

© ORLIĆ: I. STUPANJ - ZAHVAT SUNČANI ZUPČANIK / PLANET

(smije se mijenjati samo podatke označene **plavom** bojom)

Korisnik: **ORLIĆ - primjer proračuna 2-stupanjskog planetnog red.**
Kontrola: Z1/Z2

Datum: 10.9.2023

ZADANO (masnije štampane (**crno**) vrijednosti prenesene su iz Osnove)

Broj zubi (manji zupčanik)	Z_1	50	
	Z_2	18	
Omjer broja zubi (> 1)	u	2,78	
Relativna brzina vrtnje pogonskog vratila prema vodilu	n_{1V}	682,9	min^{-1}
Prenosivi moment u jednom zahvatu	T_1	4639,4	Nm
Kut nagiba zuba	β	20,00	$^\circ$
Konstanta ovisna o nagibu zuba	K	320	
Faktor širine zupčanika	Y_d	0,3	
Faktor primjene	K_A	1,5	
Faktor raspodjele opterećenja uzduž zuba	K_{Hb}	1,2	
Zahtjevani faktor sigurnosti na pitting	S_H	1,3	
Din. čvrstoća boka zuba zupčanika 1	S_{Hlim1}	1170	N/mm^2
Termička obrada boka zuba		indukc. Kaljen	

PRORAČUN RAZMAKA OSI I GEOMETRIJE ZUPČANOG PARA

Izračunati razmak osi za postavljene zahtjeve	a'	435,45	mm
Usvojeni privremeni računski razmak osi	a''	435	mm
Računska vrijednost modula	$m_{n'}$	12,794	mm
Usvojeni standardni modul	m_n	10,00	mm
Modul u čeonom presjeku - kosi modul	m_t	10,642	mm
Diobeni promjer	d_1	532,089	mm
	d_2	191,552	mm
Teoretski razmak osi	a_d	361,820	mm
Usvojeni izvedeni razmak osi	a	362,000	mm
Širina zupčanika - proračunata vrijednost	b'	159,6	mm
- usvojena radna širina zupčanika	$b = b_2$	120	mm
- širina pogonskog zupčanika	b_1	125	mm
Proračun faktora pomaka profila:			
- kut zahvata u normalnom presjeku	α_n	20	$^\circ$
- zahvatni kut na diobenom promjeru u čeonom presjeku	α_t	21,1728	$^\circ$
- pogonski zahvatni kut u čeonom presjeku	α_{wt}	21,2461	$^\circ$
Zahvatni kut na V-cilindru pogonskog zupčanika	α_{vt1}	21,2726	$^\circ$
Zahvatni kut na V-cilindru gonjenog zupčanika	α_{vt2}	21,1728	$^\circ$

Suma faktora pomaka profila:

$$\text{inv}\alpha_{wt} \quad 0,017985933$$

$$\text{inv}\alpha_t \quad 0,017793400$$

$$X_1+X_2 \quad 0,018$$

Raspodjela faktora pomaka profila:

- faktor pomaka profila zupčanika 1

$$X_1 \quad \mathbf{0,018}$$

- faktor pomaka profila zupčanika 2

$$X_2 \quad 0,000$$

Promjer preko korijena zuba

$$d_{f1} \quad 507,449 \quad \text{mm}$$

$$d_{f2} \quad 166,552 \quad \text{mm}$$

Promjer preko glave zuba

$$d_{a1'} \quad 552,448 \quad \text{mm}$$

- usvojeni

$$d_{a1} \quad \mathbf{552,500} \quad \text{mm}$$

$$d_{a2'} \quad 211,551 \quad \text{mm}$$

- usvojeni

$$d_{a2} \quad \mathbf{211,500} \quad \text{mm}$$

Faktor radijalne zračnosti zupčanika u zahvatu

$$c^*_{1} \quad 0,247$$

$$c^*_{2} \quad 0,253$$

Promjer temeljnog kruga

$$d_{b1} \quad 496,170 \quad \text{mm}$$

$$d_{b2} \quad 178,621 \quad \text{mm}$$

Promjer pogonskog kruga

$$d_{w1} \quad 191,647 \quad \text{mm}$$

$$d_{w2} \quad 532,353 \quad \text{mm}$$

Stupanj prekrivanja profila

$$e_a \quad 1,507$$

Stupanj prekrivanja koraka

$$e_b \quad 1,306$$

NOSIVOST BOKA ZUBA

Faktor modula elastičnosti (čelik)

$$Z_E \quad 190$$

Faktor zone

$$Z_H \quad 2,37$$

Kut nagiba zuba na temeljnom krugu

$$b_b \quad 18,747 \quad ^\circ$$

Faktor nagiba zuba

$$Z_b \quad 0,97$$

Faktor stupnja prekrivanja

$$Z_e \quad 0,81$$

Tangencijalna sila

$$F_{t1} \quad 48416 \quad \text{N}$$

Obodna brzina

$$v \quad 6,85 \quad \text{m/s}$$

Faktor primjene

$$K_A \quad 1,5$$

Kvaliteta ozubljenja zupčanika (DIN 3961)

$$Q \quad \mathbf{6}$$

Faktor dodatnih din. opterećenja - ravni zubi

$$K_{v_a} \quad 1,22$$

Faktor dodatnih din. opterećenja - kosi zubi

$$K_{v_b} \quad 1,12$$

Faktor raspodjele opterećenja na par zubi

$$K_{Ha} \quad 1,10$$

Faktor raspodjele opterećenja uzduž zuba

$$K_{Hb} \quad 1,16$$

Naprezanje na pritisak na bokovima zuba

$$s_H \quad 528 \quad \text{N/mm}^2$$

Faktor utjecaja maziva, hrapavosti boka zuba i brzine		Z_{LRV}	0,95	
Faktor povećanja tvrdoće za zahvat tvrdi/meke		Z_W	1	
Faktor veličine zupčanika		Z_X	1	
Broj promjena opterećenja boka za trajanja L_h		N_{L1}	1,3E+10	
		N_{L2}	9,1E+09	
Faktor trajnosti - bok zuba		Z_{N1}	1,00	< 1,6
		Z_{N2}	1,00	< 1,6
Din. čvrstoća boka zuba zupčanika 1	42CrMo4	S_{Hlim1}	1170	N/mm ²
Din. čvrstoća boka zuba zupčanika 2	42CrMo4	S_{Hlim2}	1170	N/mm ²
Postignuta sigurnost na pitting		S_{H1}	2,10	
		S_{H2}	2,10	

NOSIVOST KORIJENA ZUBA

Fiktivni broj zubi zupčanika		Z_{n1}	52,4	
		Z_{n2}	18,86	
Faktor zahvata na vrhu zuba		Y_{FS1}	4,22	
		Y_{FS2}	4,48	
Faktor kuta nagiba zuba		Y_b	0,78	
Faktor stupnja prekrivanja		Y_e	0,69	
Faktor raspodjele opterećenja na zube		K_{Fa}	1,10	
Faktor raspodjele uzduž zuba - korijen		K_{Fb}	1,14	
Naprezanje na savijanje u korijenu zuba		S_{F1}	185,9	N/mm ²
		S_{F2}	205,6	N/mm ²
Dinamička čvrstoća korijena zuba zupč. 1	kaljen	S_{FE1}	720	N/mm ²
Dinamička čvrstoća korijena zuba zupč. 2	kaljen	S_{FE2}	720	N/mm ²
Faktor promjene smjera opterećenja		Y_{A1}	0,7	
		Y_{A2}	0,7	
Faktor utjecaja hrapavosti		Y_R	1	
Faktor veličine zupčanika		Y_X	0,95	
Broj promjena opterećenja korijena za trajanja L_h		N_{L1}	1,3E+10	
		N_{L2}	1,8E+10	
Faktor trajnosti - korijen zuba		Y_{N1}	1	< 2,5
		Y_{N2}	1	< 2,5
Dop. naprezanje na savijanje u korijenu zuba zupč. 1		S_{Fdop1}	478,8	N/mm ²
Dop. naprezanje na savijanje u korijenu zuba zupč. 2		S_{Fdop2}	478,8	N/mm ²
Postignuta sigurnost na lom		S_{F1}	2,58	
		S_{F2}	2,33	

ZAHVAT PLANET - VIJENAC

Kontrola: Z2/Z3

ZADANO

Broj zubi	Z_2	18	
	Z_3	-86	
Omjer broja zubi	u	-4,78	
Brzina vrtnje planeta prema vodilu	n_{2VI}	1897,1	min^{-1}
Prenosivi moment u jednom zahvatu planet/vijenac	$T_{2'}$	4639	Nm

PRORAČUN GEOMETRIJE ZUPČANOG PARA

Usvojeni standardni modul	m_n	10,00	mm
Modul u čeonom presjeku - kosi modul	m_t	10,64	mm
Diobeni promjer	d_2	191,552	mm
	d_3	-915,193	mm
Teoretski razmak osi	a_d	-361,8	mm
Usvojeni izvedeni razmak osi	a	-362	mm
Širina zupčanika	$b = b_2$	120	mm
	b_3	120	mm
Proračun faktora pomaka profila			
Kut zahvata u normalnom presjeku	α_n	20	°
Zahvatni kut na diobenom promjeru u čeonom presjeku	α_t	21,1728	°
Pogonski zahvatni kut u čeonom presjeku	α_{wt}	21,2461	°
Zahvatni kut na V-cilindru zupčanika - vijenca	α_{vI3}	21,2309	°
Suma faktora pomaka profila:	$\text{inv}\alpha_{wt}$	0,017985933	
	$\text{inv}\alpha_t$	0,017793400	
	X_2+X_3	-0,018	
Raspodjela faktora pomaka profila:			
- faktor pomaka profila zupčanika 2	X_2	0,000	
- faktor pomaka profila zupčanika 3	X_3	-0,018	
Promjer preko korijena zuba	d_{f2}	166,552	mm
	d_{f3}	-940,553	mm
Promjer preko glave zuba	d_{a2}	211,500	mm
	$d_{a3'}$	-895,552	mm
- usvojeni	d_{a3}	-895,500	mm
Faktor radijalne zračnosti zupčanika u zahvatu	c^*_2	0,253	
	c^*_3	0,193	
Promjer temeljnog kruga	d_{b2}	178,621	mm
	d_{b3}	-853,413	mm

Promjer pogonskog kruga	d_{w2}	532,353	mm
	d_{w3}	-1256,353	mm
Stupanj prekrivanja profila	e_a	1,67	
Stupanj prekrivanja koraka	e_b	1,31	

NOSIVOST BOKA ZUBA

Faktor modula elastičnosti	Z_E	190	
Faktor zone	Z_H	2,37	
Faktor nagiba zuba	Z_b	0,97	
Faktor stupnja prekrivanja	Z_e	0,77	
Tangencijalna sila	$F_{t2}=F_{t3}$	48416	N
Obodna brzina	v	6,85	m/s
Faktor primjene	K_A	1,5	
Kvaliteta ozubljenja	Q	6	
Faktor dodatnih din. opterećenja - ravni zubi	K_{v_a}	1,08	
Faktor dodatnih din. opterećenja - kosi zubi	K_{v_b}	1,04	
Faktor raspodjele opterećenja na par zubi	K_{Ha}	1,1	
Faktor raspodjele opterećenja uzduž zuba	K_{Hb}	1,22	
Naprezanje na pritisak na bokovima zuba	s_H	790,9	N/mm^2
Din. čvrstoća boka zuba zupčanika 2	s_{Hlim2}	1170	N/mm^2
Din. čvrstoća boka zuba zupčanika 3	s_{Hlim3}	1170	N/mm^2
		inukc. kaljen	
Broj promjena opterećenja boka za trajanja L_h	N_{L2}	9,1E+09	
	N_{L3}	1,9E+09	
Faktor trajnosti - bok zuba	Z_{N2}	1,00	< 1,6
	Z_{N3}	1,00	< 1,6
Postignuta sigurnost na pitting	S_{H2}	1,41	
	S_{H3}	1,41	

NOSIVOST KORIJENA ZUBA

Fiktivni broj zubi zupčanika	Z_{n2}	18,86	
	Z_{n3}	-102,06	
Faktor zahvata na vrhu zuba	Y_{FS2}	4,48	
	Y_{FS3}	4,00	
Faktor kuta nagiba zuba	Y_b	0,78	
Faktor stupnja prekrivanja	Y_e	0,65	
Faktor raspodjele opterećenja na zube	K_{Fa}	1,1	
Faktor raspodjele uzduž zuba - korijen	K_{Fb}	1,19	

Naprezanje na savijanje	S_{F2}	194,9	N/mm^2
	S_{F3}	174,0	N/mm^2
Dinamička čvrstoća korijena zuba zupč. 2	S_{FE2}	720	N/mm^2
Dinamička čvrstoća korijena zuba zupč. 3	S_{FE3}	720	N/mm^2
Faktor promjene smjera opterećenja	Y_{A2}	0,7	
	Y_{A3}	1	
Faktor utjecaja hrapavosti	Y_R	1	
Faktor veličine zupčanika	Y_X	0,95	
Broj promjena opterećenja korijena za trajanja L_h	N_{L2}	$1,8E+10$	
	N_{L3}	$5,7E+09$	
Faktor trajnosti - korijen zuba	Y_{N2}	1	< 2,5
	Y_{N3}	1	< 2,5
Dop. naprezanje na savijanje u korijenu zuba zupč. 2	S_{Fdop2}	478,8	N/mm^2
Dop. naprezanje na savijanje u korijenu zuba zupč. 3	S_{Fdop3}	684	N/mm^2
Postignuta sigurnost na lom	S_{F2}	2,46	
	S_{F3}	3,93	

KONTROLNE MJERE ZUPČANIKA - teoretske vrijednosti

Zupčanik 1:					
mjerni broj zubi:	k	7	W_k	200,372	mm
tetivna debljina zuba:			s_c	13,986	mm
visina do tetive:			h_c	7,660	mm
Zupčanik 2:					
mjerni broj zubi:	k	3	W_k	76,813	mm
tetivna debljina zuba:			s_c	13,870	mm
visina do tetive:			h_c	7,450	mm
Zupčanik 3:					
mjerni broj uzubina:	k	-	W_k	#VALUE!	mm
tetivna debljina zuba:			s_c	13,986	mm
visina do tetive:			h_c	-12,392	mm