



МАШИНСКИ ЕЛЕМЕНТИ 2.

ЛАБОРАТОРИЈСКЕ ВЕЖБЕ ИЗ МАШИНСКИХ ЕЛЕМЕНАТА 2

Доц. др Жарко Мишковић



Лабораторијске вежбе из Машинских елемената 2

Прва лабораторијска вежба

1. Симулација израде зупчаника МААГ поступком
2. Утицај промене коефицијента померања на промену геометријских величина зупчаника и облик зубаца

Друга лабораторијска вежба

3. Графичко и нумеричко одређивање мере преко зубаца
4. Идентификација параметара зупчаника

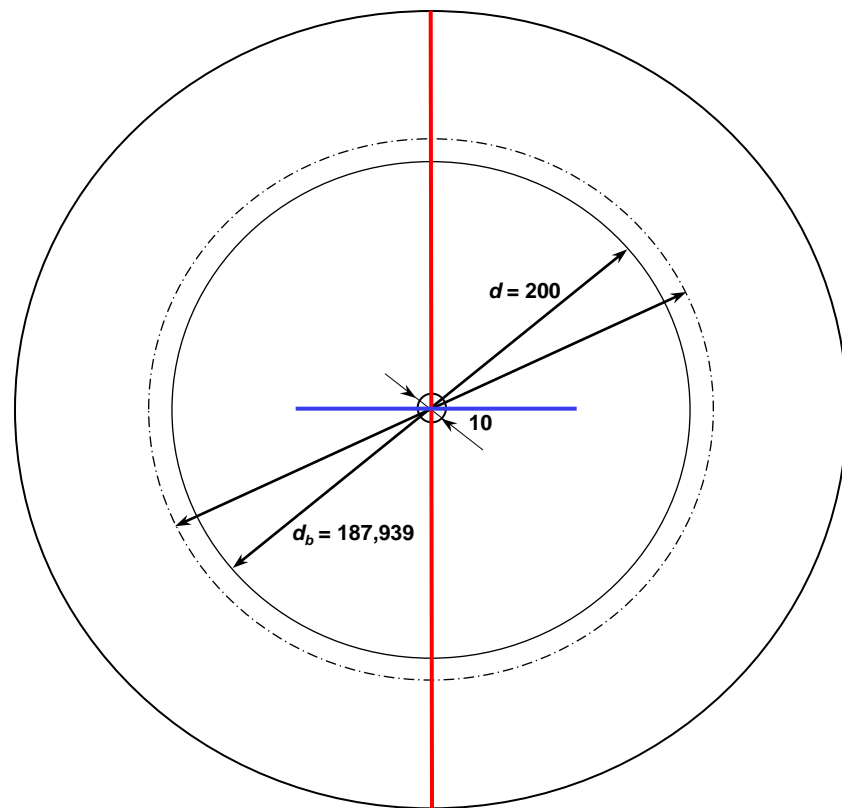


Припрема 1. лабораторijske вежбе

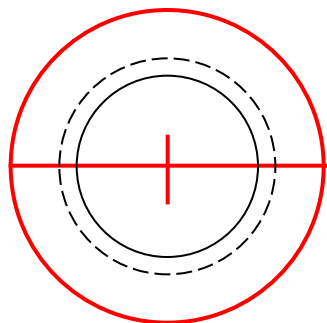
За лабораторijsку вежбу припремити хамер пречника 300mm (297mm) са уцртаном подеоном кружницом ($d = 200\text{mm}$) и основном кружницом ($d_b = 187,939\text{mm}$).
Не котирати!!!

Уцртати дебљом линијом један цели пречник и њему упоредну краћу линију која пролази кроз центар (види скицу).

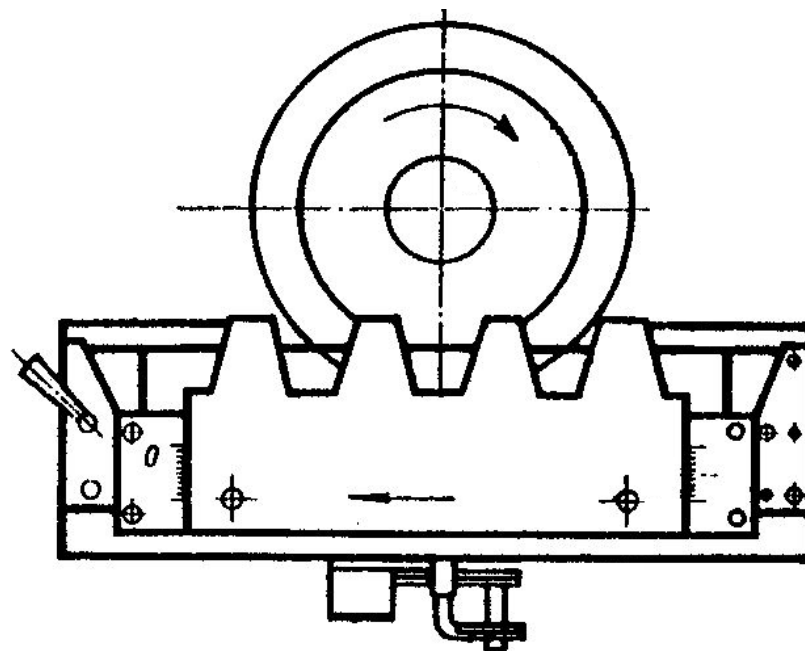
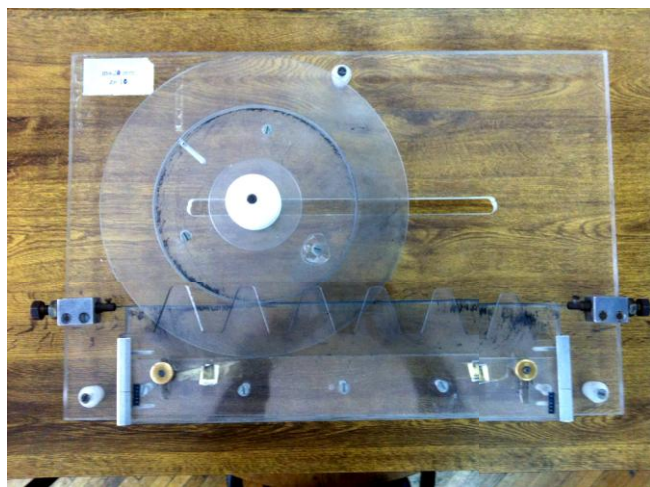
На крају, на средини круга изрезати отвор пречника 10 mm.



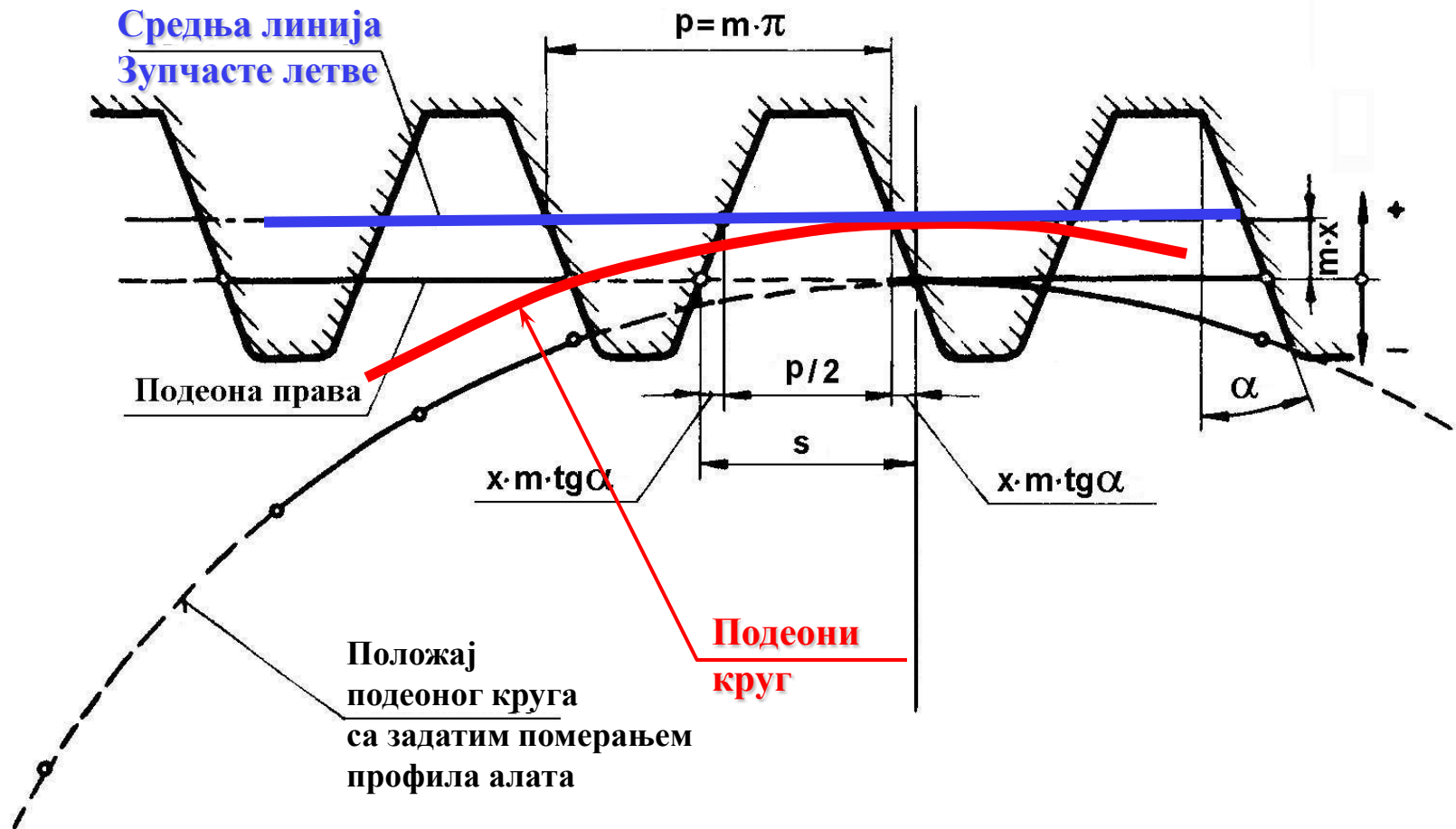
Лабораторијска вежба 1.



Припремљени хамер поставити на своје место у уређај.



ПОДЕШАВАЊЕ ЗУПЧАСТЕ ЛЕТВЕ И ХАМЕРА

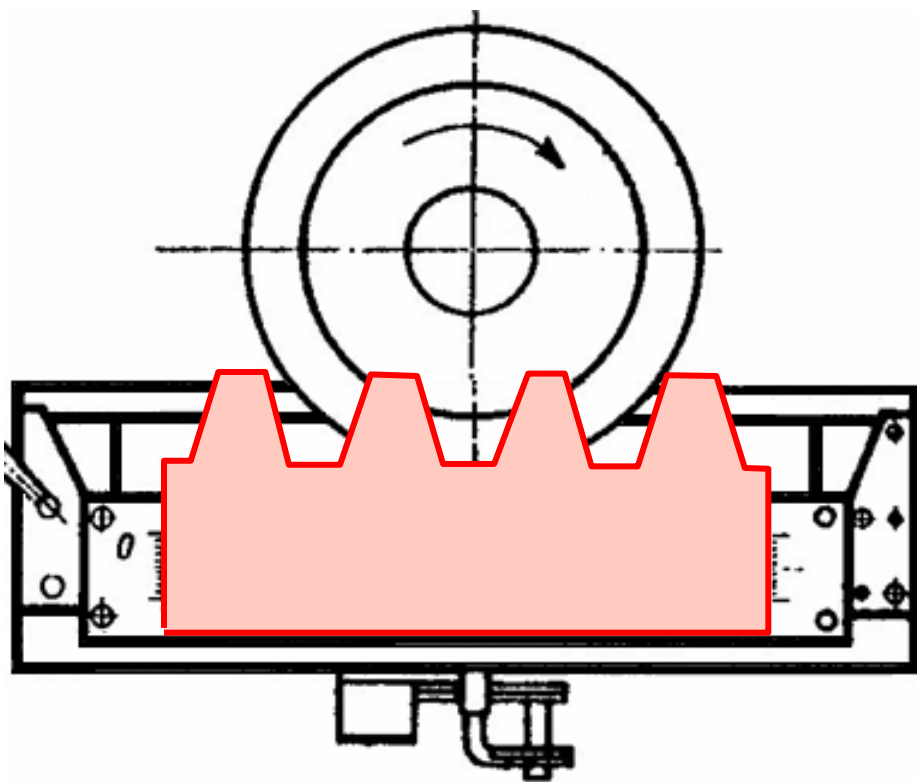


За $x = 0$, **СРЕДЊА ЛИНИЈА ЛЕТВЕ СЕ ПОКЛАПА СА ПОДЕОНИМ КРУГОМ ЗУПЧАНИКА**

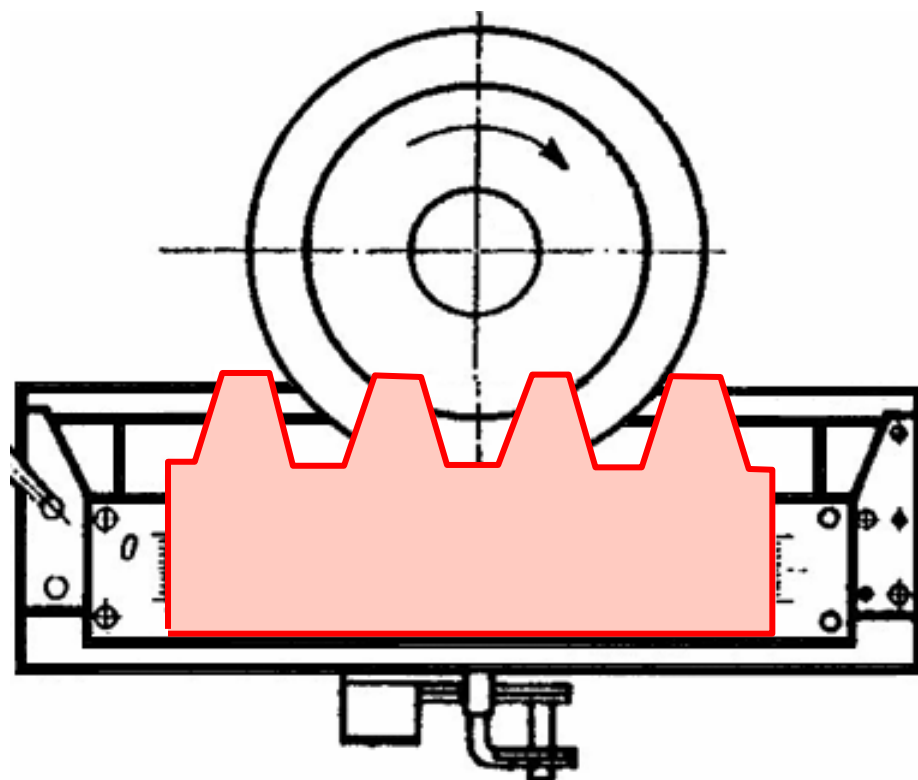


Спрезање зупчаника и алата (основне зупчасте летве)

За задати позитивни коефицијент померања профила ($+x$), зупчасту Летву померамо за $x \cdot t$ милиметара, односно за израчунати број милиметара, летву одмичемо од центра круга

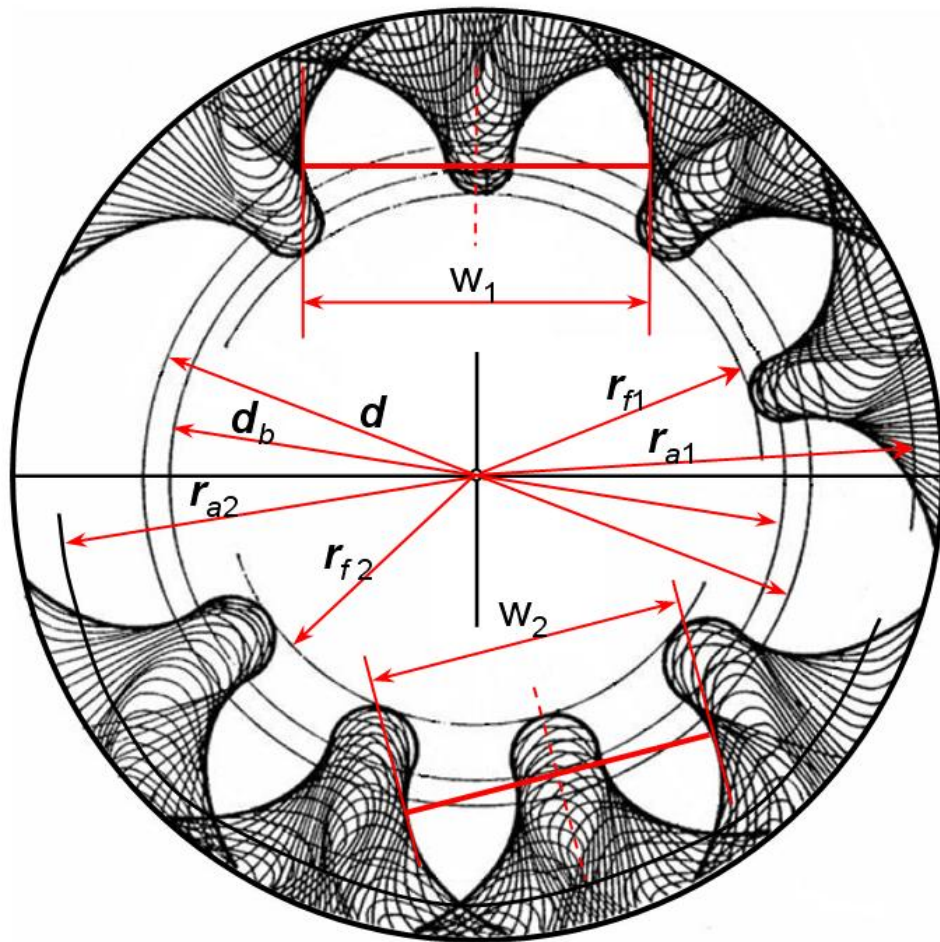


За задати негативни коефицијент померања профила ($-x$), зупчасту Летву померамо за $x \cdot t$ милиметара, односно за израчунати број милиметара, летву примичемо центру круга



Извођење вежбе

Помоћу уређаја, на једној половини хамера нацртати одговарајући број зубаца са коефицијентом померања профила $x_1=0$, а на другој половини са задатим коефицијентом померања x_2 .



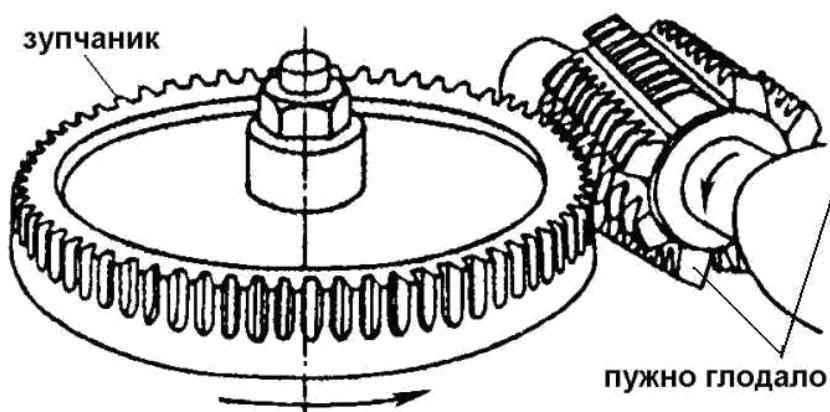
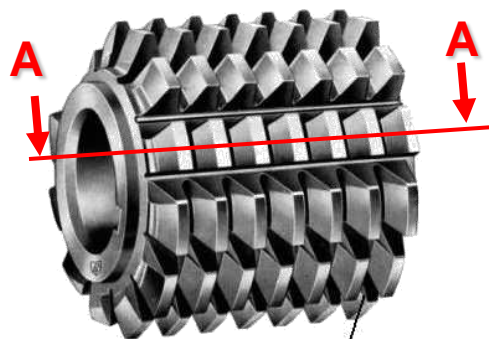
На основу задатих података, неопходних за израду зупчаника (модул m , број зубаца z , коефицијент померања профила x , $\alpha_n = 20^\circ$) израчунати све геометријске величине зупчаника и унети их у Табелу у прилогу. Уцртати четири кружнице (d , d_b , d_f и d_a), а пречнике упоредити са израчунатим вредностима у табlici.



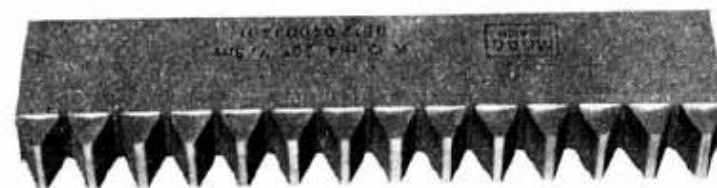


**Аналогија са
пужним паром**

Израда зупчаника



Пресек А – А



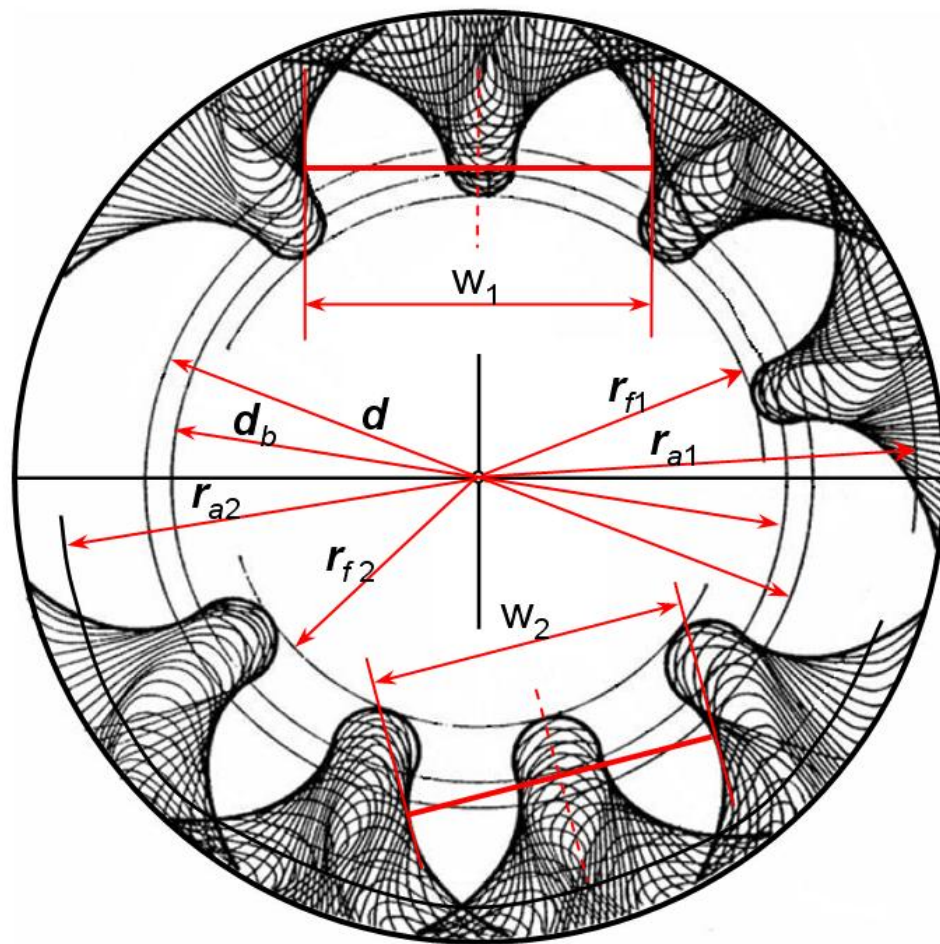
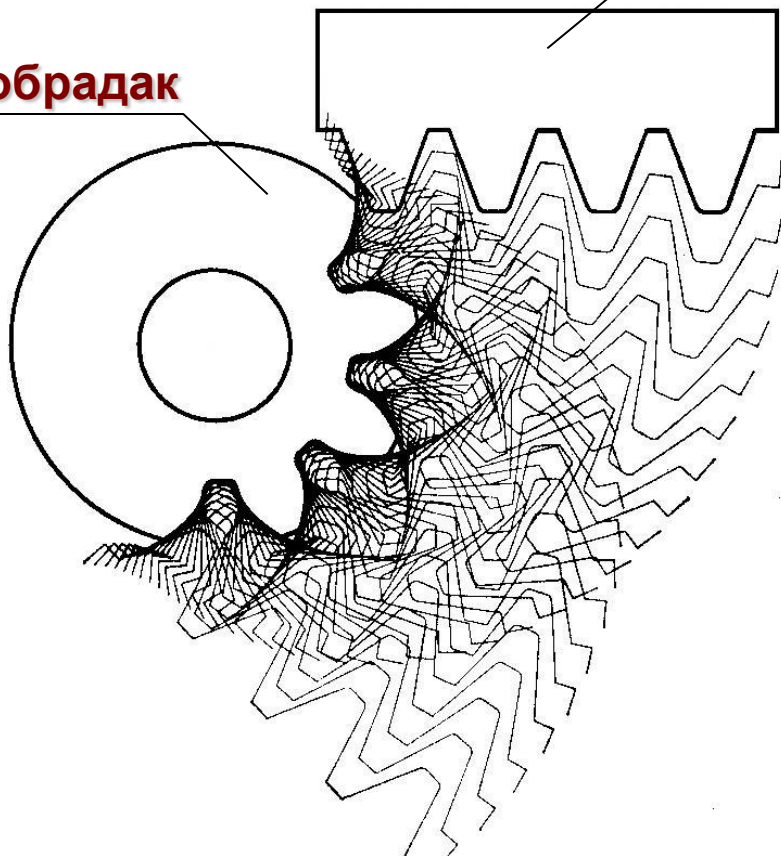
основна зупчаста летва

Брзина кретања завојнице се поклапа са окретањем обрадка

Профил алата је у облику основне зупчасте летве

обрадак

Профил алата



Симулација израде зупчаника МААГ поступком



ГЕОМЕТРИЈСКЕ МЕРЕ ЗУПЧАНИКА

Ред. број	Геометријска величина	Израз	Мера	Прва половина		Друга половина	
				Рачунски	Мерено	Рачунски	Мерено
1.	Угао нагиба стандардног профила	α_n	°	20		20	
2.	Стандардни модул	m	mm				
3.	Број зубаца	z	-				
4.	Пречник подеоног круга	$d = mz$	mm				
5.	Коефицијент померања профила	x	-				
6.	Померање профила	$x \cdot m$	mm				
7.	Пречник основног круга	$d_0 = d \cos \alpha_0$	mm				
8.	Пречник подножног круга	$d_f = d - 2m(1,2 - x)$	mm				
9.	Пречник теменог круга	$d_a = d + 2m(1 + x)$	mm				
10.	Мерни број зубаца	$z_w = \frac{z}{\pi} (\tan \alpha_x - \operatorname{inv} \alpha_0) - \frac{2x \tan \alpha_0}{\pi} + 0,5$ $\operatorname{tg} \alpha_x = \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha_0 + \frac{4 \frac{x}{z} \left(\frac{x}{z} + 1 \right)}{\cos^2 \alpha_0}}$	-				
11.	Мера преко зубаца	$W = m_n \cos \alpha_n [\pi(z_w - 0,5) + z \operatorname{inv} \alpha_0 + 2x \operatorname{tg} \alpha_0]$	mm				

Испод табеле
написати коментар

Шта се мења на зупцима зупчаника?

!!!!!!

Пример позитивног
коэффициента померања (+x)

Облик профила зупца

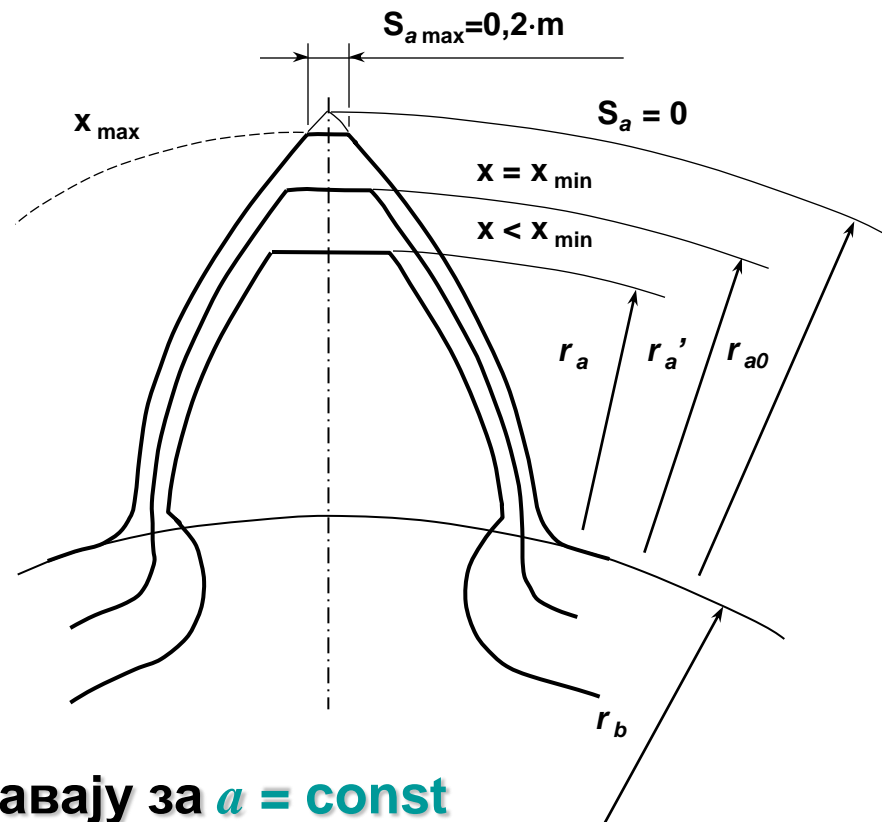
Темени пречник се смањује

Подножни пречник се смањује

Бочни и темени зазори се повећавају за $a = \text{const}$

Бочни и темени зазори се подешавају, смањењем основг растојања

Степен спрезања профила се смањује



Смањује се чврстоћа зупчаника!



ИДЕНТИФИКАЦИЈА ПАРАМЕТАРА ЗУПЧАНИКА

Z_1 – број зубаца зупчаника 1

Z_2 – број зубаца зупчаника 2

b – ширина зупчаника

β - угао нагиба зубаца

m – модул зупчаника

x_1 – коефицијент померања зупчаника 1

x_2 – коефицијент померања зупчаника 1



За познате параметре (измерене): Z_1 , Z_2 , b , β ,

Одређују се:

m – модул зупчаника

и

x_1 – коефицијент померања зупчаника 1

x_2 – коефицијент померања зупчаника 2



Измерено је: $Z_1 = Z_2 = 25$, $b = 10 \text{ mm}$, $\beta = 0^\circ$, $\alpha_n = 20^\circ$.

Мерни број зуба (Z_w) за : $x = 0$ и $\beta = 0^\circ \Rightarrow \alpha = \alpha_n = 20^\circ$:

$$z_w \approx \frac{z}{\pi} \cdot \alpha + 0,5 = \frac{z}{\pi} \frac{20^\circ \pi}{180^\circ} + 0,5 = \frac{z}{9} + 0,5$$

$\alpha = 20^\circ$ у радијанима (rad)

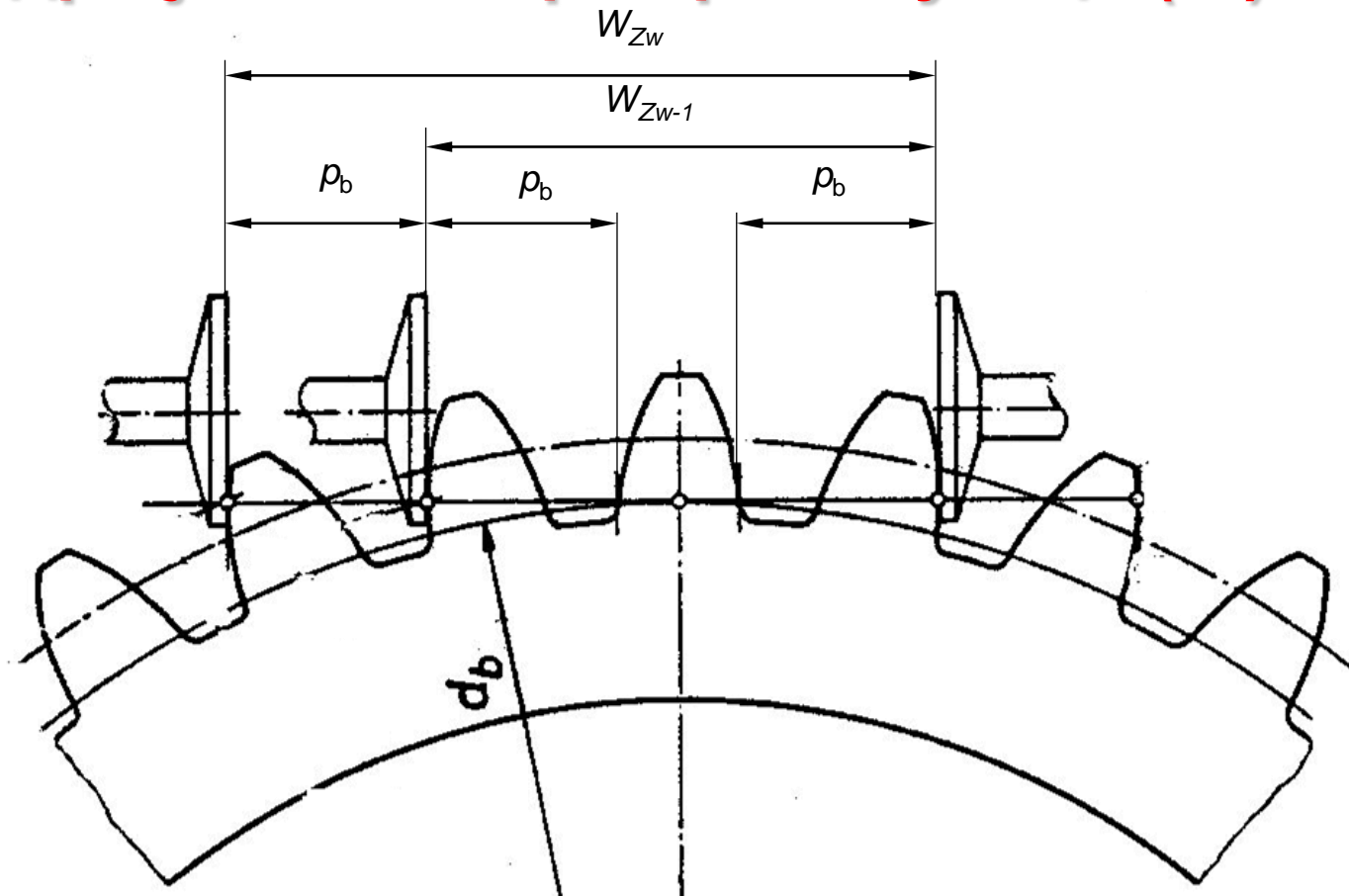
$$z_w \approx \frac{25}{9} + 0,5 = 3,27$$



$$Z_w = 3 \quad \text{и} \quad Z_{w-1} = 2$$

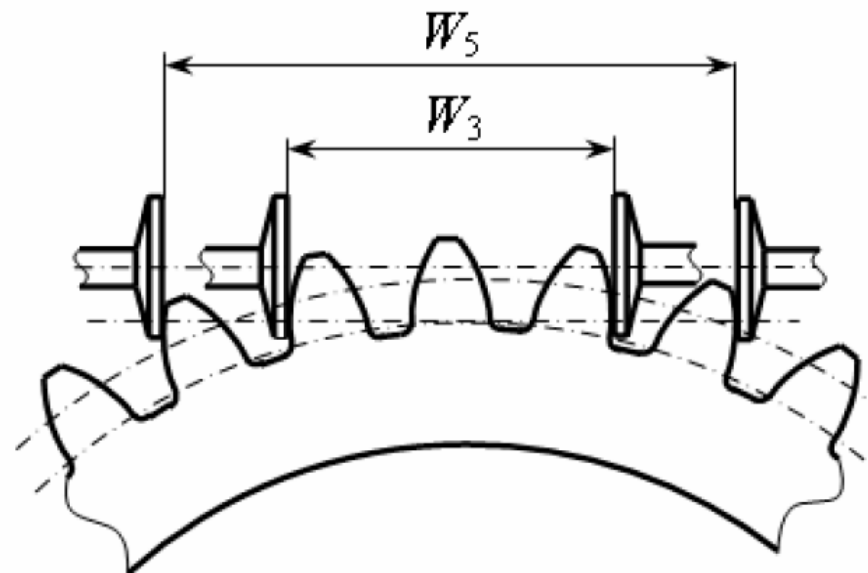
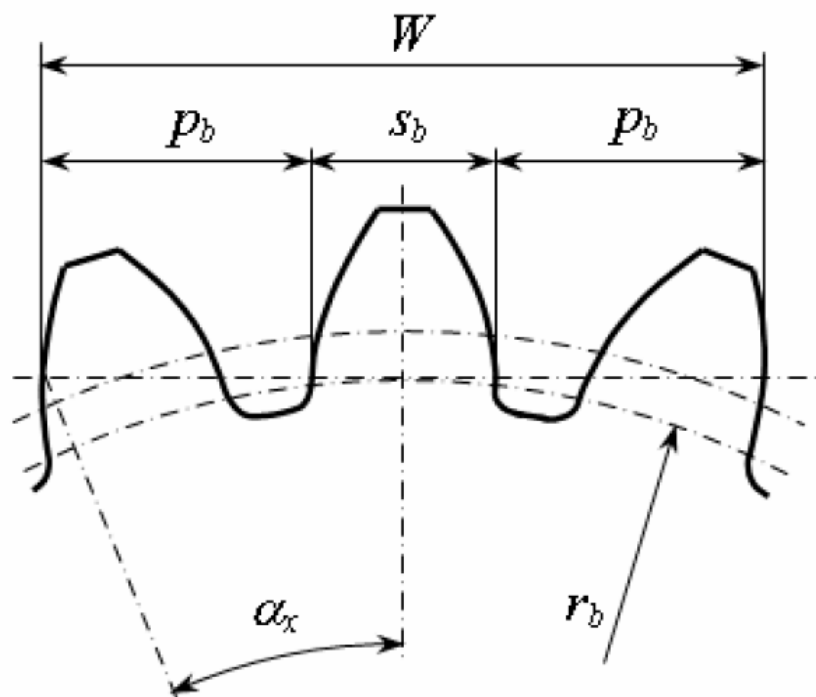


Одређивање мере преко зубаца (W)



Микрометарским завртњем са тањирастим мерним пипцима измерити меру преко зубаца и то, преко z_W и $z_{W\pm 1}$ зубаца на зупчанику 1 и зупчанику 2. Ово мерење поновити више пута на различитим зупцима. Очитане вредности мера преко зубаца унети у таблицу. Избројати број зубаца зупчаника 1 (z_1) и зупчаника 2 (z_2).





ГЕОМЕТРИЈСКЕ МЕРЕ ЗУПЧАНИКА

Ред. број	Геометријска величина	Израз	Мера	Прва половина		Друга половина	
				Рачунски	Мерено	Рачунски	Мерено
1.	Угао нагиба стандардног профила	α_n	°	20		20	
2.	Стандардни модул	m	mm				
3.	Број зубаца	z	-				
4.	Пречник подеоног круга	$d = mz$	mm				
5.	Коефицијент померања профила	x	-				
6.	Померање профила	$x \cdot m$	mm				
7.	Пречник основног круга	$d_0 = d \cos \alpha_0$	mm				
8.	Пречник подножног круга	$d_f = d - 2m(1,2 - x)$	mm				
9.	Пречник теменог круга	$d_a = d + 2m(1 + x)$	mm				
10.	Мерни број зубаца	$z_w = \frac{z}{\pi} (\tan \alpha_x - \operatorname{inv} \alpha_0) - \frac{2x \tan \alpha_0}{\pi} + 0,5$ $\operatorname{tg} \alpha_x = \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha_0 + \frac{4 \frac{x}{z} \left(\frac{x}{z} + 1 \right)}{\cos^2 \alpha_0}}$	-				
11.	Мера преко зубаца	$W = m_n \cos \alpha_n [\pi(z_w - 0,5) + z \operatorname{inv} \alpha_0 + 2x \operatorname{tg} \alpha_0]$	mm				

Испод табеле
написати коментар

Одређивање мере преко зубаца (W)

Нека је измерено:

$$W_{1(z_w)} = W_{1(3)} = 39,72 \text{ mm}$$

$$W_{1(z_w-1)} = W_{1(2)} = 24,95 \text{ mm}$$

Разлика: $W_{(z_w)} - W_{(z_w-1)} = p_b$ - даје корак на основном кругу

$$\left. \begin{aligned} W_{(z_w)} &= (z_w - 1) \cdot p_b + S_b \\ W_{(z_w-1)} &= (z_w - 2) \cdot p_b + S_b \end{aligned} \right\} p_b = m \cdot \pi \cdot \cos \alpha$$

Одавде следи израчунавање модула (m):

$$m = \frac{\overline{W}_{(z_w)} - \overline{W}_{(z_w-1)}}{\pi \cos \alpha} = \frac{39,72 - 24,95}{\pi \cos 20^\circ} = 5,003 \text{ mm}$$

Према SRPS M.C1.015 Усваја се стандардни модул чија је вредност најближа израчунатој вредности : **$m = 5 \text{ mm}$**



ГЕОМЕТРИЈСКЕ МЕРЕ ЗУПЧАНИКА

Ред. број	Геометријска величина	Израз	Мера	Прва половина		Друга половина	
				Рачунски	Мерено	Рачунски	Мерено
1.	Угао нагиба стандардног профила	α_n	°	20		20	
2.	Стандардни модул	m	mm				
3.	Број зубаца	z	-				
4.	Пречник подеоног круга	$d = mz$	mm				
5.	Коефицијент померања профила	x	-				
6.	Померање профила	$x \cdot m$	mm				
7.	Пречник основног круга	$d_0 = d \cos \alpha_0$	mm				
8.	Пречник подножног круга	$d_f = d - 2m(1,2 - x)$	mm				
9.	Пречник теменог круга	$d_a = d + 2m(1 + x)$	mm				
10.	Мерни број зубаца	$z_w = \frac{z}{\pi} (\tan \alpha_x - \operatorname{inv} \alpha_0) - \frac{2x \tan \alpha_0}{\pi} + 0,5$ $\operatorname{tg} \alpha_x = \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha_0 + \frac{4 \frac{x}{z} \left(\frac{x}{z} + 1 \right)}{\cos^2 \alpha_0}}$	-				
11.	Мера преко зубаца	$W = m_n \cos \alpha_n [\pi(z_w - 0,5) + z \operatorname{inv} \alpha_0 + 2x \operatorname{tg} \alpha_0]$	mm				


Испод табеле
написати коментар

Одређивање коефицијената померања на основу мере преко зубаца (W_{zw})

$$x_1 = \frac{1}{2 \operatorname{tg} \alpha} \left[\frac{\bar{W}_{(zw)}}{m_n \cos \alpha_n} - \pi(z_w - 0,5) - z_1 \cdot \operatorname{inv} \alpha \right]$$

$$x_1 = \frac{1}{2 \operatorname{tg} 20^\circ} \left[\frac{39,72}{m \cos 20^\circ} - \pi(3 - 0,5) - 25 \cdot \operatorname{inv} 20^\circ \right]$$

Где је: $\operatorname{inv} 20^\circ = \operatorname{tg} 20^\circ - 20^\circ \frac{\pi}{180^\circ} = 0,01490438$

 $x_1 = +0,31$

На исти начин одређује се и коефицијент померања x_2



Тако да су параметри зупчастог пара:

$$x_1 = +0,31 ; \quad x_2 = 0 ; \quad m_n = 5 \text{ mm} ;$$

$$z_1 = 25 ; \quad z_2 = 25 ; \quad \beta = 0^\circ, \quad b = 10 \text{ mm}$$

Односно, ако смо \bar{W} измерили на оба зупчаника:

$$m = \frac{|\bar{W}_{1(z_w\mu 1)} - \bar{W}_{1(z_w)}| + |\bar{W}_{2(z_w\mu 1)} - \bar{W}_{2(z_w)}|}{2\pi \cos 20^\circ}$$

$$x_1 = \frac{1}{4\text{tg} 20^\circ} \left[\frac{\bar{W}_{1(z_w)} + \bar{W}_{1(z_w\mu 1)}}{m \cos 20^\circ} - \pi(z_w + z_{w\mu 1} - 1) - 2z_1 \cdot \text{inv} 20^\circ \right]$$

$$x_2 = \frac{1}{4\text{tg} 20^\circ} \left[\frac{\bar{W}_{2(z_w)} + \bar{W}_{2(z_w\mu 1)}}{m \cos 20^\circ} - \pi(z_w + z_{w\mu 1} - 1) - 2z_2 \cdot \text{inv} 20^\circ \right]$$



Сада је лако израчунати остале геометријске величине зупчаника:

пречнике:

подеоног круга: $d = m \cdot z$

основног круга: $d_b = d \cdot \cos \alpha_n$

подножног круга: $d_f = d - 2m(1,2 - x)$

теменог круга: $d_a = d + 2m(1 + x)$

