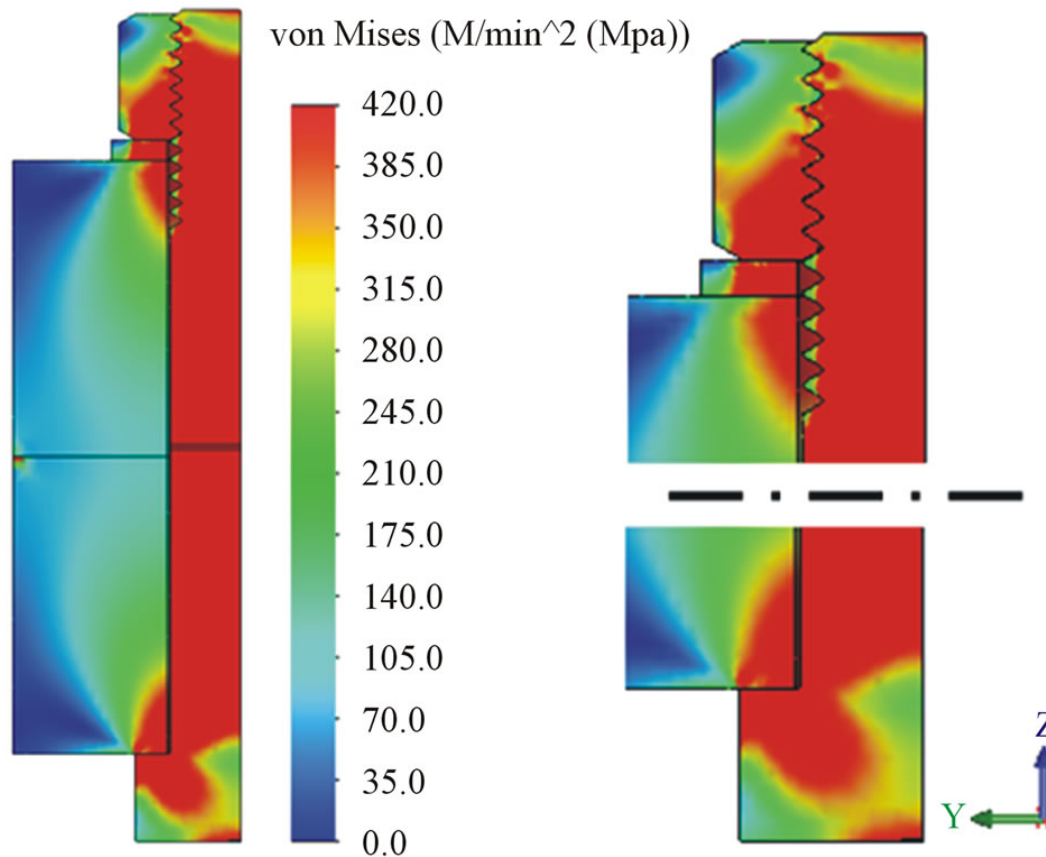


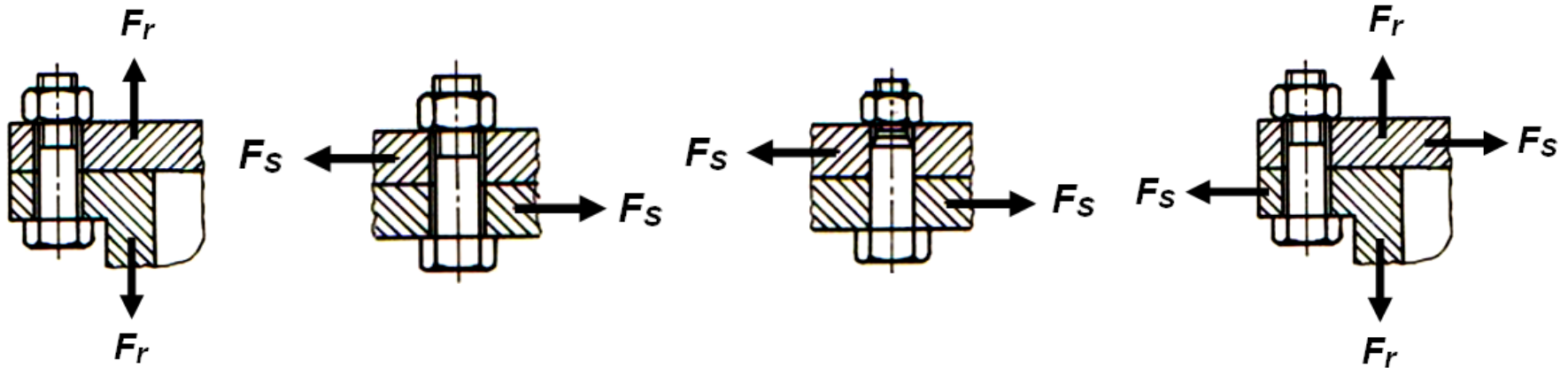
# Завртањске везе



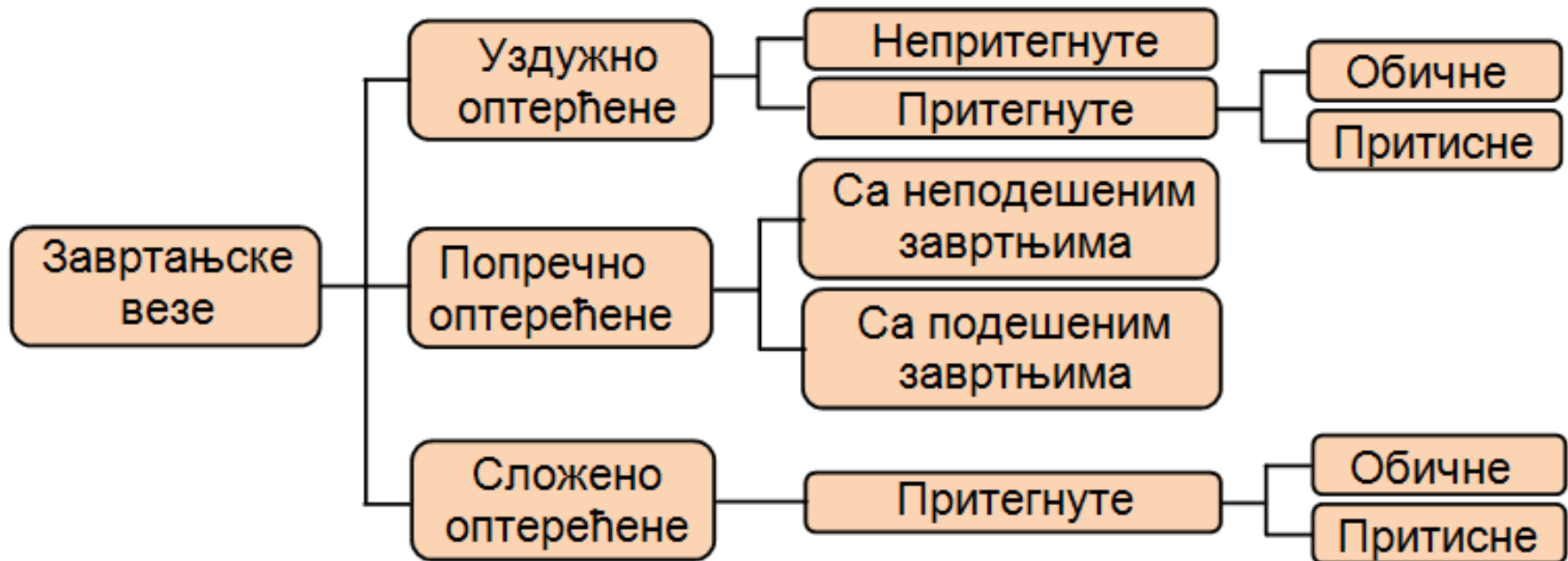
Под **завртањским везама** се подразумевају везе два или више елемената посредством једног завртња.

У зависности од правца деловања радне силе разликују се:

- уздужно оптерећене,
- поречно оптерећене и
- сложено (комбиновано) оптерећене завртањске везе.

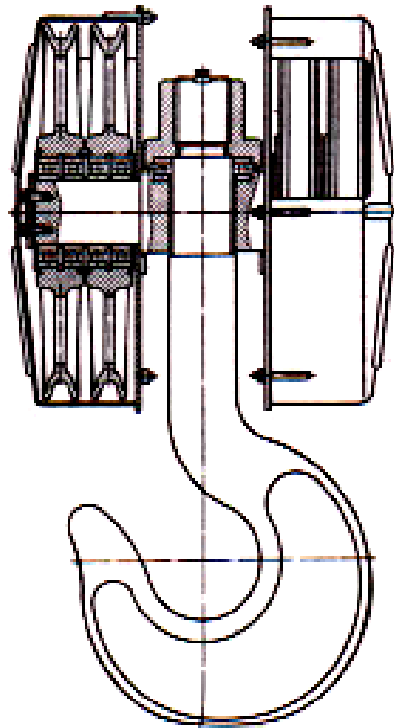


Сам прорачун се спроводи на **прорачун језгра или врата завртња**, у зависности од тога која је површина мања.



## Уздужно оптерећене, непритегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

Завртањ је оптерећен само радном силом ( $F$ ) која изазива напрезање у врату куке (завртња или врату завртња) на затезање.



При статичком и динамичком оптерећењу завртња радни напон, на основу којег се врши претходни прорачун, износи

$$\sigma = \frac{F}{A_s} \leq \sigma_{doz} = \frac{\sigma_{TM}}{S_{min}} = \frac{R_{eH}}{S_{min}}$$

$$S_{min} = 1,25 \dots 1,5$$



## Уздужно оптерећене, непритегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

$$A_s \geq \frac{F}{\sigma_{doz}} = \frac{F S_{min}}{R_{eH}}$$

Табела 3.5: Карактеристике материјала за завртње:

Ознака класе чврстоће материјала завртња	Најприближнији материјал	$R_m$ N/mm <sup>2</sup>		$R_{eH}$ од 8.8 $R_p$ N/mm <sup>2</sup>		$\tau_T$ N/mm <sup>2</sup>	Материјал навртке		
		наз. вред.	мин. вред.	наз. вред.	мин. вред.		≤ M16	> M16	
3.6	-	300	330	180	190	-	5	4	
4.6	S 235 JRG 1	400	400	240	240	150	5	4	
4.8	-	400	420	320	340	200	5	4	
5.6	E295	500	500	300	300	200	5	5	
5.8	C25	500	520	400	420	250	5	5	
6.8	C35	600	600	480	480	300	6	6	
8.8	≤ M16	Ц60P	800	800	640	640	390	8	8
	> M16	Ц60P	800	830	640	660	390	8	8
9.8	≤ M16	-	900	900	720	720	480	9	9
10.9	28Cr4	1000	1040	900	940	540	10	10	
12.9	31CrMoV9	1200	1220	1080	1100	600	12	12	

Напомена: За навртке са финим навојем користе се само материјали 5, 6, 8, 10 и 12

## Уздужно оптерећене, непритегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

Табела 3. 1: Преглед основних карактеристика метричког навоја крупног корака

Називни пречник $d = D$		Корак $P$	Сред. преч. $d_2 = D_2$	Пречник језгра $d_3$ $D_1$		Дубина ношења $h_3$ $H_1$		Ефек. пресек $A_S$	Прес. језгра $A_3$	Угао усп. $\varphi$
I	II	mm	mm	mm	mm	mm	Mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	°
1		0,25	0,838	0,693	0,729	0,153	0,135	0,460	0,377	5,43
1,2		0,25	1,038	0,893	0,929	0,153	0,135	0,732	0,626	4,38
1,6		0,35	1,373	1,170	1,221	0,215	0,189	1,27	1,075	4,64
2		0,4	1,740	1,509	1,567	0,245	0,217	2,07	1,788	4,19
2,5		0,45	2,208	1,948	2,013	0,276	0,244	3,39	2,980	3,71
3		0,5	2,675	2,387	2,459	0,307	0,271	5,03	4,475	3,41
	3,5	0,6	3,110	2,764	2,850	0,368	0,325	6,78	6,000	3,51
4		0,7	3,545	3,141	3,242	0,429	0,379	8,78	7,749	3,60
	4,5	0,75	4,013	3,580	3,688	0,460	0,406	11,3	10,07	3,41
5		0,8	4,480	4,018	4,134	0,491	0,433	14,2	12,69	3,25
6		1	5,350	4,773	4,917	0,613	0,541	20,1	17,89	3,41
8		1,25	7,188	6,466	6,647	0,767	0,677	36,6	32,84	3,17
10		1,5	9,026	8,160	8,376	0,920	0,812	58,0	52,30	3,03
12		1,75	10,863	9,853	10,106	1,074	0,947	84,3	76,25	2,94
	14	2	12,701	11,546	11,835	1,227	1,083	115	104,7	2,87
16		2	14,701	13,546	13,835	1,227	1,083	157	144,1	2,48
	18	2,5	16,376	14,933	15,294	1,534	1,353	193	175,1	2,78
20		2,5	18,376	16,933	17,294	1,534	1,353	245	225,2	2,48
	22	2,5	20,376	18,933	19,294	1,534	1,353	303	281,5	2,24
24		3	22,051	20,319	20,752	1,840	1,624	353	324,3	2,48
	27	3	25,051	23,319	23,752	1,840	1,624	459	427,1	2,18
30		3,5	27,727	25,706	26,211	2,147	1,894	561	519,0	2,30
	33	3,5	30,727	28,706	29,211	2,147	1,894	694	647,2	2,08
36		4	33,402	31,093	31,670	2,454	2,165	817	759,3	2,19
	39	4	36,402	34,093	34,670	2,454	2,165	976	913	2,00
42		4,5	39,077	36,479	37,129	2,760	2,436	1121	1045	2,10

## Уздужно оптерећене, непритегнуте, завртањске везе – завршни прорачун

### Статичко оптерећење завртња

$$S = \frac{\sigma_K}{\sigma} = \frac{R_{eH}}{\sigma} \geq S_{\min} = 1,25 - 1,5$$

### Динамичко оптерећење завртња

$$S_A = \frac{\sigma_K}{\sigma_a} = \frac{\sigma_{AM}}{\sigma_a} \geq S_{A\min} = 1,2$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_g - \sigma_d}{2}$$

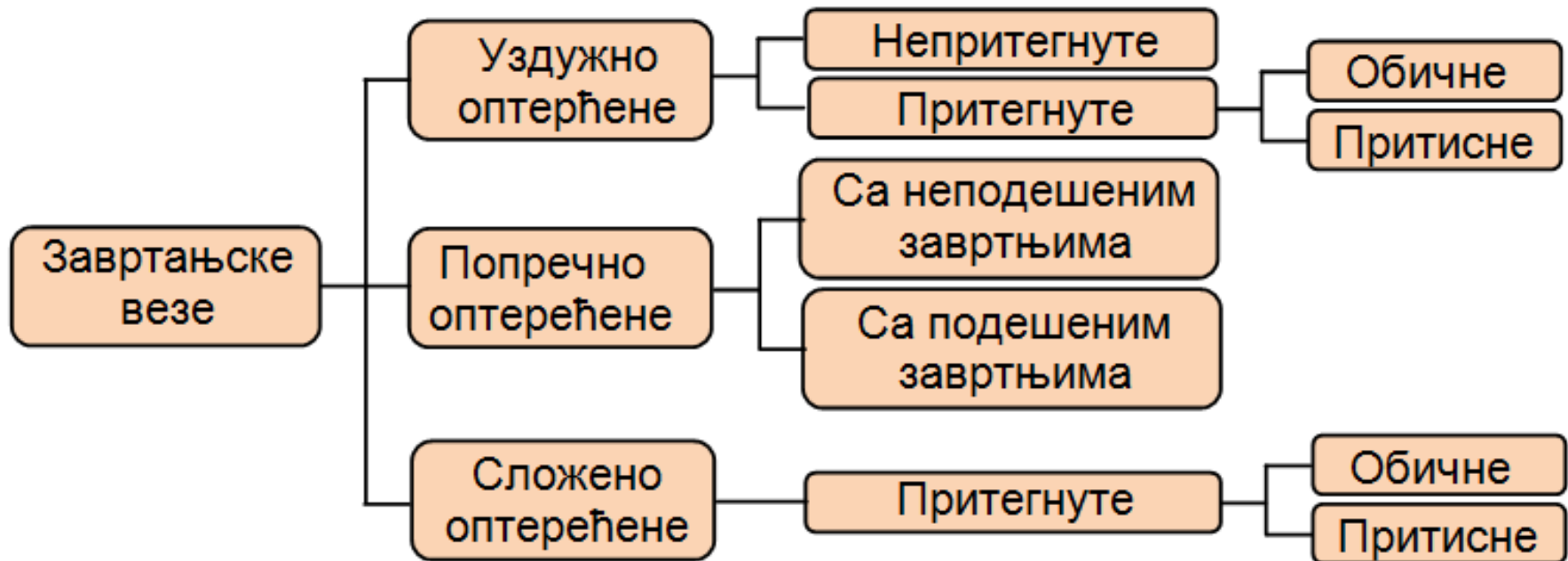
$\sigma_{AM}$  - амплитудна динамичка издржљивост завртња

## Уздужно оптерећене, непритегнуте, завртањске везе – завршни прорачун

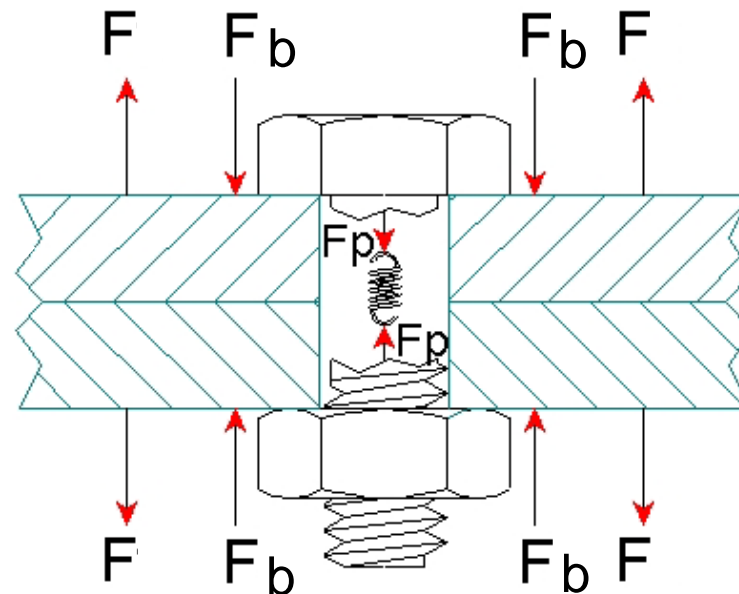
Табела 3.6: Карактеристике амплитудне динамичке издржљивости -  $\sigma_{AM}$  материјала за завртње при напону  $\sigma_p \approx 0,6 R_{p0,2}$

Навој	$\pm \sigma_{AM}, \text{N/mm}^2$		
	4.6 и 5.6	побољшани 8.8 до 12.9	ваљани 10.9 и 12.9
до M8	50	60	100
M8 до M12	40	50	90
M14 до M20	35	40	70
изнад M20	35	35	60

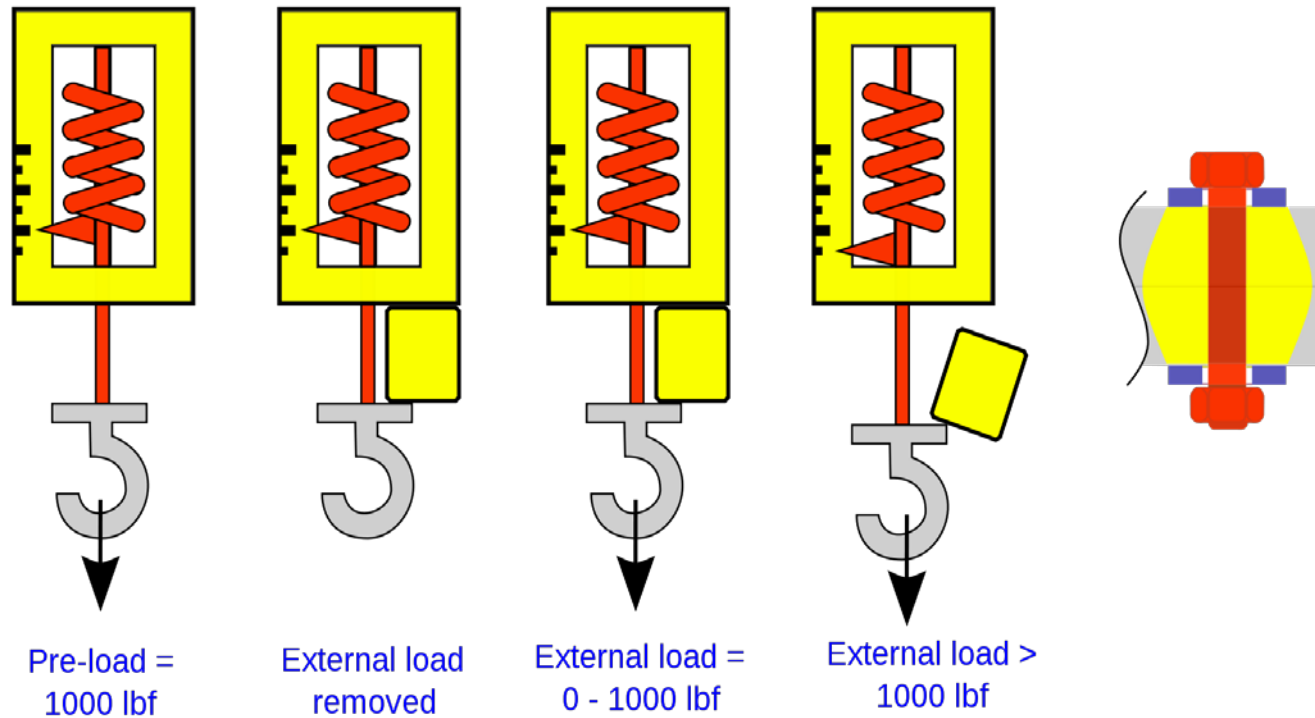




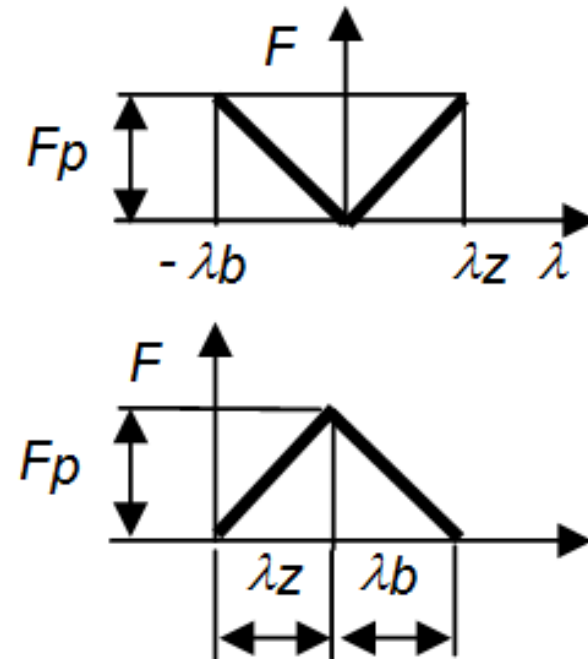
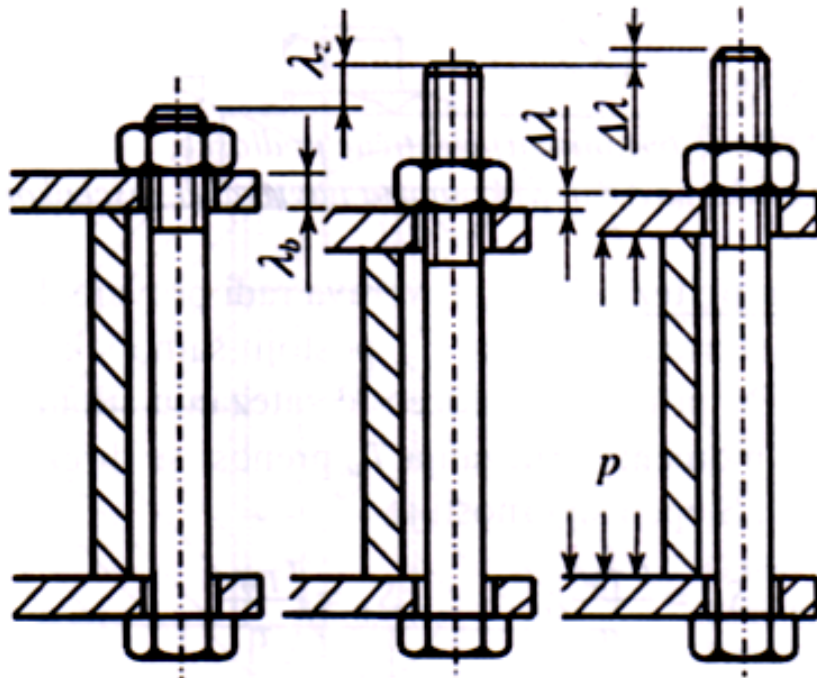
## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун



## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун



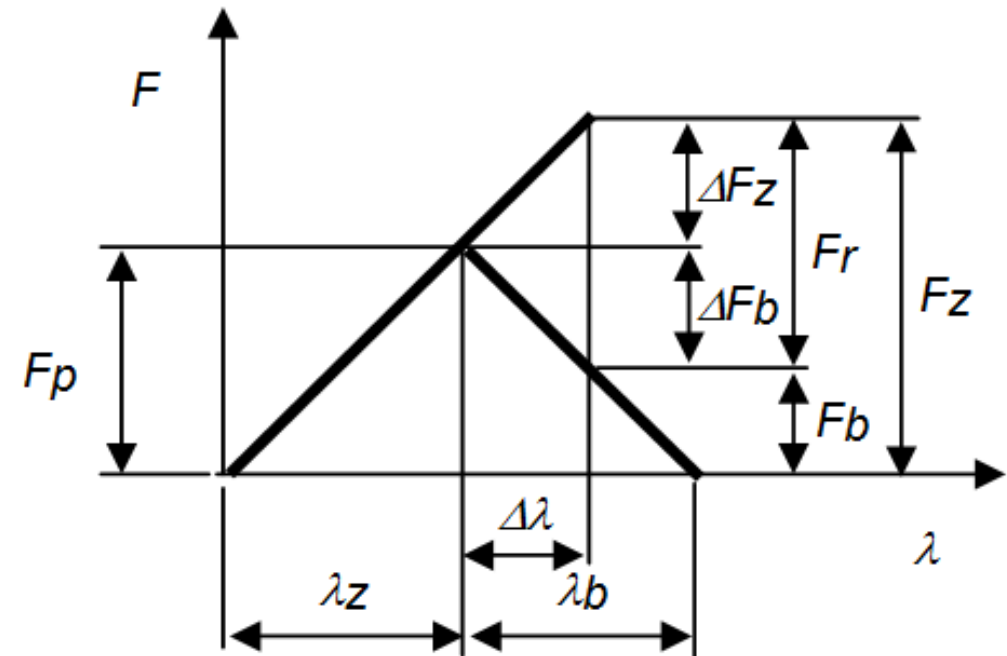
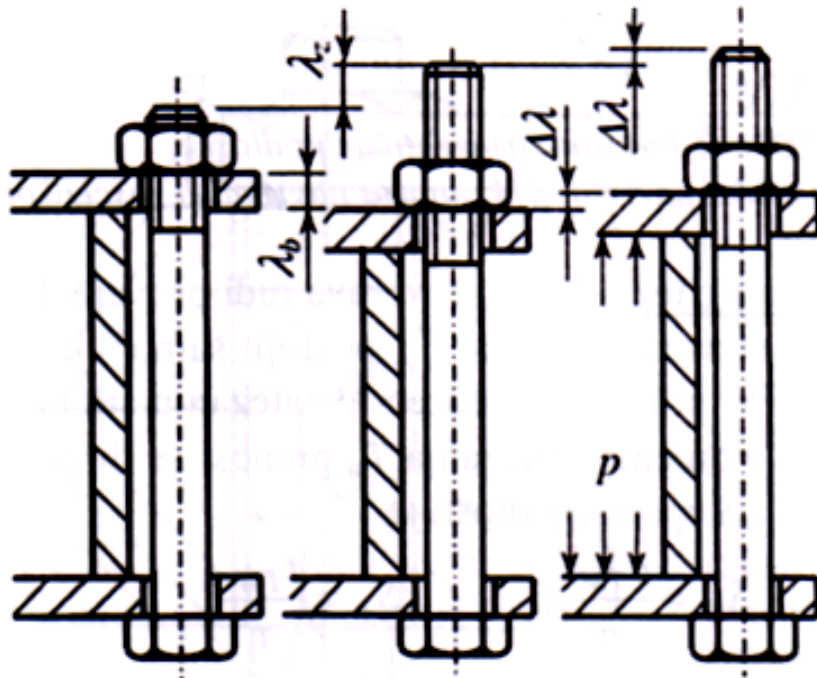
## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун





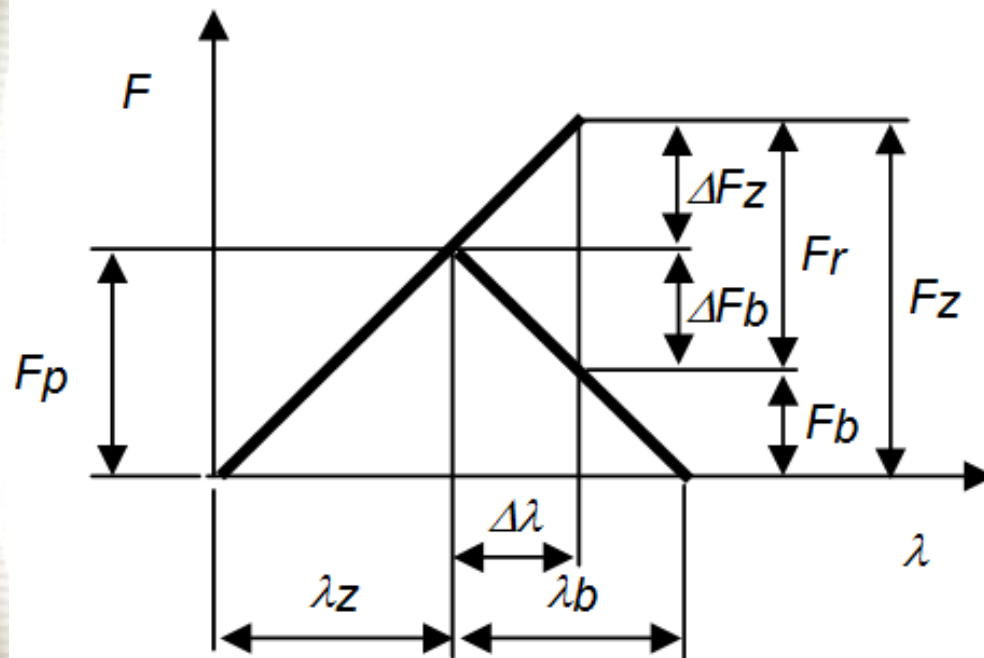
## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

### Деформациони дијаграм завртањске везе



## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

Деформација завртња се одређује на основу оптерећења (силе претходног притезања -  $F_p$ ) и крутости завртња ( $c_z$ ) односно елемената који се везују завртњем ( $c_b$ ).



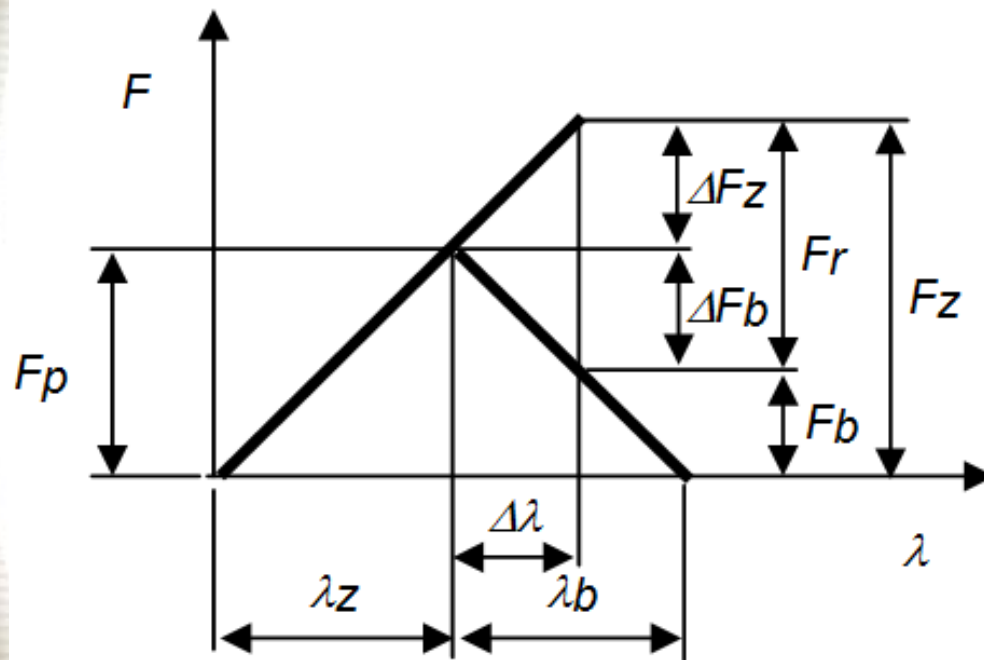
$$F_r = \Delta F_z + \Delta F_b$$

$$\lambda_z = \frac{F_p}{c_z} \quad \lambda_b = \frac{F_p}{c_b}$$

$$\Delta \lambda_z = \frac{\Delta F_z}{c_z} \quad \Delta \lambda_b = \frac{\Delta F_b}{c_b}$$

$$\Delta \lambda = \Delta \lambda_z = \Delta \lambda_b$$

## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун



$$\frac{\Delta F_z}{C_z} = \frac{\Delta F_b}{C_b}$$

$$F_r = \Delta F_z + \Delta F_b$$

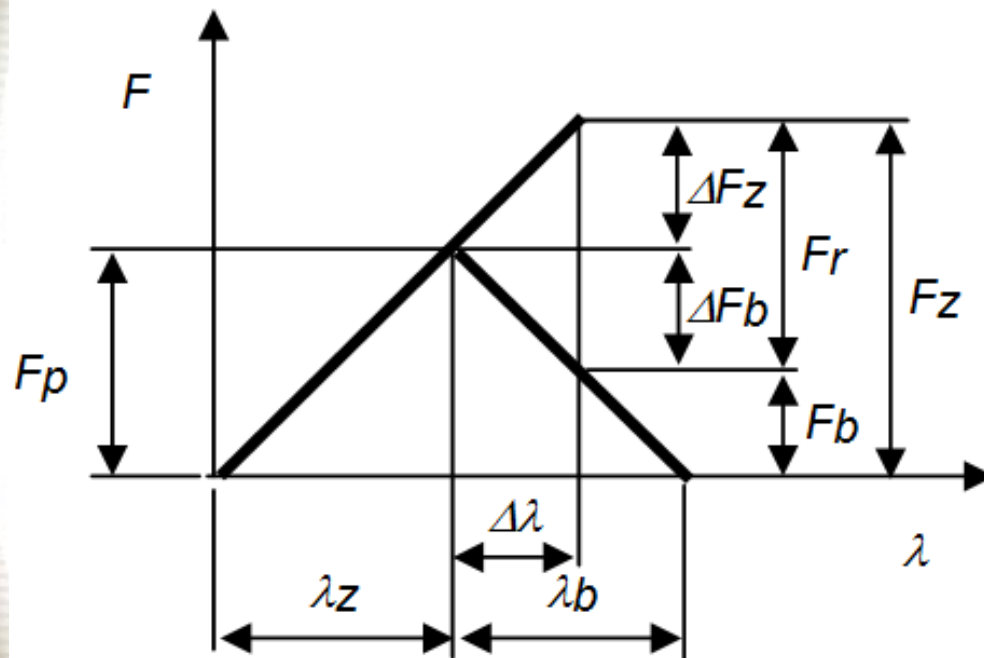
$$F_r = \frac{C_z}{C_b} \Delta F_b + \Delta F_b = \frac{C_z + C_b}{C_b} \Delta F_b$$

$$F_r = \Delta F_z + \frac{C_b}{C_z} \Delta F_z = \frac{C_z + C_b}{C_z} \Delta F_z$$

## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

$$\Delta F_b = \frac{C_b}{C_z + C_b} F_r$$

$$\Delta F_z = \frac{C_z}{C_z + C_b} F_r$$



$$F_z = F_p + \frac{C_z}{C_z + C_b} F_r$$

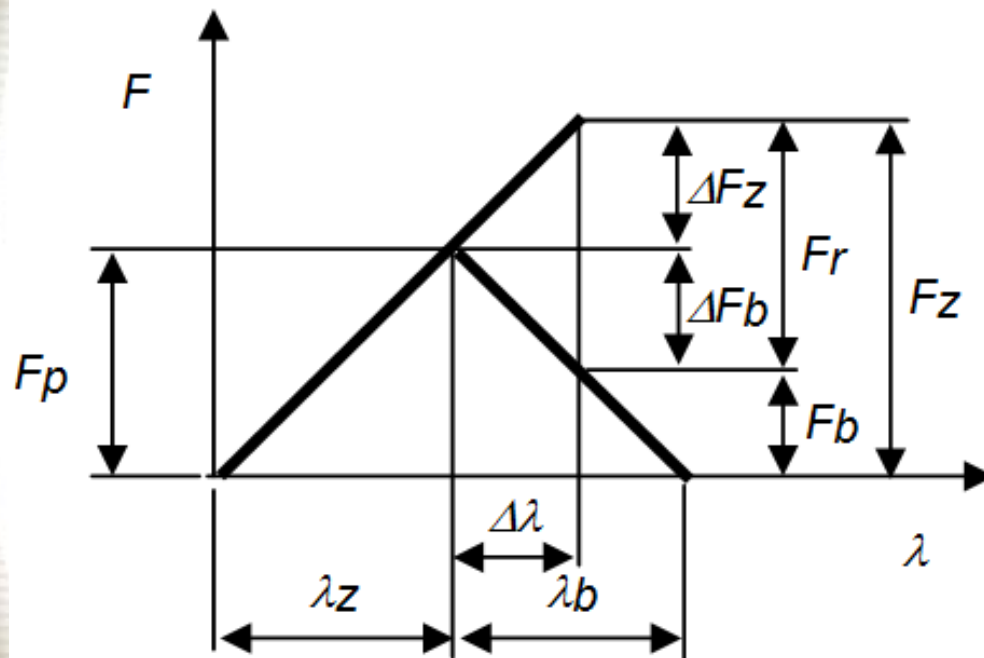
$$F_b = F_p - \frac{C_b}{C_z + C_b} F_r$$



## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

$C_z$  - крутост завртња

$C_b$  - плоча (лима) који се њиме везују



$$\sigma = \varepsilon E = \frac{\Delta l}{l} E$$

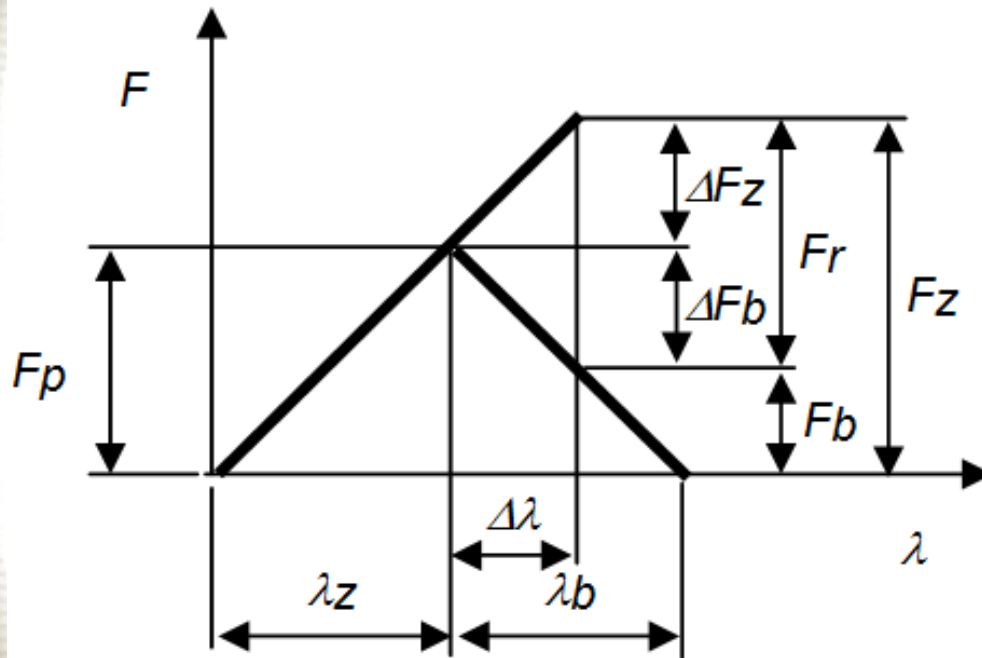
$$\Delta l = \frac{\sigma l}{E} = \frac{F l}{A E}$$

$$C = \frac{F}{\Delta l} = \frac{A E}{l}$$

$$C = \frac{A E}{l_1 + l_2 + l_3}$$

## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

$$\frac{1}{c} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{AE} = \frac{l_1}{AE} + \frac{l_2}{AE} + \frac{l_3}{AE} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3}$$



$$\frac{1}{C_z} = \frac{1}{C_s} + \frac{1}{C_g} + \frac{1}{C_n}$$

## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

Ако је стабло сложеног облика, онда се његова крутост одређује посредством следећег обрасца

$$\frac{1}{c_s} = \frac{1}{E_s} \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{A_i}$$

$$l_b > 6d \rightarrow 1/c_n \approx 0 ; 1/c_g \approx 0$$

$$\frac{1}{c_g} = \frac{0,15}{E_z h}$$

## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

Реципрочна вредност крутости навртке, са делом завртња:

■ за  $d/P = 6$  до  $10$

$$\frac{1}{C_n} = (0,95 - 0,8) \frac{1}{Ed}$$

■ за  $d/P = 10$  до  $20$

$$\frac{1}{C_n} = (0,8 - 0,7) \frac{1}{Ed}$$

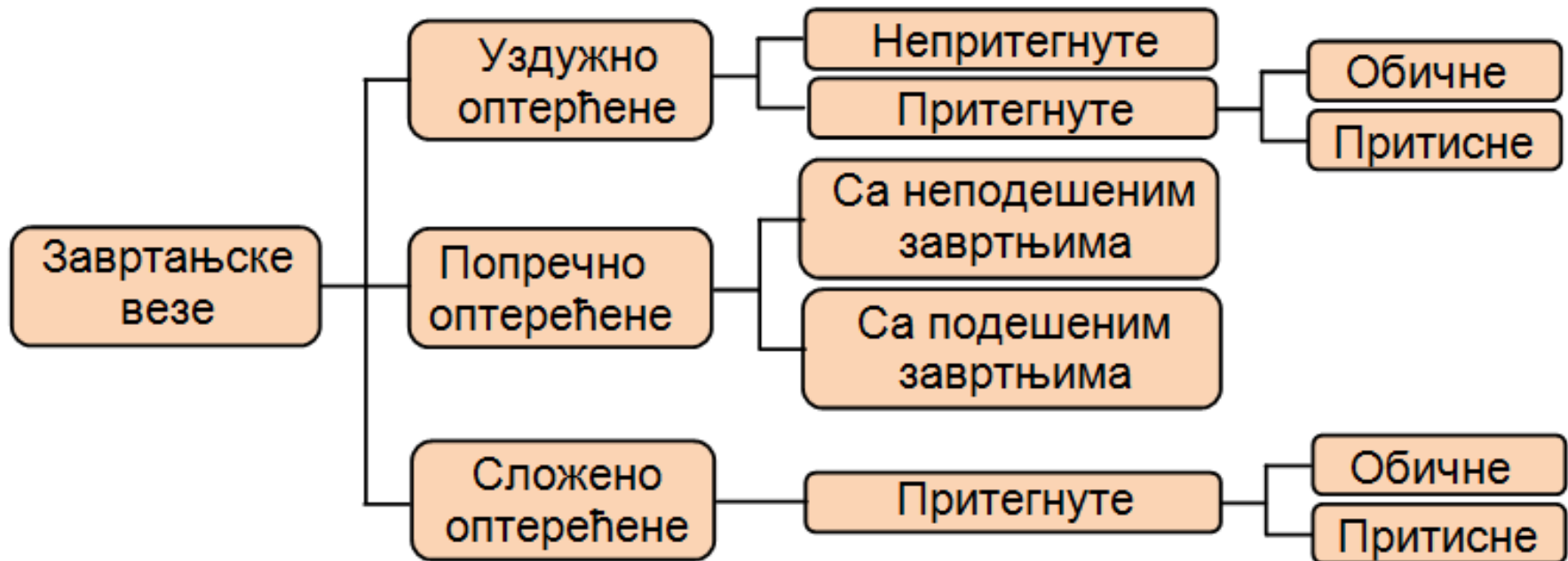
$$E = \frac{2E_z E_n}{E_z + E_n}$$



## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

Крутост елемената који се везују (обично лима) одређује се на основу обрасца:

$$C_b = \frac{E_b A_b}{I_b}$$



## Уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

Уздужно оптерећене, претходно притегнуте, завртањске везе деле се на:

- **обичне**, којима се не остварује никаква херметичност, већ се једино не дозвољава раздвајање спојених делова под дејством оптерећења, тј.  $F_b > 0$ , и
- **притисне**, којима се обезбеђује херметичност, тј. код којих је  $F_b \geq F_{bmin}$ .

## ОБИЧНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

Сила претходног притезања завртња се прорачунава по образцу

$$F_p = \gamma F_r$$

( $\gamma = 1,5 - 2$  за статичко оптерећење и  $\gamma = 2 - 4$  за динамичко оптерећење)

Након монтаже, услед дејства силе притезања ( $F_p$ ) завртањ је оптерећен на затезање, а услед дејства момента у навоју ( $T_n$ ) на увијање. Укупан напон у завртњу је, услед дејства напона увијања, за 30% је већи од напона затезања, тј. он **ИЗНОСИ**

$$\sigma_i = 1,3 \sigma_p \leq \sigma_{doz} = \frac{\sigma_{TM}}{S_{min}}$$



## ОБИЧНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

На основу тога произилази да је

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_s} \leq \frac{\sigma_{TM}}{1,3 S_{\min}} = (0,5 - 0,7) \sigma_{TM} = (0,5 - 0,7) R_{eH}$$

тј. при дејству радне силе укупни напон у завртњу мора бити мањи од дозвољене вредности. Из претходног обрасца следи да је потребна површина ефективног пресека завртња

$$A_s \geq \frac{F_p}{(0,5-0,7) R_{eH}}$$

## ОБИЧНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – завршни прорачун

- Прорачун степена сигурности при дејству највећег радног напона (силе  $F_z$ ), при чему је

$$S_\sigma = \frac{\sigma_K}{\sigma} = \frac{R_{eH}}{\sigma_g} \geq S_{\sigma \min} = 1,25 - 2,5$$

$$\sigma_g = \frac{F_z}{A_s}$$

$$F_z = F_p + \frac{C_z}{C_z + C_b} F_r$$

## ОБИЧНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – завршни прорачун

### ■ Прорачун амплитудног степена сигурности

$$S_A = \frac{\sigma_{AM}}{\sigma_a} \geq S_{Amin} = 1,2$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_g - \sigma_d}{2}$$

$$\sigma_g = \frac{F_z}{A_s}$$

$$\sigma_d = \frac{F_p}{A_s}$$

## ОБИЧНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – завршни прорачун

- Прорачун "степенa сигурности споја" врши се по обрасцу

$$S_r = \frac{F_{rK}}{F_r} \geq S_{r\min} = 1,5 - 3$$

$F_{rK}$  - критична вредност радне силе, достиже се када је  $F_b = 0$

$$F_{rK} = \frac{C_z + C_b}{C_b} F_p \leq F_{eH} = A_s R_{eH} \quad A_s R_{p0,2}$$

## ПРИТИСНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

Код притисних завртањских веза потребно је остварити заптивање, због чега се мора знати минимално потребан притисак у заптивци -  $p_{bmin}$ , јер се на основу њега одређује потребна минимална сила у лиму

$$F_{bmin} = p_{bmin} A_p$$

$p_{bmin}$  - минимални дозвољени притисак на месту контакта који још обезбеђује заптивање

$$A_p = \frac{(d_s^2 - d_u^2) \pi}{4z}$$



## ПРИТИСНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – претходни прорачун

$$F_p = \gamma F_{bmin}$$

$$A_s \geq \frac{F_p}{(0,5-0,7) R_{eH}}$$

Контролисати:

$$T_p = T_n + T_\mu = \frac{F_p d_2}{2} \left( \operatorname{tg} (\phi + \rho_n) + \mu \frac{d_\mu}{d_2} \right)$$

## ПРИТИСНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – завршни прорачун

Завршни прорачун се своди на израчунавање степена сигурности услед дејства силе у завртњу. Прво се прорачунава **нормални радни напон**

$$\sigma = \frac{F_z}{A_s}$$

и на основу њега парцијални степен сигурности

$$S_\sigma = \frac{\sigma_k}{\sigma} = \frac{R_{eH}}{\sigma}$$

## ПРИТИСНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – завршни прорачун

тангентни радни напон

$$\tau = \frac{T_n}{W_p}$$

$$T_n = \frac{F_p d_2}{2} \operatorname{tg} (\varphi + \rho_n)$$

$$W_p = 0,2 d_3^3$$

$$S_\tau = \frac{\tau_k}{\tau} = \frac{\tau_T}{\tau}$$

## ПРИТИСНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – завршни прорачун

Укупни степен сигурности

$$S = \frac{S_{\sigma} S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} \geq S_{\min} = 1,25 - 2,5$$

## ПРИТИСНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – завршни прорачун

Степен сигурности споја рачуна се по обрасцу

$$S_b = \frac{F_b}{F_{bmin}} \geq S_{bmin} = 1,5 - 3 \quad (5)$$

$$F_b = F_p - \frac{C_b}{C_z + C_b} F_r$$

$$F_{bmin} = \rho_{bmin} A_p$$



## ПРИТИСНЕ уздужно оптерећене, притегнуте, завртањске везе – завршни прорачун

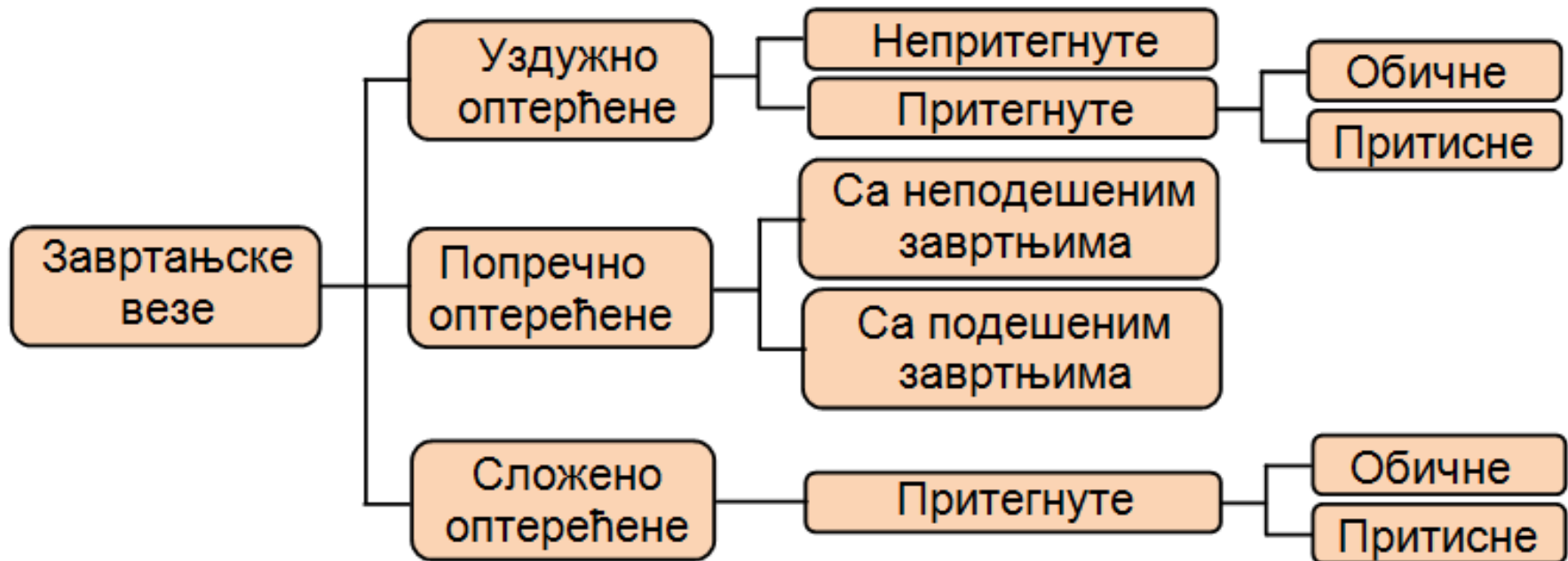
На основу силе претходног притезања израчунава се и највећи притисак у заптивачу

$$p_{bg} = \frac{F_p}{A_p} < p_{bmax}$$

који мора бити мањи од дозвољене вредности коју прописује произвођач заптивача.

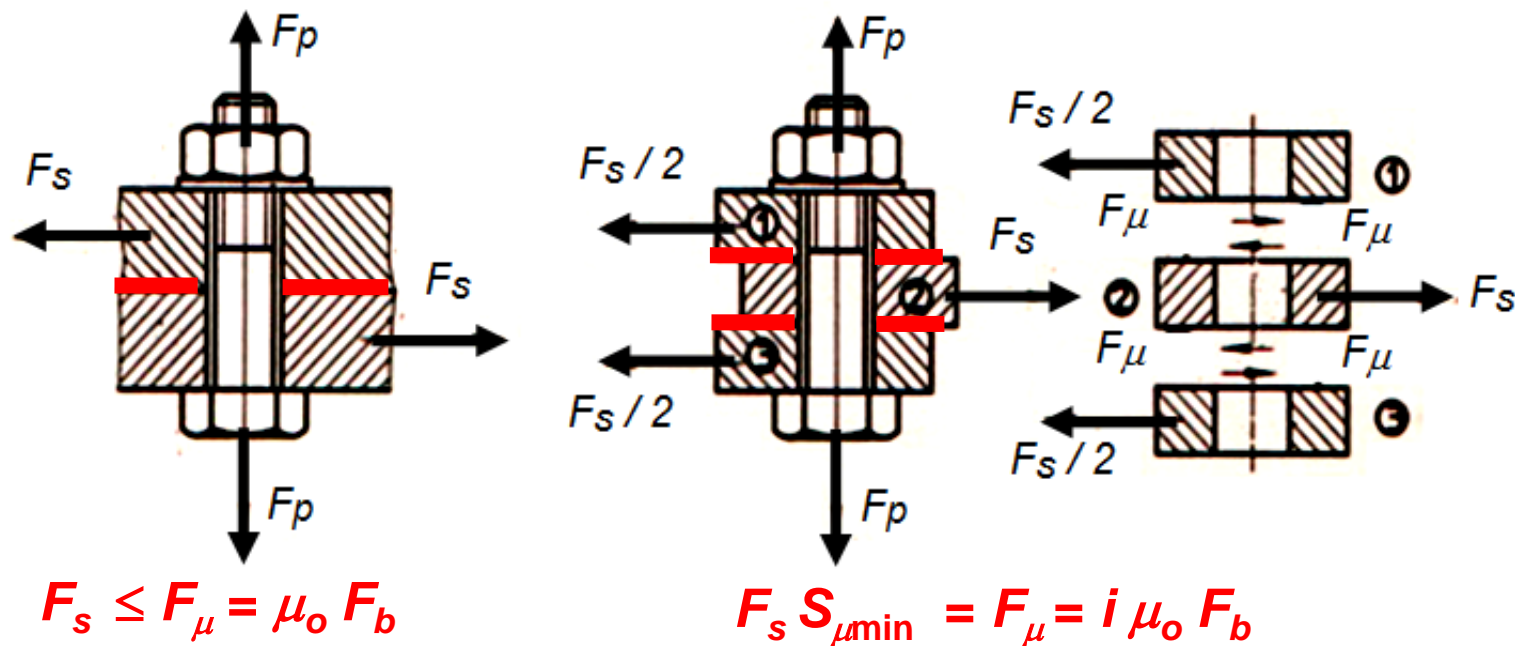
Најмањи радни притисак се израчунава на основу силе у лиму по обрасцу

$$p_{bd} = \frac{F_b}{A_p} \geq p_{bmin}$$



## Попречно оптерећене завртањске везе са неподешеним завртњима – претходни прорачун

Код неподешених, попречно оптерећених, завртањских веза спољашња радна сила ( $F_s$ ) уравнотежава се силом трења у споју ( $F_\mu$ ), тј. на додирним површинама, коју узрокује сила притезања ( $F_p$ ).



## Попречно оптерећене завртањске везе са неподешеним завртњима – претходни прорачун

односно ако је остварена сила додира

$$F_b = \frac{F_s S_{\mu \min}}{i \mu_o}$$

Сила претходног притезања се рачуна по обрасцу

$$F_p = \xi_p F_b$$

$\xi_p$  - фактор притезања, чија вредност износи:  $\xi_p = 1,5$  до 2 за статичко оптерећење и  $\xi_p = 2$  до 4 за динамичко оптерећење

## Попречно оптерећене завртањске везе са неподешеним завртњима – претходни прорачун

Код ових завртањских веза, завртњи су оптерећени на затезање, услед дејства силе ( $F_p$ ) и на увијање, услед дејства момента ( $T_n$ ). Спољашње оптерећење ( $F_s$ ) се, у овом случају, не преноси директно на завртањ, већ посредно, преко силе ( $F_p$ ) и момента ( $T_n$ ).

При претходном прорачуну, завртњи се прорачунавају на статичку чврстоћу

$$\sigma_i = 1,3 \sigma_p \leq \sigma_{doz} = \frac{\sigma_{TM}}{S_{min}}$$

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_s} \leq \frac{\sigma_{TM}}{1,3 S_{min}} = (0,5 - 0,7) \sigma_{TM} = (0,5 - 0,7) R_{eH}$$

$$A_s \geq \frac{F_p}{(0,5-0,7) R_{eH}}$$

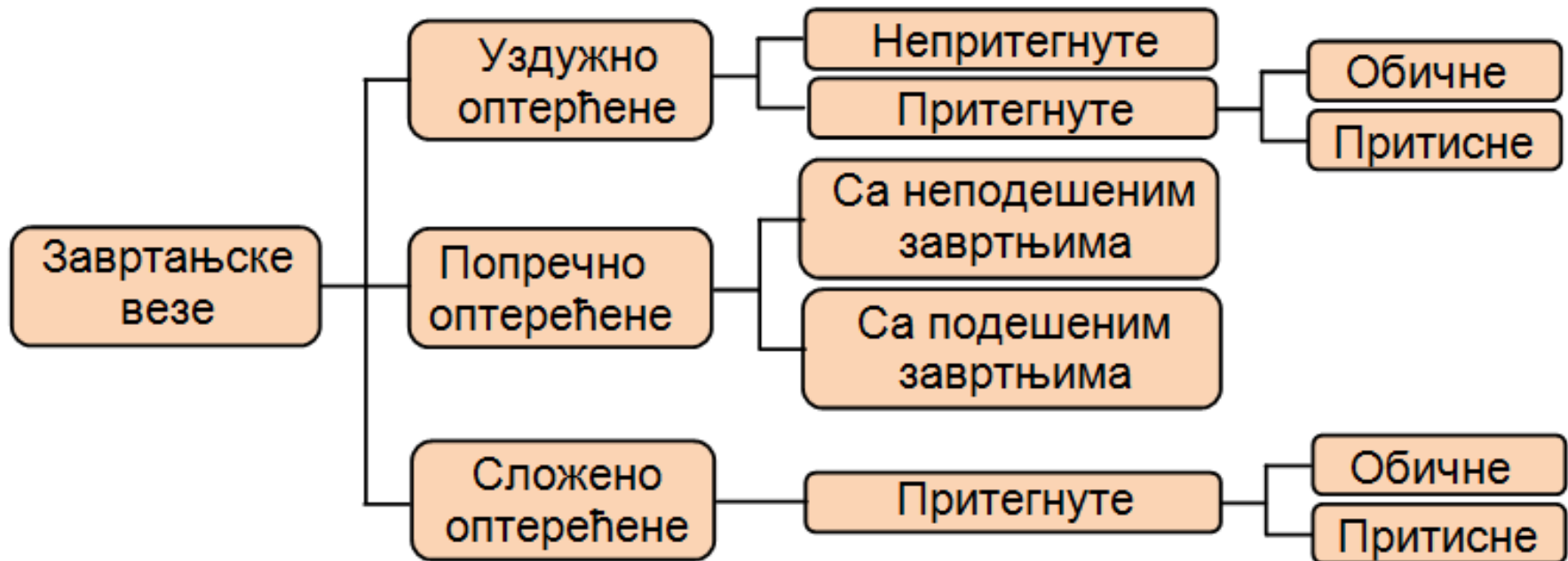


## Попречно оптерећене завртањске везе са неподешеним завртњима – завршни прорачун

Степен сигурности против проклизавања

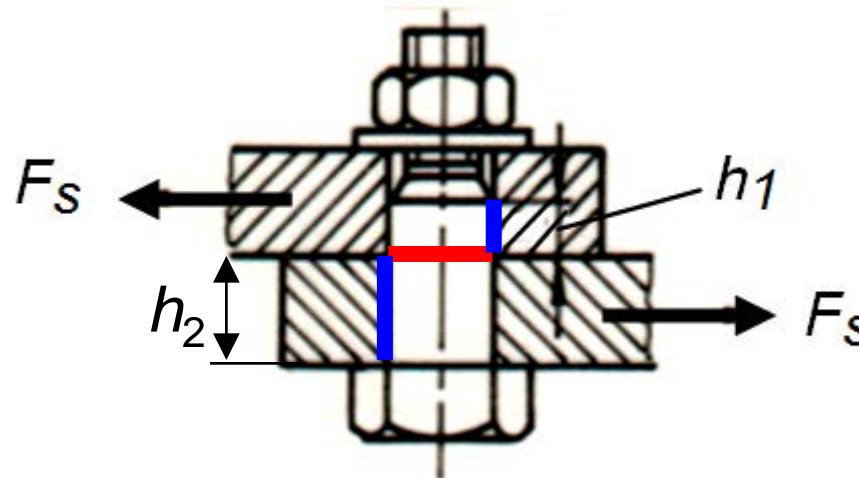
$$S_{\mu} = \frac{F_{\mu}}{F_s} \geq S_{\mu \min} = 1,3 - 1,8 \quad (3)$$

$$F_{\mu} = i \mu_o F_b = i \mu_o \frac{F_p}{\xi_p} = i \mu_o \frac{\sigma_p A_s}{\xi_p} = i \mu_o \frac{(0,5 - 0,7) R_{eH} A_s}{\xi_p}$$



## Попречно оптерећене завртањске везе са подешеним завртњима – претходни прорачун

Код подешених, попречно оптерећених, завртањских веза завртњи су изложени смицању, док су силе притезања веома мале, а тиме и напони затезања и увијања, као и силе трења на додирним површинама.



**Попречно оптерећене завртањске везе са  
подешеним завртњима – претходни прорачун**

Прорачун чврстоће завртња на смицање

$$\tau = \frac{F_s}{A_\tau} = \frac{F_s}{i \frac{d_\tau^2 \pi}{4}} \leq \tau_{doz} = \frac{\tau_K}{S_{\tau \min}}$$

$$d_\tau \geq \sqrt{\frac{4 F_s S_{\tau \min}}{i \pi \tau_K}}$$

**Попречно оптерећене завртањске везе са  
подешеним завртњима – претходни прорачун**

Прорачун завртњева на површински притисак

$$p_1 = \frac{F_s}{A_{p1}} = \frac{F_s}{d_p h_1} \leq p_{doz} = \frac{p_k}{S_{pmin}} = \frac{1,2 R_{eH}}{S_{pmin}}$$

$$d_{p1} \geq \frac{F_s S_{pmin}}{1,2 R_{eH} h_1}$$

$$p_2 = \frac{F_s}{A_{p2}} = \frac{F_s}{d_p h_2} \leq p_{doz} = \frac{p_k}{S_{pmin}} = \frac{1,2 R_{eH}}{S_{pmin}}$$

$$d_{p2} \geq \frac{F_s S_{pmin}}{1,2 R_{eH} h_2}$$



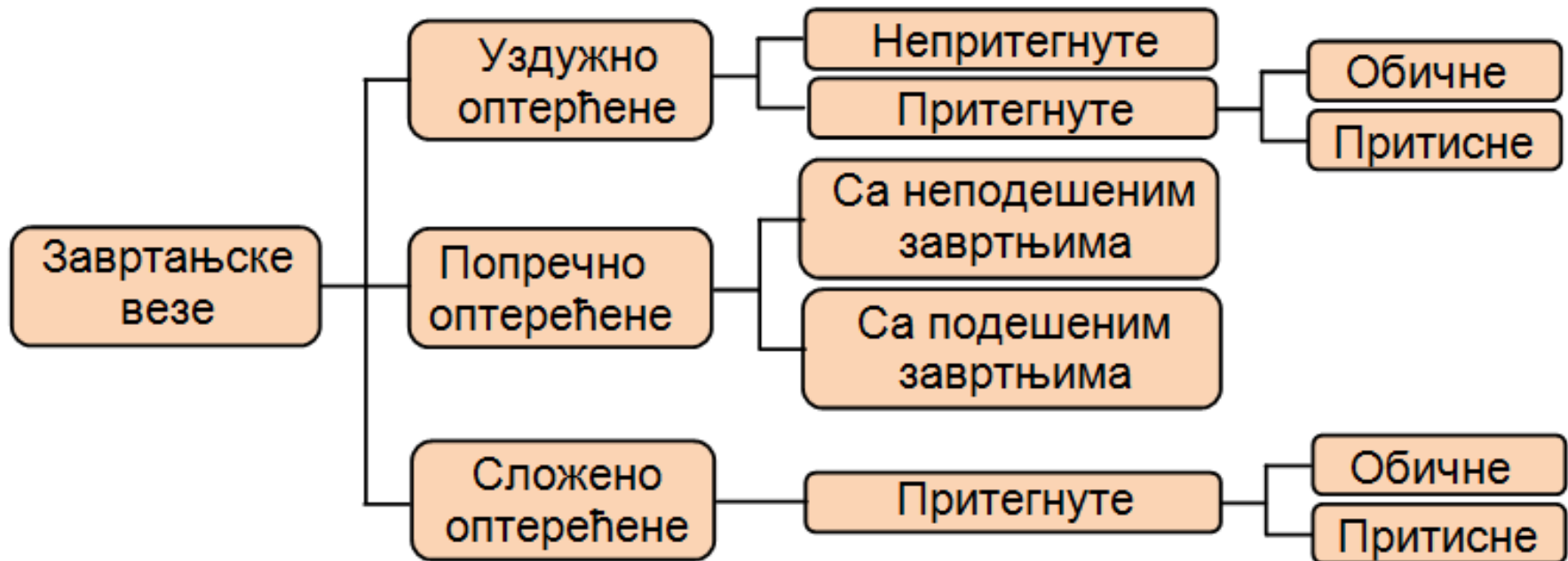
**Попречно оптерећене завртањске везе са  
подешеним завртњима – завршни прорачун**

Прорачун степена сигурности **на смицање**

$$S_{\tau} = \frac{\tau_K}{\tau} \geq S_{\tau \min} = 1,5 - 2$$

Прорачун степена сигурности **на површински притисак**

$$S_p = \frac{p_K}{p} = \frac{1,2 R_{eH}}{p} \geq S_{p \min} = 2 - 3$$



## Сложено оптерећене завртањске везе

Комплетан прорачун се спроводи као и код уздужно оптерећених, претходно притегнутих, завртањских веза, с тим што је начин одређивања уздужног радног оптерећења ( $F_r$ ) нешто мало другачији. Наиме, код претходног прорачуна треба рачунати са већом силом претходног притезања која ће моћи да створи велику силу трења, која ће бити у стању да пренесе попречну силу ( $F_s$ ).

$$F_p = \gamma F_r + \xi_p F_b = \gamma F_r + \xi_p \frac{F_s S_{\mu \min}}{i \cdot \mu_o}$$

## ГРУПНЕ ЗАВРТАЊСКЕ ВЕЗЕ

Теорија групних завртањски веза своди се на одређивање рачунског оптерећења најоптерећенијег завртња, након чега се врши провера чврстоће тог завртња, на један од претходно наведених начина.

При прорачуну групних завртањских веза полази се од тога:

- да су сви завртњи (у склопу) истих пречника, да су израђени од истог материјала и да су силе притезања једнаке,
- да су додирне површине плоча остале равне (недеформисане) у свим фазама оптерећења и
- да належуће (контактне) површине плоча имају минимално две осе симетрије и да су у односу на те осе завртњи симетрично оптерећени.



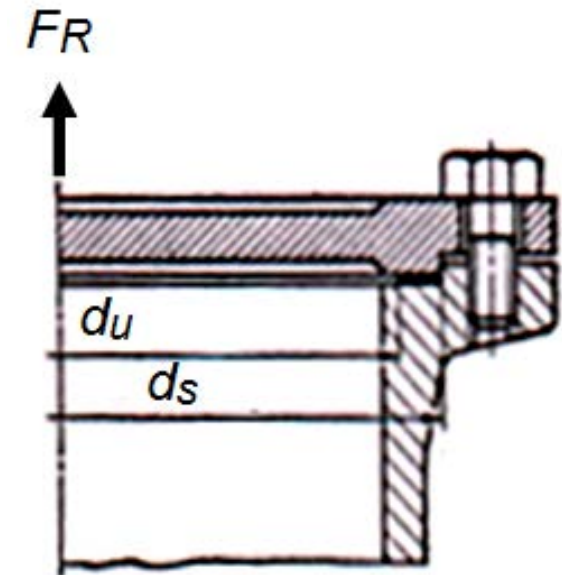


## Групне завртањске везе оптерећене уздужном силом

Сви завртњи у склопу су подједнако оптерећени силом

$$F_r = \frac{F_R}{z}$$

$$F_R = (1 + k_p) p \frac{d_u^2 \pi}{4} + p_z \frac{(d_s^2 - d_u^2) \pi}{4}$$



$k_p$  - коефицијент који узима у обзир могуће повећање притиска флуида  
Обично се усваја да је  $k_p = 0,2$

$d_s$  - спољашњи пречник,

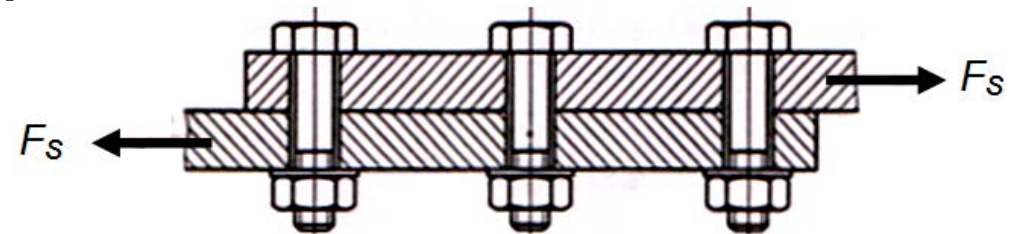
$d_u$  - унутрашњи пречник,

$p_z$  - потребан притисак у заптивачу, оријентационе вредности  $p_z = (2-2,6)$   
 $p$  за меке заптиваче и  $p_z = 3 p$  за металне заптиваче

## Групне завртањске везе оптерећене попречном силом

### ■ Веза са неподешеним завртњима

$$F_s = \frac{F_S}{Z}$$



### ■ Веза са подешеним завртњима

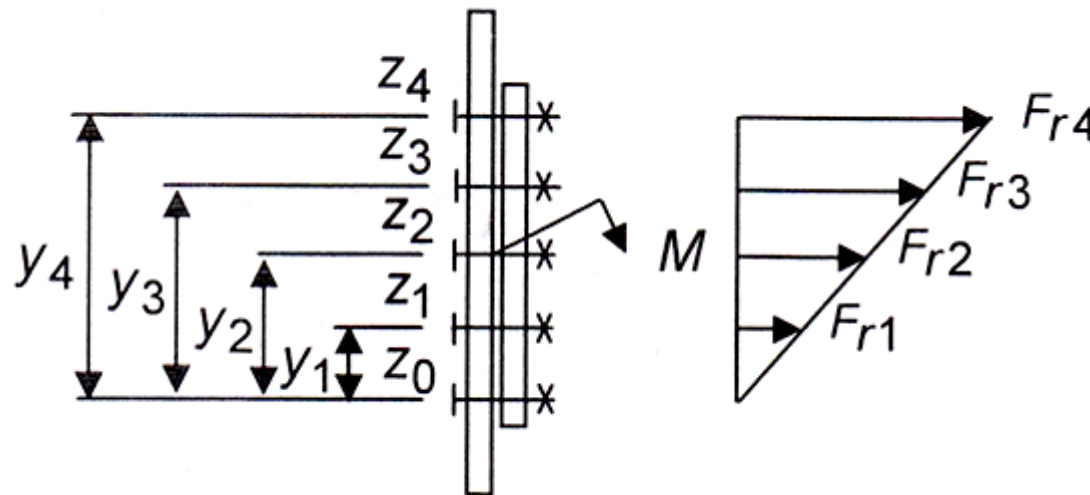
$$F_s = \frac{F_S}{Z} \xi_{\zeta_r}$$

$\xi_p$  - фактор неравномерности оптерећења, чија вредност се креће у границама  $\xi_p = 1,3 - 1,5$  мада може и до  $z / 2$  (где је:  $z$  - број завртњева).

Код подешених завртњева долази до неравномерног оптерећења тако да су поједини завртњи јаче оптерећени, што се приликом прорачуна узима у обзир посредством фактора  $\xi_p$ .

## Групне завртањске везе оптерећене моментом управним на раван споја

- За приближно тачан прорачун полази се од претпоставке да се оса обртања налази у задњем реду завртњева



$$M = F_1 y_1 z_1 + F_2 y_2 z_2 + F_3 y_3 z_3 + \dots + F_n y_n z_n$$

## Групне завртањске везе оптерећене моментом управним на раван споја

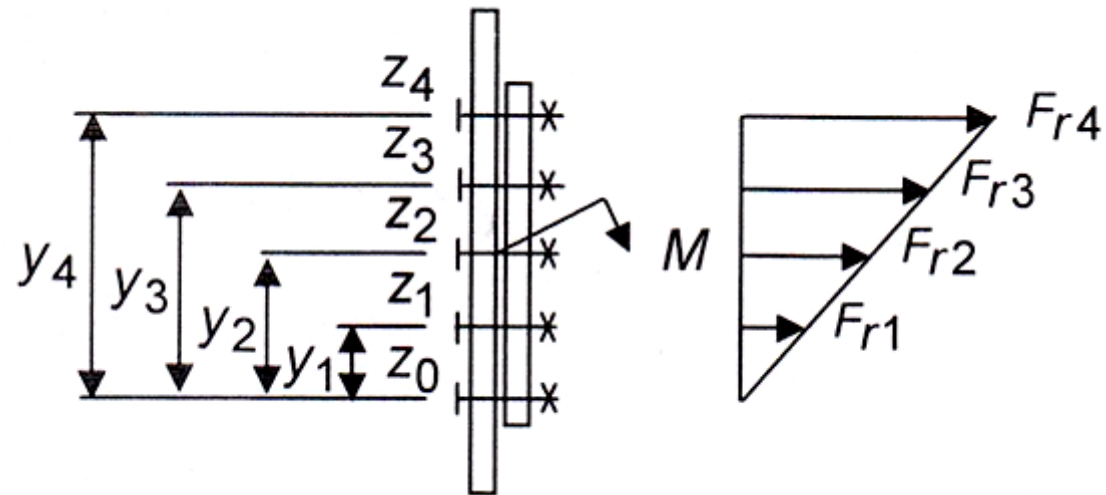
■ Ако се пође од претпоставке да су силе, по интензитету, пропорционалне растојању, следи

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{y_2}{y_1} \quad \text{следи да је} \quad F_2 = F_1 \frac{y_2}{y_1}$$

$$\frac{F_3}{F_1} = \frac{y_3}{y_1} \quad \text{следи да је} \quad F_3 = F_1 \frac{y_3}{y_1}$$

...

$$\frac{F_n}{F_1} = \frac{y_n}{y_1} \quad \text{следи да је} \quad F_n = F_1 \frac{y_n}{y_1}$$





## Групне завртањске везе оптерећене моментом управним на раван споја

следи да је вредност момента једнака

$$M = F_1 y_1 z_1 + F_1 \frac{y_2}{y_1} y_2 z_2 + F_1 \frac{y_3}{y_1} y_3 z_3 + \dots + F_1 \frac{y_n}{y_1} y_n z_n$$

$$M = F_1 \frac{y_1}{y_1} y_1 z_1 + F_1 \frac{y_2}{y_1} y_2 z_2 + F_1 \frac{y_3}{y_1} y_3 z_3 + \dots + F_1 \frac{y_n}{y_1} y_n z_n$$

$$M = \frac{F_1}{y_1} \sum_{i=1}^n y_i^2 z_i$$

$$F_1 = \frac{M y_1}{\sum_{i=1}^n y_i^2 z_i}$$

$$F_{r \max} = \frac{M y_{\max}}{\sum_{i=1}^n y_i^2 z_i}$$



## Групне завртањске везе оптерећене моментом у равни споја

### ■ Веза са неподешеним завртњима

При примени неподешених завртњева, момент у равни споја ( $T$ ) се преноси моментом трења ( $T_\mu$ ), проузрокованим силама трења на додирним површинама. За поуздано функционисање такве завртањске везе **момент трења треба да је, за степен сигурности против проклизавања ( $S_{\mu \min}$ ), већи од активног момента, тј.**

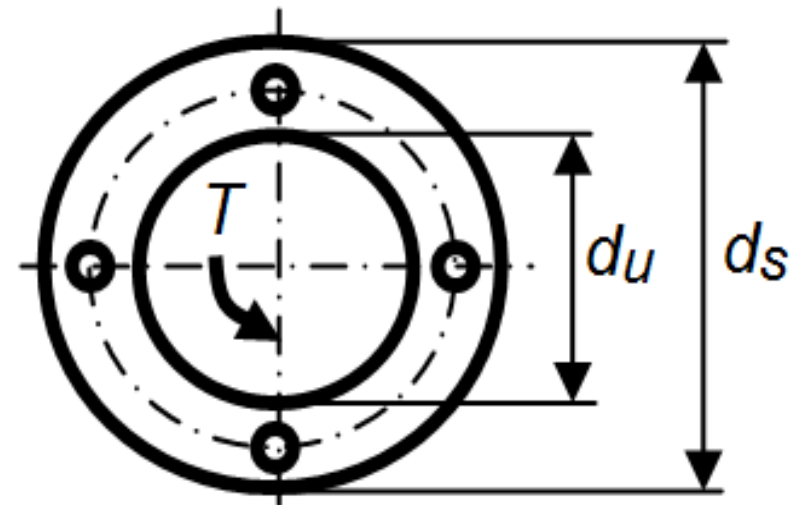
$$T_\mu > T \text{ односно } T_\mu = T S_{\mu \min}$$

## Групне завртањске везе оптерећене моментом у равни споја

### ■ Веза са неподешеним завртњима - кружна плоча

$$T_{\mu} = F_{\mu} r_{\mu} z = \mu_o F_b \frac{d_{\mu}}{2} z = T S_{\mu \min}$$

$$F_b = \frac{2TS_{\mu \min}}{\mu_o d_{\mu} z}$$

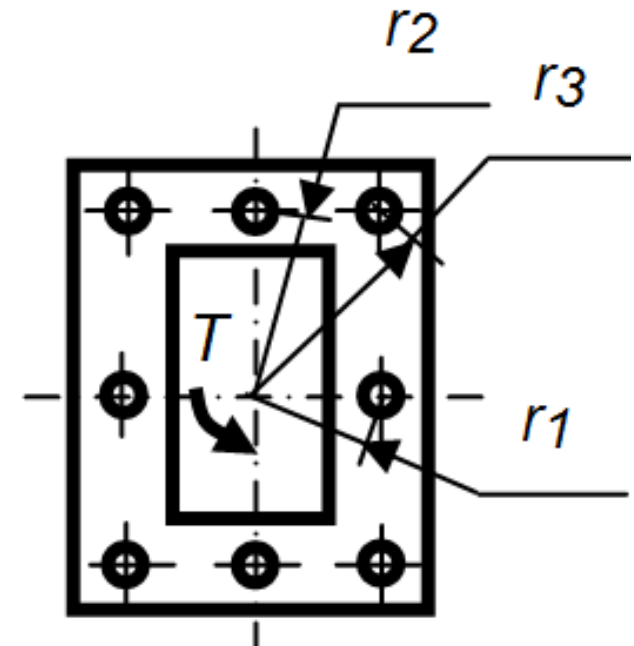


## Групне завртањске везе оптерећене моментом у равни споја

### ■ Веза са неподешеним завртњима - правоугаона плоча

$$T S_{\mu \min} = \mu_o F_b r_1 z_1 + \mu_o F_b r_2 z_2 + \dots + \mu_o F_b r_n z_n$$

$$F_b = \frac{T S_{\mu \min}}{\mu_o \sum_{i=1}^n r_i z_i}$$

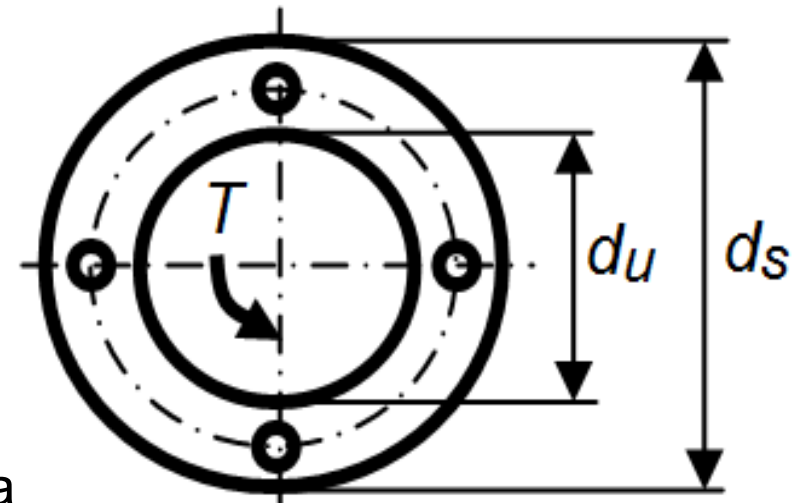


## Групне завртањске везе оптерећене моментом у равни споја

### ■ Веза са подешеним завртњима - кружна плоча

$$T = F_s \frac{d}{2} z \quad F_s = \frac{2 T}{d z}$$

Услед нетачности израде и монтаже долази до појаве неравномерне расподеле оптерећења које се мора узети у обзир посредством коефицијента неравномерне расподеле оптерећења ( $\xi_p = 1$  до 1,4 па чак и до  $z/2$ , где је:  $z$  - број завртњева)

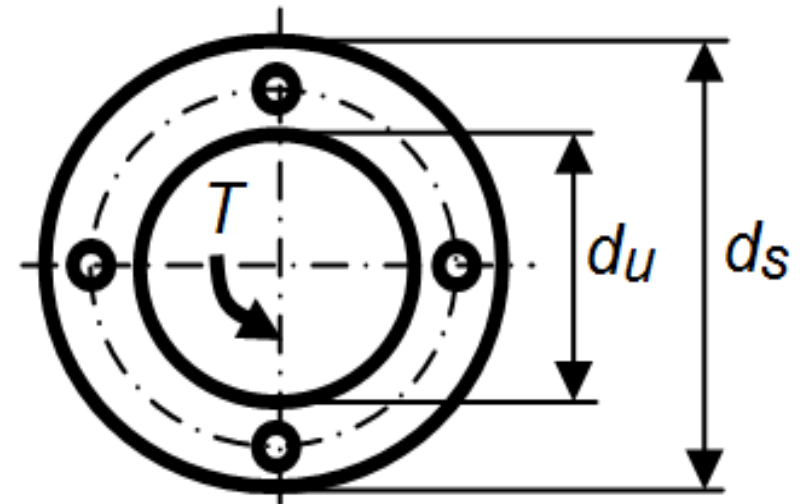


## Групне завртањске везе оптерећене моментом у равни споја

### ■ Веза са подешеним завртњима - кружна плоча

на основу чега следи да је стварно највеће оптерећење завртња

$$F_s = \frac{2 T}{d z} \xi_r$$





## Групне завртањске везе оптерећене моментом у равни споја

### ■ Веза са подешеним завртњима - правоугаона плоча

$$T = F_{s1} r_1 z_1 + F_{s2} r_2 z_2 + \dots + F_{sn} r_n z_n$$

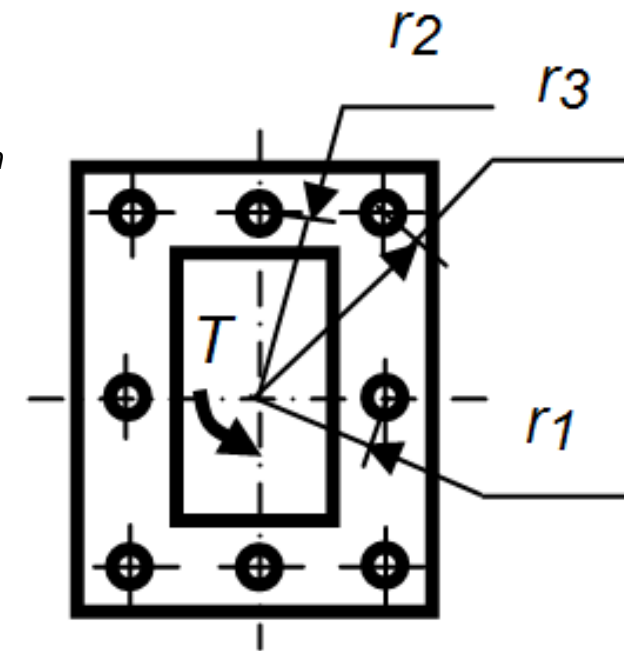
$$T = F_{s1} r_1 z_1 + F_{s1} \frac{r_2}{r_1} r_2 z_2 + F_{s1} \frac{r_3}{r_1} r_3 z_3 + \dots + F_{s1} \frac{r_n}{r_1} r_n z_n$$

$$T = F_{s1} \frac{r_1}{r_1} r_1 z_1 + F_{s1} \frac{r_2}{r_1} r_2 z_2 + F_{s1} \frac{r_3}{r_1} r_3 z_3 + \dots + F_{s1} \frac{r_n}{r_1} r_n z_n$$

$$T = \frac{F_{s1}}{r_1} \sum_{i=1}^n r_i^2 z_i$$

$$F_{s1} = \frac{Tr_1}{\sum_{i=1}^n r_i^2 z_i}$$

$$F_{s\max} = \frac{Tr_{\max}}{\sum_{i=1}^n r_i^2 z_i}$$

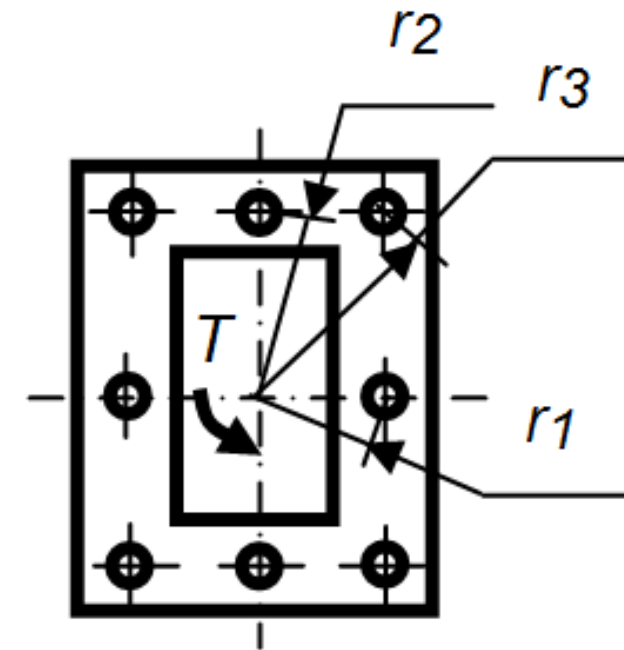


## Групне завртањске везе оптерећене моментом у равни споја

### ■ Веза са подешеним завртњима - правоугаона плоча

Услед нетачности израде и монтаже долази до појаве неравномерне расподеле оптерећења које се мора узети у обзир посредством коефицијента неравномерне расподеле оптерећења ( $\xi_r = 1$  до 1,4 па чак и до  $z/2$ , где је:  $z$  - број завртњева), на основу чега следи да је стварно највеће оптерећење завртња

$$F_{smax} = \frac{T r_{max}}{\sum_{i=1}^n r_i^2 z_i} \xi_r$$



## Сложено оптерећене групне завртањске везе

Код сложено оптерећених групних завртањских веза укупно оптерећење се посматра парцијално, а затим се сабирају поједине вредности оптерећења и наставља прорачун на један од већ описаних начина, у зависности од начина и врсте оптерећења.

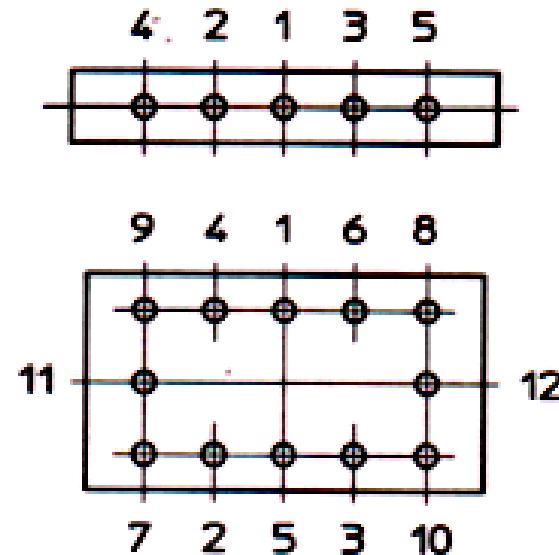
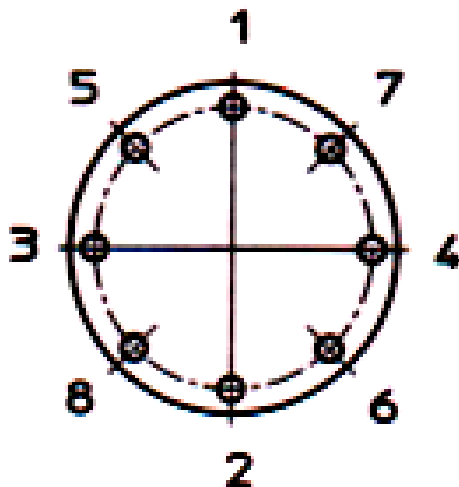
$$F_r = F_{r1} + F_{r2} + F_{r3} + \dots$$

$$F_s = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + \dots$$

$$F_{r\max} = F_r + \frac{F_s S_{\mu\min}}{i \cdot \mu_0}$$

## Редослед притезања завртњева

Код групних завртањских веза веома је важан редослед притезања појединих завртњева у циљу обезбеђења њиховог равномерног оптерећења, тј. избегавања преоптерећења. Притезање завртњева се прво врши ручно, све док је то могуће, а затим кључем, код притисних обавезно динамометријским кључем, и то постепено, за један обрт, наведеним редоследом





# Питања ...

