

© 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	36	
	Z_2	28	
Omjer broja zubi (> 1)	u	1,29	
Relativna brzina vrtnje pogonskog vratila prema vodilu	n_{1V}	2760,0	min^{-1}
Prenosivi moment u jednom zahvatu	$T_{1'}$	2819,1	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'	244,00	mm
Usvojeni privremeni računski razmak osi	a''	260	mm
Računska vrijednost modula	$m_{n'}$	8,125	mm
Usvojeni standardni modul	m_n	8,00	mm
Modul u čeonom presjeku - kosi modul	m_t	8,513	mm
Diobeni promjer	d_1	306,483	mm
	d_2	238,376	mm
Teoretski razmak osi	a_d	272,430	mm
Usvojeni izvedeni razmak osi	a	273,000	mm
Širina zupčanika - proračunata vrijednost	b'	91,9	mm
- usvojena radna širina zupčanika	$b = b_2$	80	mm
- širina pogonskog zupčanika	b_1	85	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}	21,4798	$^\circ$
Zahvatni kut na V-cilindru pogonskog zupčanika	α_{vt1}	21,7200	$^\circ$
Zahvatni kut na V-cilindru gonjenog zupčanika	α_{vt2}	21,1728	$^\circ$

Suma faktora pomaka profila:

$\text{inv}\alpha_{\text{wt}}$	0,018610122
$\text{inv}\alpha_t$	0,017793400
X_1+X_2	0,072

Raspodjela faktora pomaka profila:

- faktor pomaka profila zupčanika 1
- faktor pomaka profila zupčanika 2

X_1	0,072
X_2	0,000

Promjer preko korijena zuba

d_{f1}	287,635	mm
d_{f2}	218,376	mm

Promjer preko glave zuba

- usvojeni

$d_{a1'}$	323,624	mm
d_{a1}	323,500	mm

- usvojeni

$d_{a2'}$	254,365	mm
d_{a2}	254,500	mm

Faktor radijalne zračnosti zupčanika u zahvatu

c^*_1	0,258
c^*_2	0,242

Promjer temeljnog kruga

d_{b1}	285,794	mm
d_{b2}	222,284	mm

Promjer pogonskog kruga

d_{w1}	238,875	mm
d_{w2}	307,125	mm

Stupanj prekrivanja profila

Stupanj prekrivanja koraka

e_a	1,515
e_b	1,089

NOSIVOST BOKA ZUBA

Faktor modula elastičnosti (čelik)

Z_E	190
-------	-----

Faktor zone

Z_H	2,35
-------	------

Kut nagiba zuba na temeljnom krugu

b_b	18,747	°
-------	--------	---

Faktor nagiba zuba

Z_b	0,97
-------	------

Faktor stupnja prekrivanja

Z_e	0,81
-------	------

Tangencijalna sila

F_{t1}	23603	N
----------	-------	---

Obodna brzina

v	34,52	m/s
-----	-------	-----

Faktor primjene

K_A	1,5
-------	-----

Kvaliteta ozubljenja zupčanika (DIN 3961)

Q	6
-----	----------

Faktor dodatnih din. opterećenja - ravni zubi

K_{v_a}	1,81
-----------	------

Faktor dodatnih din. opterećenja - kosi zubi

K_{v_b}	1,45
-----------	------

Faktor raspodjele opterećenja na par zubi

K_{H_a}	1,10
-----------	------

Faktor raspodjele opterećenja uzduž zuba

K_{H_b}	1,15
-----------	------

Naprezanje na pritisak na bokovima zuba

s_H	763	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}	5,3E+10	
		N_{L2}	1,7E+10	
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}	1,46	
		S_{H2}	1,46	

NOSIVOST KORIJENA ZUBA

Fiktivni broj zubi zupčanika		Z_{n1}	37,73	
		Z_{n2}	29,34	
Faktor zahvata na vrhu zuba		Y_{FS1}	4,25	
		Y_{FS2}	4,34	
Faktor kuta nagiba zuba		Y_b	0,82	
Faktor stupnja prekrivanja		Y_e	0,69	
Faktor raspodjele opterećenja na zube		K_{Fa}	1,10	
Faktor raspodjele uzduž zuba - korijen		K_{Fb}	1,13	
Naprezanje na savijanje u korijenu zuba		S_{F1}	225,2	N/mm ²
		S_{F2}	244,4	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	0,97	
Broj promjena opterećenja korijena za trajanja L_h		N_{L1}	5,3E+10	
		N_{L2}	3,4E+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}	488,9	N/mm ²
Dop. naprezanje na savijanje u korijenu zuba zupč. 2		S_{Fdop2}	488,9	N/mm ²
Postignuta sigurnost na lom		S_{F1}	2,17	
		S_{F2}	2,00	

ZAHVAT PLANET - VIJENAC

Kontrola: Z2/Z3

ZADANO

Broj zubi	Z_2	28	
	Z_3	-92	
Omjer broja zubi	u	-3,29	
Brzina vrtnje planeta prema vodilu	n_{2VI}	3548,6	min^{-1}
Prenosivi moment u jednom zahvatu planet/vijenac	$T_{2'}$	2819	Nm

PRORAČUN GEOMETRIJE ZUPČANOG PARA

Usvojeni standardni modul	m_n	8,00	mm
Modul u čeonom presjeku - kosi modul	m_t	8,51	mm
Diobeni promjer	d_2	238,376	mm
	d_3	-783,235	mm
Teoretski razmak osi	a_d	-272,4	mm
Usvojeni izvedeni razmak osi	a	-273	mm
Širina zupčanika	$b = b_2$	80	mm
	b_3	80	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}	21,4798	°
Zahvatni kut na V-cilindru zupčanika - vijenca	α_{v13}	21,3885	°
Suma faktora pomaka profila:			
	$\text{inv}\alpha_{wt}$	0,018610122	
	$\text{inv}\alpha_t$	0,017793400	
	X_2+X_3	-0,072	
Raspodjela faktora pomaka profila:			
- faktor pomaka profila zupčanika 2	X_2	0,000	
- faktor pomaka profila zupčanika 3	X_3	-0,072	
Promjer preko korijena zuba	d_{f2}	218,376	mm
	d_{f3}	-804,384	mm
Promjer preko glave zuba	d_{a2}	254,500	mm
	$d_{a3'}$	-768,376	mm
- usvojeni	d_{a3}	-768,500	mm
Faktor radijalne zračnosti zupčanika u zahvatu	c^*_2	0,243	
	c^*_3	0,254	
Promjer temeljnog kruga	d_{b2}	222,284	mm
	d_{b3}	-730,363	mm

Promjer pogonskog kruga	d_{w2}	307,125	mm
	d_{w3}	-853,125	mm
Stupanj prekrivanja profila	e_a	1,70	
Stupanj prekrivanja koraka	e_b	1,09	

NOSIVOST BOKA ZUBA

Faktor modula elastičnosti	Z_E	190	
Faktor zone	Z_H	2,35	
Faktor nagiba zuba	Z_b	0,97	
Faktor stupnja prekrivanja	Z_e	0,77	
Tangencijalna sila	$F_{t2}=F_{t3}$	23603	N
Obodna brzina	v	34,52	m/s
Faktor primjene	K_A	1,5	
Kvaliteta ozubljenja	Q	6	
Faktor dodatnih din. opterećenja - ravni zubi	K_{v_a}	1,63	
Faktor dodatnih din. opterećenja - kosi zubi	K_{v_b}	1,35	
Faktor raspodjele opterećenja na par zubi	K_{Ha}	1,1	
Faktor raspodjele opterećenja uzduž zuba	K_{Hb}	1,16	
Naprezanje na pritisak na bokovima zuba	s_H	747,2	N/mm^2
Din. čvrstoća boka zuba zupčanika 2	s_{Hlim2}	1170	N/mm^2
Din. čvrstoća boka zuba zupčanika 3	s_{Hlim3}	1350 kaljen	N/mm^2
Broj promjena opterećenja boka za trajanja L_h	N_{L2}	1,7E+10	
	N_{L3}	5,2E+09	
Faktor trajnosti - bok zuba	Z_{N2}	1,00	< 1,6
	Z_{N3}	1,00	< 1,6
Postignuta sigurnost na pitting	S_{H2}	1,49	
	S_{H3}	1,72	

NOSIVOST KORIJENA ZUBA

Fiktivni broj zubi zupčanika	Z_{n2}	29,34	
	Z_{n3}	-109,18	
Faktor zahvata na vrhu zuba	Y_{FS2}	4,34	
	Y_{FS3}	4,00	
Faktor kuta nagiba zuba	Y_b	0,82	
Faktor stupnja prekrivanja	Y_e	0,64	
Faktor raspodjele opterećenja na zube	K_{Fa}	1,1	
Faktor raspodjele uzduž zuba - korijen	K_{Fb}	1,14	

Naprezanje na savijanje	S_{F2}	256,5	N/mm^2
	S_{F3}	236,4	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	0,97	
Broj promjena opterećenja korijena za trajanja L_h	N_{L2}	$3,4E+10$	
	N_{L3}	$1,6E+10$	
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}	488,9	N/mm^2
Dop. naprezanje na savijanje u korijenu zuba zupč. 3	S_{Fdop3}	698,4	N/mm^2
Postignuta sigurnost na lom	S_{F2}	1,91	
	S_{F3}	2,95	

KONTROLNE MJERE ZUPČANIKA - teoretske vrijednosti

Zupčanik 1:					
mjerni broj zubi:	k	5	W_k	111,486	mm
tetivna debljina zuba:			s_c	11,467	mm
visina do tetive:			h_c	6,422	mm
Zupčanik 2:					
mjerni broj zubi:	k	4	W_k	86,405	mm
tetivna debljina zuba:			s_c	11,096	mm
visina do tetive:			h_c	6,043	mm
Zupčanik 3:					
mjerni broj uzubina:	k	-	W_k	#VALUE!	mm
tetivna debljina zuba:			s_c	11,466	mm
visina do tetive:			h_c	-9,454	mm