресметка на работните напони	13
8.4. Пресметка на поедините степени на сигурност	13
8.5. Вкупни (резултантни) степени на сигурност	13
9. ИЗБОР НА ТРКАЛАЧКИ ЛЕЖИШТА.....	13
9.1. Пресметка на еквивалентното оптоварување	13
9.2. Определување на големината (редот на мерите) на тркалечките лежишта	13
10. ИЗБОР НА НАЛЕГНУВАЊА И ТОЛЕРАНЦИИ	14
10.1. Избор на налегнување во T.1,2,3,4	14
10.2. Изборот на налегнување за споевите клин- вратило	14
11. КОНСТРУКТИВНО ОБЛИКУВАЊЕ НА ВРАТИЛОТО	14



1. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА МЕРОДАВНИТЕ ОПТОВАРУВАЊА НА ВРАТИЛОТО

1.1. Силина што ја прима вратилото

Вратилото ја прима силината преку запчаникот Z_3 кој е погонски

$$P_3 = P_1 + P_2 + P_4 \quad [kW]$$

1.2. Определување на соодветните вртежни моменти

$$T_i = 159155 \cdot \frac{P_i}{n} \cdot K_A \quad [Nmm]$$

каде што во равенката се работи со следниве мерни единици и тоа: за силината $P_i - [kW]$, за бројот на вртежи $n - [s^{-1}]$, $i = 1, 2, 3, 4$, K_A представува погонски фактор кој зависи од погонската и од работната машина и се отчитува од табела 3.1 (стр. 38, книга МЕ). Се препорачуваат вредностите помеѓу $(1 \div 1.5)$.

1.3. Определување на соодветните периферни сили.

Се определуваат со равенката:

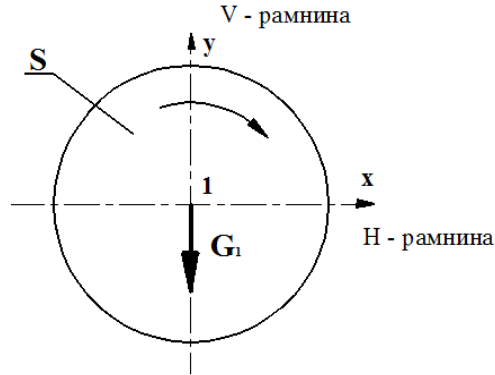
$$F_u = \frac{2T}{D_i} [N] \quad \text{каде } i = 1, 2, 3, 4$$

Дијаметрите $D_i [mm]$ се зададени.

1.4. Сили кои го оптоваруваат вратилото

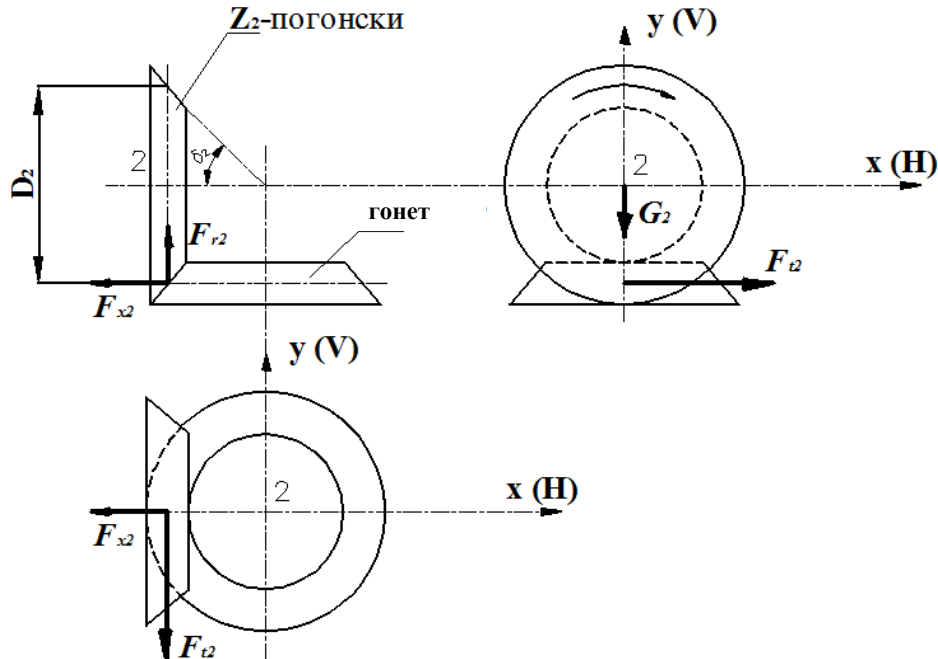
Се напоменува дека ова е пример во кој е усвоено $\varphi_1 = 270^\circ$, $\varphi_3 = 90^\circ$ и $\varphi_R = 270^\circ$. Во точките кои следуваат е потребно да се пресметува со ваши податоци.

1.4.1. Сили кои делуваат на местото на спојницата S - точка 1



На ова место дејствува само тежината на спојницата S, тежината G_1 е зададена во [N].

1.4.2 Сили кои дејствуваат на коничниот пар на запчаници Z₁ - точка 2.



Периферната сила F_{12} има насока обратна од насоката на вртење на погонските запчаници. F_{12} е претходно пресметана во точка 1.3.

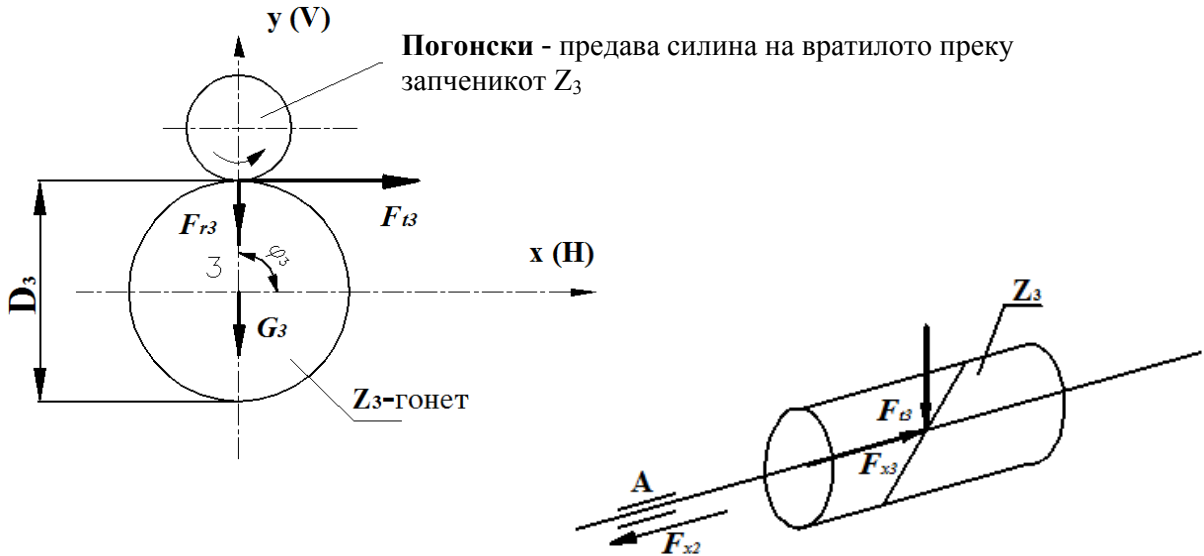
$$F_{r2} = F_{12} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_2 \quad [\text{N}]$$

$$F_{x2} = F_{12} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta_2 \quad [\text{N}]$$

$$G_2 = \text{зададено во формулар} \quad [\text{N}]$$

$$\alpha = 20^\circ$$

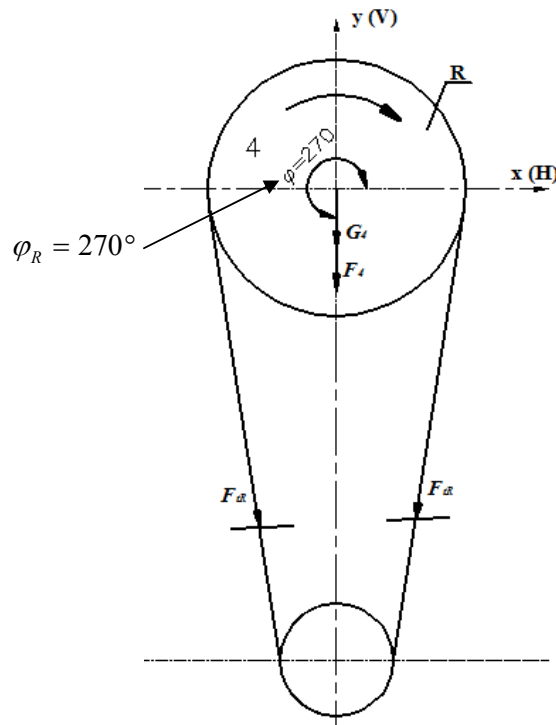
1.4.3. Сили кои дејствуваат на цилиндричниот пар запчаници Z_3 - точка 3



Ориентацијата на аголот на забецот се зема така да аксијалната сила F_{x3} биде спротивно насочена од аксијалната сила F_{x2} од конусниот запченик.

$$F_{r3} = F_{t3} \cdot \frac{tg\alpha}{\cos\beta} \quad [N] \quad F_{x3} = F_{t3} \cdot tg\beta \quad [N] \quad G_3 = \text{зададено} \quad [N]$$

1.4.4. Сили кои дејствуваат на местото на ременицата R- точка 4



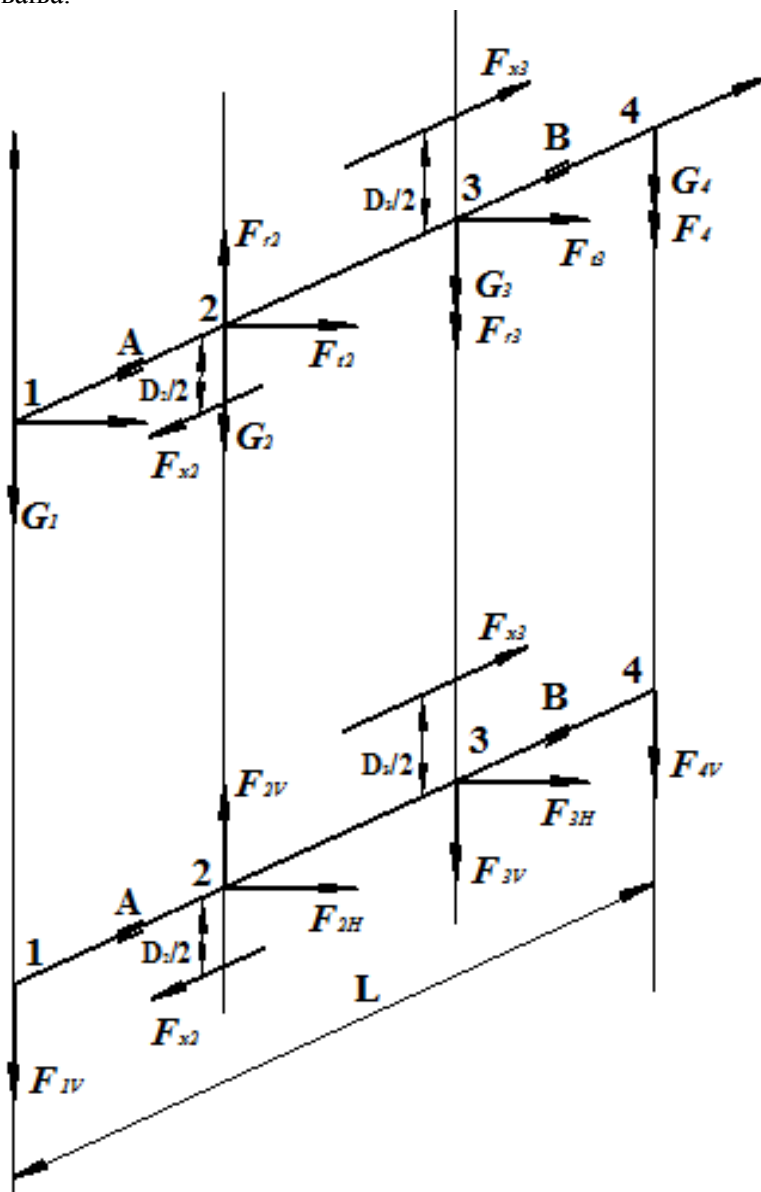
Силите кои го оптоваруваат вратилото во точката 4 се:

$$F_4 = 2F_{t4} \quad [N]$$

$$G_4 = \text{зададено} \quad [N]$$

1.4.5. Просторен приказ на оптоварувањата

Повторно се нагласува дека е потребно оваа точка да се обработи со вашите податоци. На A4 формат бел лист да се нацрта просторен цртеж на вратилото и на него да се прикажат сите оптоварувања.



Силите што делуваат во хоризонтална рамнина се:

$$F_{1H} = 0 \quad \text{нема хоринзотални сили}$$

$$F_{2H} = F_{t2} = \dots [\text{N}]$$

$$F_{3H} = F_{t3} = \dots [\text{N}]$$

$$F_{4H} = 0 \quad \text{нема хоринзотални сили}$$

Силите што делуваат во вертикална рамнина се:

$$F_{1V} = -G_1 = \dots [\text{N}]$$

$$F_{2V} = F_{r2} - G_2 = \dots [\text{N}]$$

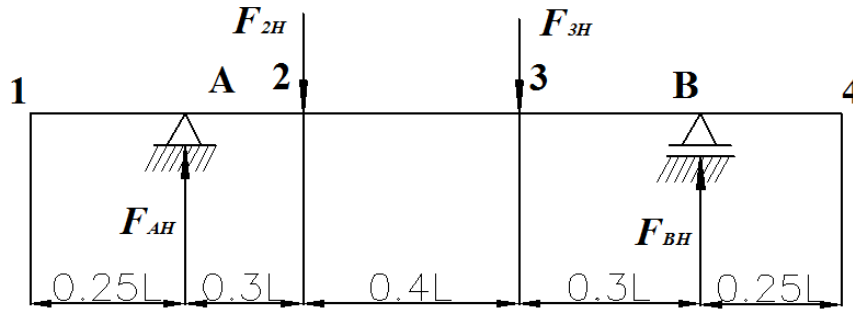
$$F_{3V} = -F_{r3} - G_3 = \dots [\text{N}]$$

$$F_{4V} = -F_4 - G_4 = \dots [\text{N}]$$

2. ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА РЕАКЦИИТЕ И СТАТИЧКИТЕ ГОЛЕМИНИ

2.1. Во хоринзотална рамнина (H)

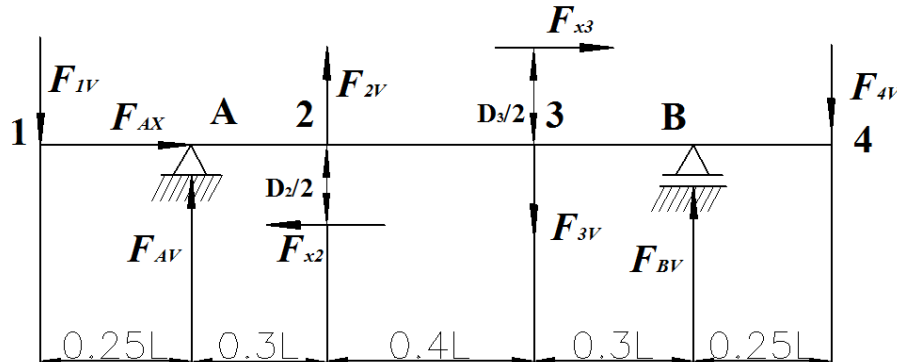
Вертикално се црта како греда со препусти со сите сили што делуваат во хоринзоталната рамнина. Потоа се решаваат: реакции, нападни моменти. Дијаграмите на статичките големина да се нацртаат на бел лист A4 формат.



$\Sigma M_{AH}=0$, од каде се изразува F_{BH} и $\Sigma M_{BH}=0$, од каде се изразува F_{AH}

2.2. Во вертикална рамнина (V)

Исто како за хоризонтална рамнина само без аксијална сила и со дијаграм на вртежните моменти.



3. РЕЗУЛТАНТНИ ГОЛЕМИНИ ВО КАРАКТЕРИСТИЧНИ ТОЧКИ

3.1. Резултантни радијални реакции

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

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

$$F_{AX} = F_{2x} - F_{3x} \quad [N]$$

3.2. Резултантни моменти на свиткување

$$M_{Si} = \sqrt{M_{SH}^2 + M_{svi}^2} \quad [Nmm]$$

каде што $i = A, 2, 3, B$

За $i = 1$ и $4 \Rightarrow M_S = 0$

4. ИЗБОР НА МАТЕРИЈАЛ ЗА ВРАТИЛОТО

Пресметка на неговата меродавна издржливост (критичен напон) и дозволениот напон. Од табела 2.02 или 2.04 (стр. 28, книга МЕ) избираме материјал за вратилото најчесто конструктивен челик Č 0... потоа да се одбере челик за подобрување Č .. 30

Избираме материјал за вратилото Č со следниве карактеристики:

σ_D - Динамичка издржливост при **наизменично променливо** оптоварување на свиткување

τ_D - Динамична издржливост за **еднонасочно променливо** оптоварување на усукување

4.1. Меродавна динамичка издржливост

а) За свиткување

$$[\sigma_D] = \sigma_D \frac{Y_X \cdot Y_R \cdot Y_N}{\beta_K} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

б) За усукување

$$[\tau_D] = \tau_D \frac{Y_X \cdot Y_R \cdot Y_N}{\beta_K} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

каде што:

$Y_X = 0.81$ за усукување

$Y_X = 0.7$ за усукување - фактор на големината

$Y_R = 0.9$ - фактор на рапавост

$Y_N = 1$ - фактор на векот на траење

$\beta_K = 1.5$ - ефективен фактор на концентрација на напони

4.2. Дозволен напон на материјалот

Степенот на сигурност кај вратилата се движи во граници од **1,5 до 2,5**

Усвојувам степен на сигурност $S =$

Дозволениот напон на свиткување изнесува:

$$\sigma_{sd} = \frac{[\sigma_D]}{S} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Дозволениот напон на усукување изнесува:

$$\tau_{sd} = \frac{[\tau_D]}{S} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

5. ИДЕАЛНИ (ВИРТУЕЛНИ) МОМЕНТИ НА СВИТКУВАЊЕ

Се пресметува за сите пресеци на вратилото во кои што се јавува истовремено свиткување и усукување ($M_S \neq 0; T \neq 0$)

$$M_{vj} = \sqrt{M_{sj}^2 + \left(\frac{[\sigma_D]}{2[\tau_D]} \cdot T_j \right)^2} \quad [Nmm]$$

каде што: $j = A, 2, 3, B,$ за $j = 1, 4$ следува $\Rightarrow M_s = 0$

Да се обрне посебно внимание во **пресекот 3** каде што дијаграмот на вртежните моменти минува низ 0 (нултата линија). Во тој пресек се посматраат вредностите бесконечно блиску од левата и десната страна. Од дијаграмот на вртежните моменти се гледа дека во пресекот 3 се јавува скок од горната страна ($T_1 + T_2$), а од долната страна T_4 , а тоа значи дека во формулата за идеален момент на свиткување се заменува поголемата вредност од нив.

Истата постапка важи и за пресекот 2, а тоа значи дека во точката 2 треба да се замени вредноста ($T_1 + T_2$)

6. ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА ВРАТИЛОТО

6.1. Пресметка на идеалните пречници во кои се јавува истовремено свиткување и усукување

$$d_{ij} = \sqrt[3]{\frac{32M_{vj}}{\pi \cdot \sigma_{sdoz}}} \quad [mm] \quad j = A, 2, 3, B$$

6.2. Пресметка на идеалните пречници во пресеци кои се јавува само усукување

$$d_{ij} = \sqrt[3]{\frac{16T_j}{\pi \cdot \tau_{tdoz}}} \quad [mm] \quad j = 1, 4$$

6.3. Стандарди- стварни пречници на вратилото

$$d_{stj} = (1,1 \div 1,3) \cdot d_{ij}$$

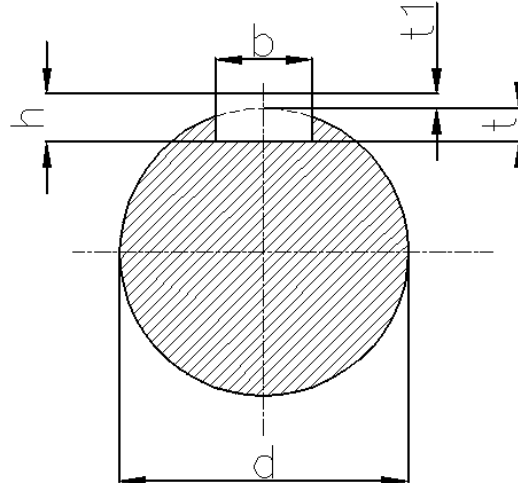
Идеалниот пречник во просеците 1, 2, 3, 4 потребно е да се зголеми за 10 - 30%, а потоа добиената вредност да се заокружи на првата поголема вредност, која треба да биде парен број или да завршува на 5. Процентот на зголемување на идеалниот пречник е поголем за помали вредности на идеалниот пречник и обратно.

Идеалните пречници во просеците А и В потребно е да се заокружат на првиот поголем цел број кој завршува на 0 или на 5. Тука е потребно да се води сметка да биде задоволен условот:

$$d_A \geq d_{1st}; \quad d_B \geq d_{4st}$$

Во потпорите (ракавците) А и В се вградуваат тркалачки лежишта.

7. ИЗБОР И ПРОВЕРКА НА НОРМАЛНИ КЛИНОВИ БЕЗ НАКЛОН



Димензиите на пресекот на клинот b и h и длабочината на жлебот во вратилото t се стандардни вредности и се отчитуваат од таблица за нормални клинови без наклон Т.7.2 (стр.99, книга МЕ) во зависност од пречникот на вратилото.

Должината на клинот се определува врз основа на дозволеният површински притисок што се јавува помеѓу клинот и жлебот на вратилото.

Должината на клинот се определува врз основа на дозволеният површински притисок што се јавува помеѓу клинот и жлебот на вратилото.

$$l_{kj} = \frac{2T_j}{(d_{stj} - t_j) \cdot t_j \cdot p_d} \quad [mm]$$

$$j = 1, 2, 3, 4$$

каде што:

T_j - се заменува како што е пресметано

$$\text{Дозволеният површински притисок изнесува } p_d = 50 \div 100 \left[\frac{N}{mm^2} \right].$$

Да се направи табела во која ќе се вметнат димензиите

пресек	d_{st}	b	h	t	l_{kst}
1					
2					
3					
4					

Доклоку клинот има голема должина, потребно е да се оди со поголеми вредности за p_d или да се земат два клина кои ќе бидат поставени под агол од 120°

l_{kj} - се заокружува на прв поголем цел број кој е парен или завршува на 5.

7.1. Проверка на клиновите

Клиновите ќе ги провериме на сечење (смолкнување)

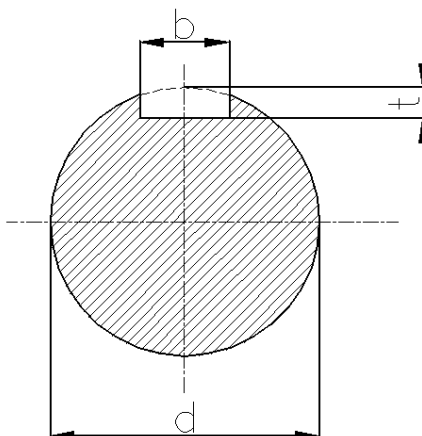
Проверката се врши според изразот

$$\tau_s = \frac{2T_j}{b_j \cdot d_{STj} \cdot l_{KSTj}} \leq \tau_{Sdoz}$$

$$\tau_{sd} = (60 \div 90) \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad \text{каде } j = 1, 2, 3, 4$$

8. ЗАВРШНА (КОНТРОЛНА) ПРЕСМЕТКА НА ВРАТИЛОТО

8.1. Пресметка на отпорните аксијални моменти



$$Z_j = \frac{\pi \cdot d_{STj}^3}{32} - \frac{b_j \cdot t_j \cdot (d_{STj} - t_j)^2}{2d_{STj}} \quad [mm^3]$$

$$j = 2, 3$$

$$Z_j = \frac{\pi \cdot d_{STj}^3}{32} \quad [mm^3]$$

$$j = A, B$$

8.2. Пресметка на поларните отпорни моменти

$$Z_{oj} = \frac{\pi \cdot d_{STj}^3}{16} - \frac{b_j \cdot t_j \cdot (d_{STj} - t_j)^2}{2d_{STj}} \quad [mm^3]$$

$$j = 1, 2, 3, 4$$

$$Z_{oj} = \frac{\pi \cdot d_{STj}^3}{16} \quad [mm^3]$$

$$j = A, B$$

8.3. Пресметка на работните напони

а) Работниот напон од свиткување се пресметува според изразот:

$$\sigma_{sj} = \frac{M_{sj}}{Z_j} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad \text{каде } j = A, 2, 3, B$$

б) Работен напон од усукување

$$\tau_{nj} = \frac{T_j}{Z_{oj}} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad \text{каде } j = A, 1, 2, 3, 4, B$$

8.4. Пресметка на поедините степени на сигурност

а) Степен на сигурност од свиткување

$$S_{oj} = \frac{[\sigma_D]}{\sigma_{sj}} \quad \text{каде } j = A, 2, 3, B$$

б) Степен на сигурност од усукување

$$S_{oj} = \frac{[\tau_D]}{\tau_{nj}} \quad \text{каде } j = A, 1, 2, 3, 4, B$$

8.5. Вкупни (резултантни) степени на сигурност

а) Во пресеци каде што се јавува свиткување и усукување ($M_s \neq 0; T \neq 0$)

$$S_j = \frac{S_{oj} \cdot S_{oj}}{\sqrt{S_{oj}^2 + S_{oj}^2}} \quad \text{каде } j = A, 2, 3, B$$

б) Во процеси каде што се јавува усукување ($M_s = 0; T \neq 0$)

$$S_j = S_{oj} \quad \text{каде } j = 1, 4$$

Вкупниот степен на сигурност е секогаш помал од поединечните степени на сигурност.

9. ИЗБОР НА ТРКАЛАЧКИ ЛЕЖИШТА

9.1. Пресметка на еквивалентното оптоварување

Еквивалентното оптоварување што го прима лежиштето се пресметува според изразот:

$$F_{ej} = X \cdot V \cdot F_{rj} + Y \cdot F_{sj} \quad [N] \quad \text{каде } j = A, B$$

За $j = A$ следува $F_{rA} = F_A$

За $j = B$ следува $F_{rB} = F_B$ вкупните (радијални) реакции

F_{sj} - Аксијална реакција. Ја прима само едно лежиште и тоа она што е поблиску до резултантната аксијална сила. Другото лежиште е чисто радијално и кај него $F_x = 0; x, v, y$

Вредноста на факторите x и y зависат од односот

$$\frac{F_x}{F_r} \triangleleft e$$

и за секој вид на лежишта се избираат посебно. Во недостаток на податоци X, Y и $V=1$
 $V=1$ - бидејќи внатрешниот прстен се врти

9.2. Определување на големината (редот на мерите) на тркалечките лежишта

Динамичната моќ на носење се пресметува според изразот :

$$C_j = f_\theta \cdot F_{ej} \cdot p \sqrt{\frac{T \cdot n}{277,5}} \dots [kN] \quad \text{каде } j = A, B$$

каде што:

$p=3$ - за лежишта со топчиња

$p = \frac{10}{3}$ - за лежишта со валчиња,

f_θ - фактор на температура (Т.11.13, стр.185, книга МЕ)

$T[h]$ - часови- век на траење на лежиштето (Т.11.14, стр.185, книга МЕ)

$n[s^{-1}]$ - број на вртежи на вратилото

F_{ej} - еквивалентно оптоварување пресметано во точка 9.1 но заменето во kN

услов е $C_{Tah} \geq C_j$ и се усвојува лежиште (се пишува ознаката).

10. ИЗБОР НА НАЛЕГНУВАЊА И ТОЛЕРАНЦИИ

10.1. Избор на налегнување во Т.1,2,3,4

На ова место се препорачува неизвесно (преодно) налегнување $\frac{H7}{j6}$. Да се скицира и

да се пресметаат следните големини со претходно отчитување податоци од табела:

- Горната и долната гранична мера, височината на толерантното поле и зјајот и преклопот што ќе се јават.

10.2. Изборот на налегнување за споевите клин- вратило

На овие места се препорачува неизвесно налегнување $\frac{P9}{h9}$ или $\frac{N9}{h9}$. Да се скицира и

да се извршат пресметките како во претходната под- точка.

11. КОНСТРУКТИВНО ОБЛИКУВАЊЕ НА ВРАТИЛОТО

За изработка на цртежот потребно е да се прочита точка 9.4.4 на стр. 122, книга МЕ.

13. ДОПОЛНИТЕЛНИ ПРИМЕРИ ЗА ПОСТАВЕНОСТ НА АГЛИТЕ

1.4.2 Сили кои дејствуваат на коничниот пар на запчаници z_2 - точка 2.

Се напоменува дека ова е пример во кој е усвоено $\varphi_1 = 180^\circ$, $\varphi_3 = 270^\circ$ и $\varphi_R = 90^\circ$

