

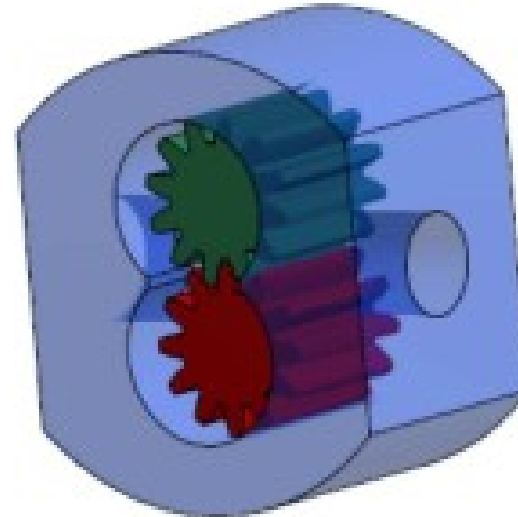
Konstrukce a výpočet zubového čerpadla

Jan Procházka

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Hrubý, CSc.

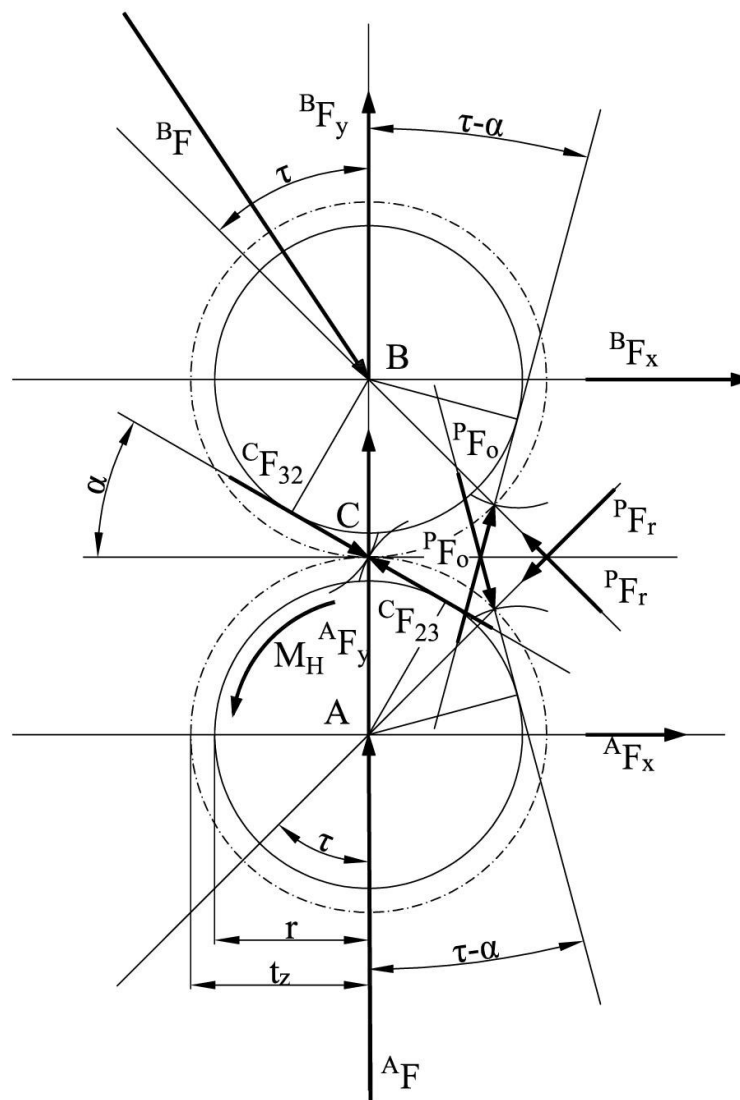
Cíl práce

- Zjistit velikost reakčních sil
- Kontrola souměrného pastorku zubového čerpadla na únavu
- Vytvořit programové vybavení



Reakční síly

SILOVÉ PŮSOBENÍ



Výpočet reakcí a hnacího momentu ozubeného čerpadla			
T3-22			
zadej hodnoty - proměnné	vkládej v základních jednotkách		
popis	značka	hodnota	jednotky
počet aktivních zubů a zubových mezer	j	6	-
počet aktivních zubů	i	1	-
počet zubů kola	z	12	-
modul	m	2,6458	mm
šířka ozubení	b	34,59	mm
tlak	p	25	Mpa
úhel záběru	α	23	°
úhel záběru tlaku	ρ	90	°

mezivýpočet			
popis	značka	hodnota	jednotky
úhel působení tlaku	τ	45	°
ekvivalentní aktivní plocha radiální	iS_e	8,625E-04	m ²
ekvivalentní aktivní plocha obvodová	oS_e	1,208E-04	m ²
ekvivalentní pracovní síla radiální	pF_r	21563,5	N
ekvivalentní pracovní síla obvodová	pF_o	3020,1	N
reakční síla v kole A osa x	${}^A F_x$	11336,3	N
reakční síla v kole A osa y	${}^A F_y$	19227,9	N
reakční síla v kole B osa x	${}^B F_x$	16896,3	N
reakční síla v kole B osa y	${}^B F_y$	-19227,9	N
reakce v dotyku zubů ${}^C F_{32} = {}^C F_{23}$	${}^C F_{32} = {}^C F_{23}$	3020,1	N
poloměr roztečné kružnice	r	15,87	mm
poloměr základní kružnice	r_s	14,61	mm

výpočet			
popis	značka	hodnota	jednotky
reakční síla v kole A	${}^A F$	22320,9	N
reakční síla v kole B	${}^B F$	25596,9	N
moment k ose Z	M_H	88,3	Nm

empirické vzorce Jihostroj			
popis	značka	hodnota	jednotky
tlak	p	25	Mpa
šířka ozubení	b	34,59	mm
průměr hlavové kružnice	D_h	37,88	mm
objemový průtok	V_g	22,15	ccm/ot.

reakční síla v kole A	${}^A F$	20964,3	N
reakční síla v kole B	${}^B F$	27843,2	N
moment k ose Z	M_H	88,1	Nm

výpočet pro souměrný pastorek	T3-22		
-------------------------------	-------	--	--

zadej	značka	hodnota	jednotka
délka pastorku	l	73,71	mm
průměr hřídele pastorku	d	19,012	mm
mez pevnosti	Rm	1 000,0	Mpa
mez kluzu	Re	685,0	Mpa
rádus vrubu	R	0,60	mm
součinitel velikosti ohyb	ν_0	1,80	-
součinitel velikosti krut	ν_1	1,16	-
	R/d	0,032	
součinitel vrubového účinku ohyb	β_0	2,70	-
součinitel vrubového účinku krut	β_t	1,80	-
součinitel jakosti povrchu ohyb	η_{po}	0,80	-

převzaté	značka	hodnota	jednotka
šířka ozubení	b	34,59	mm
reakční síla	$^B F$	25596,9	N
reakce v dotyku zubů	$^C F_{32}$	3020,1	N
poloměr základní kružnice	r_z	14,61	mm
poloměr roztečné kružnice	r	15,8748	mm
modul	m	2,6458	mm

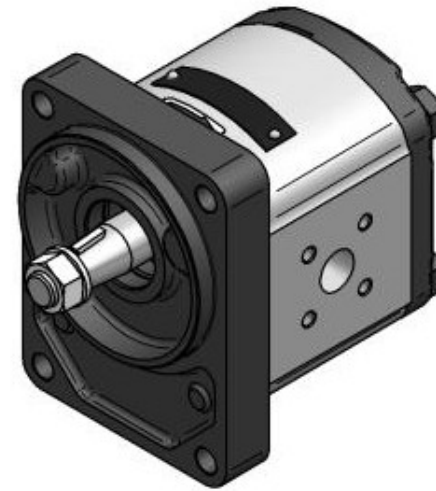
mezivýpočet	značka	hodnota	jednotka
ohybový moment	M_o	125 168,6	Nmm
krouticí moment	M_k	44 132,2	Nmm
modul průřezu v ohybu	W_o	674,7	mm ³
modul průřezu v krutu	W_k	1 349,3	mm ³
napětí v ohybu	σ_o	185,5	Mpa
napětí v krutu	τ_k	32,7	Mpa
redukované napětí	σ_{red}	188,4	Mpa
bezpečnost při statickém zatížení mez pevnosti	k_p	5,31	-
bezpečnost při statickém zatížení mez kluzu	k_k	3,64	-
mez únavy v ohybu	σ_c	404,0	Mpa
mez únavy v krutu	τ_c	259,0	Mpa
poloměr patní kružnice	r_f	12,57	mm
součinitel jakosti povrchu krut	η_{pt}	0,90	-

výsledek	značka	hodnota	jednotka
mez únavy snižená o vrubový účinek ohyb	σ_{co}	215,5	Mpa
mez únavy snižená o vrubový účinek krut	τ_{ct}	150,2	Mpa

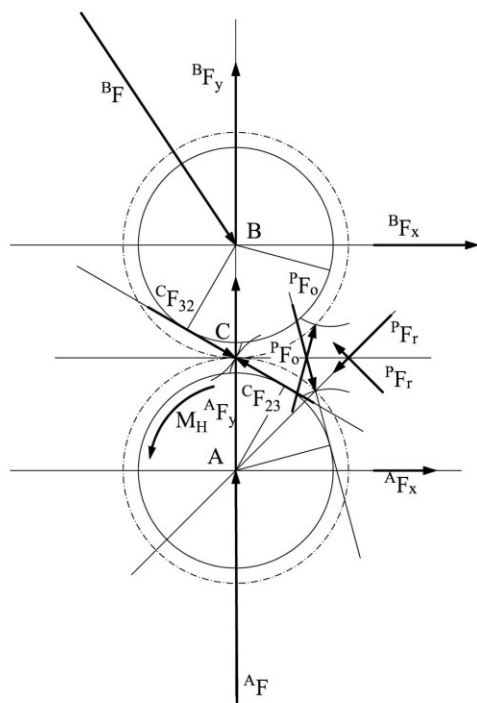
vyhodnocení			stav
podmínka $\sigma_{co} \geq \sigma_o$		215,5 \geq 185,5	vyhovuje
podmínka $\tau_{ct} \geq \tau_c$		150,2 \geq 32,7	vyhovuje

Proved'te shrnutí postupu a diskusi dosažených výsledků při identifikaci navrženého modelu na výsledky empirického modelu, popřípadě experimentu.

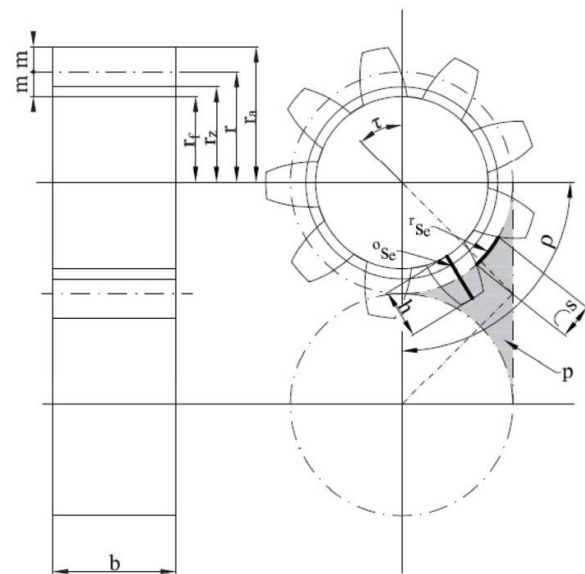
- Zatěžující síly
- Ekvivalentní aktivní plochy
- Ekvivalentní pracovní síly
- Podmínky rovnováhy
- Grafické řešení
- Porovnání s empirickými vzorci
- Modifikace výpočtu



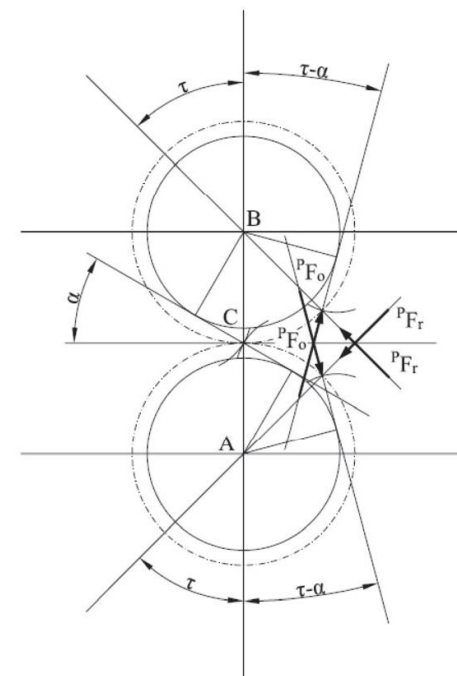
SILOVÉ PŮSOBENÍ



EKVIVALENTNÍ AKTIVNÍ PLOCHY

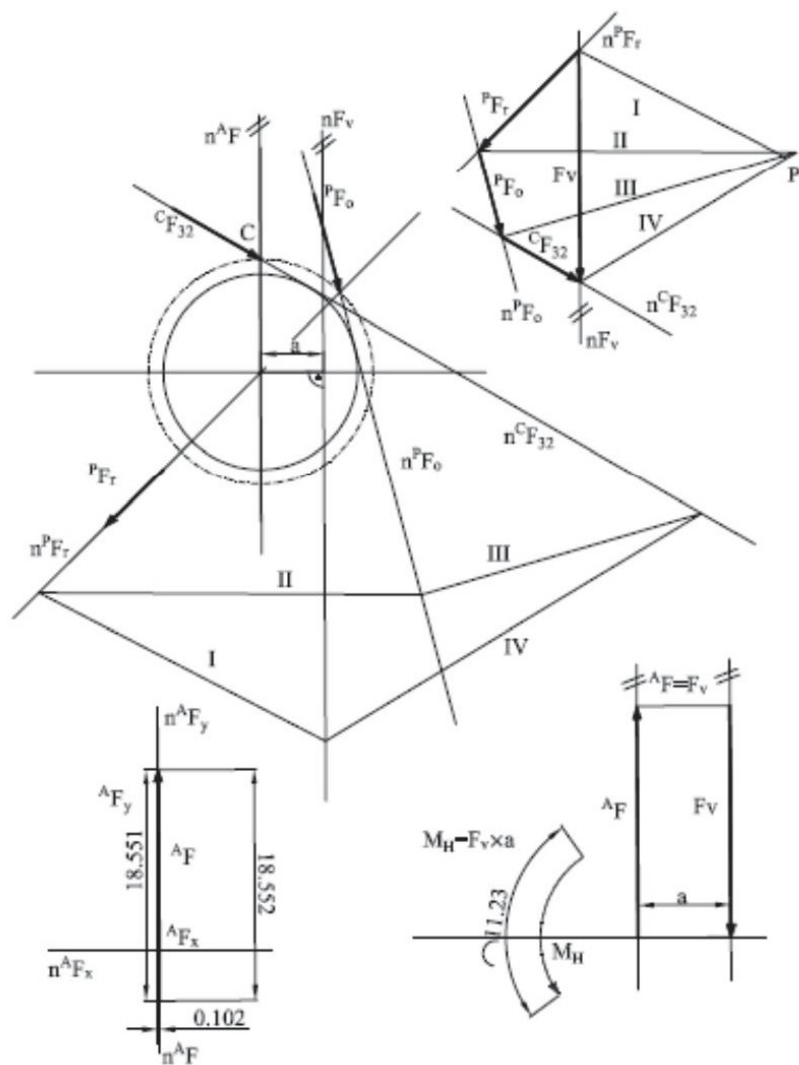


EKVIVALENTNÍ PRACOVNÍ SÍLY



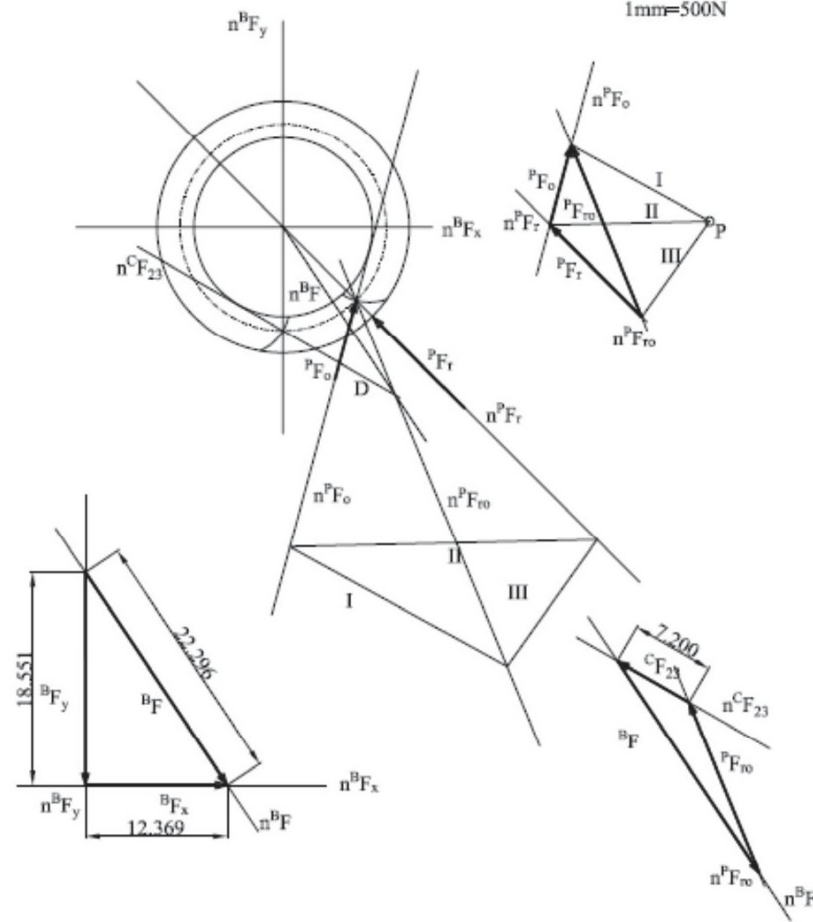
SILOVÉ PŮSOBNÍ NA HNACÍM KOLE A

1mm=500N
1mm=5Nm



GRAFICKÉ ŘEŠENÍ KOLO B

1mm=500N



výpočet program		testovací	
popis	značka	hodnota	jednotky
reakční síla v kole A	$^A F$	18552,1	N
reakční síla v kole B	$^B F$	22297,2	N
moment k ose Z	M_{H1}	112,2	Nm

empirické vztahy			
reakční síla v kole A	$^A F$	12672,0	N
reakční síla v kole B	$^B F$	16830,0	N
moment k ose Z	M_{H1}	36,0	Nm

výpočet program		T3-22	
popis	značka	hodnota	jednotky
reakční síla v kole A	$^A F$	33435,6	N
reakční síla v kole B	$^B F$	40357,3	N
moment k ose Z	M_{H1}	401,2	Nm

empirické vztahy			
reakční síla v kole A	$^A F$	20966,5	N
reakční síla v kole B	$^B F$	27846,2	N
moment k ose Z	M_{H1}	88,1	Nm

výpočet program		P23-3,3	
popis	značka	hodnota	jednotky
reakční síla v kole A	$^A F$	6945,2	N
reakční síla v kole B	$^B F$	8498,0	N
moment k ose Z	M_{H1}	47,0	Nm

empirické vztahy			
reakční síla v kole A	$^A F$	5177,4	N
reakční síla v kole B	$^B F$	6876,3	N
moment k ose Z	M_{H1}	14,8	Nm

výpočet program		Q2-51	
popis	značka	hodnota	jednotky
reakční síla v kole A	$^A F$	57384,1	N
reakční síla v kole B	$^B F$	67521,6	N
moment k ose Z	M_{H1}	1094,3	Nm

empirické vztahy			
reakční síla v kole A	$^A F$	34904,7	N
reakční síla v kole B	$^B F$	46357,9	N
moment k ose Z	M_{H1}	221,0	Nm

Výpočet reakcí a hnacího momentu ozubeného čerpadla			
T3-22			
zadej hodnoty - proměnné		vkládej v základních jednotkách	
popis	značka	hodnota	jednotky
počet aktivních zubů a zubových mezer	j	6	-
počet aktivních zubů	i	1	-
počet zubů kola	z	12	-
modul	m	2,6458	mm
šířka ozubení	b	34,59	mm
tlak	p	25	Mpa
úhel záběru	α	23	°
úhel záběru tlaku	ρ	90	°

mezivýpočet			
popis	značka	hodnota	jednotky
úhel působení tlaku	τ	45	°
ekvivalentní aktivní plocha radiální	$^c S_a$	8,625E-04	m ²
ekvivalentní aktivní plocha obvodová	$^o S_a$	1,208E-04	m ²
ekvivalentní pracovní síla radiální	$^R F_r$	21563,5	N
ekvivalentní pracovní síla obvodová	$^R F_o$	3020,1	N
reakční síla v kole A osa x	$^A F_x$	11336,3	N
reakční síla v kole A osa y	$^A F_y$	19227,9	N
reakční síla v kole B osa x	$^B F_x$	16896,3	N
reakční síla v kole B osa y	$^B F_y$	-19227,9	N
reakce v dotyku zubů $^c F_{31} = ^c F_{23}$	$^c F_{31} = ^c F_{23}$	3020,1	N
poloměr roztečné kružnice	r	15,87	mm
poloměr základní kružnice	r_f	14,61	mm

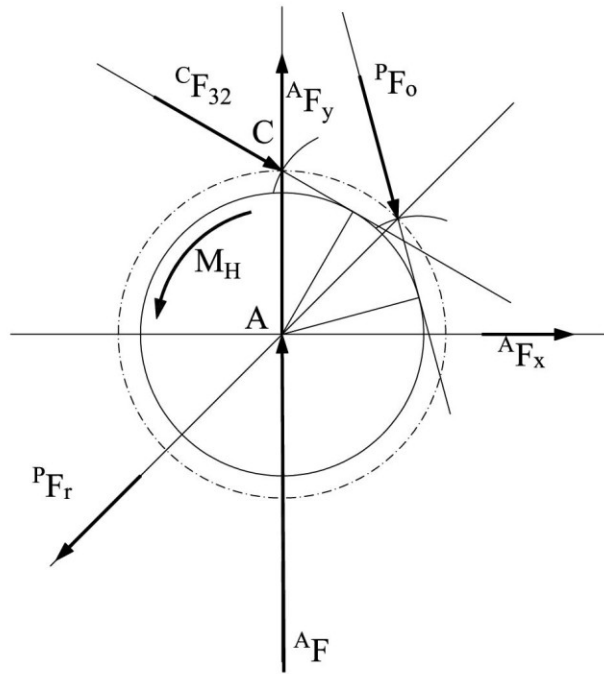
výpočet			
popis	značka	hodnota	jednotky
reakční síla v kole A	$^A F$	22320,9	N
reakční síla v kole B	$^B F$	25596,9	N
moment k ose Z	M_{H1}	88,3	Nm

empirické vzorce Jihostroj			
tlak	p	25	Mpa
šířka ozubení	b	34,59	mm
průměr hlavové kružnice	D_h	37,88	mm
objemový průtok	V_g	22,15	ccm/ot.

reakční síla v kole A	$^A F$	20964,3	N
reakční síla v kole B	$^B F$	27843,2	N
moment k ose Z	M_{H1}	88,1	Nm

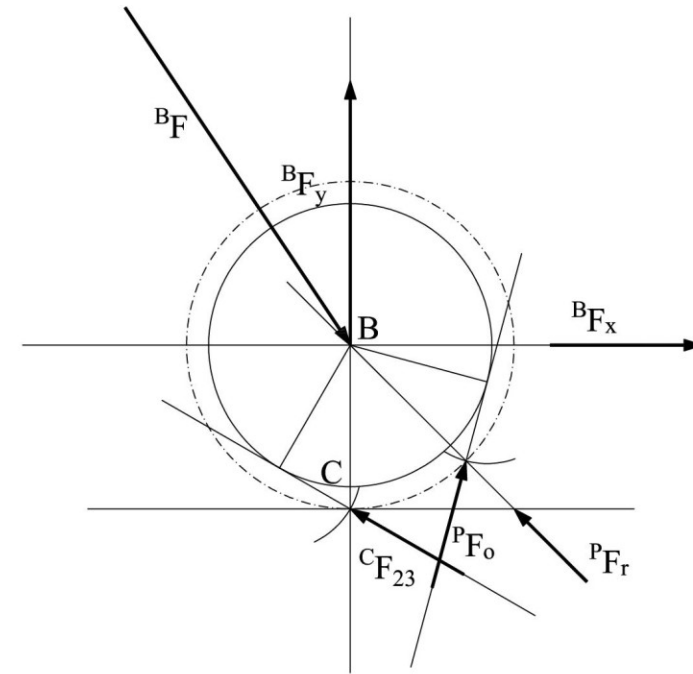
Reakce na čepích hnacího kola je větší než u hnacího kola. Proč?

HNACÍ



$$\begin{aligned}
 A_{F_x} + C_{F_{32}} \times \cos \alpha + P_{F_0} \times \sin(\tau - \alpha) - P_{F_r} \times \sin \tau &= 0 \\
 A_{F_y} - C_{F_{32}} \times \sin \alpha - P_{F_0} \times \cos(\tau - \alpha) - P_{F_r} \times \cos \tau &= 0 \\
 M_H - C_{F_{32}} \times r_z - P_{F_0} \times r_z &= 0
 \end{aligned}$$

HNANÉ



$$\begin{aligned}
 B_{F_x} - C_{F_{23}} \times \cos \alpha + P_{F_0} \times \sin(\tau - \alpha) - P_{F_r} \times \sin \tau &= 0 \\
 B_{F_y} + C_{F_{23}} \times \sin \alpha + P_{F_0} \times \cos(\tau - \alpha) + P_{F_r} \times \cos \tau &= 0 \\
 -C_{F_{23}} \times r_z + P_{F_0} \times r_z &= 0
 \end{aligned}$$

Děkuji za pozornost