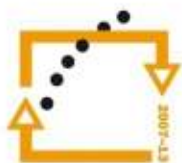




MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Převody a mechanizmy

Téma: Silové poměry v čelním soukolí

Autor: Ing. Magdalena Svobodová

Číslo: VY_32_INOVACE_15 – 04

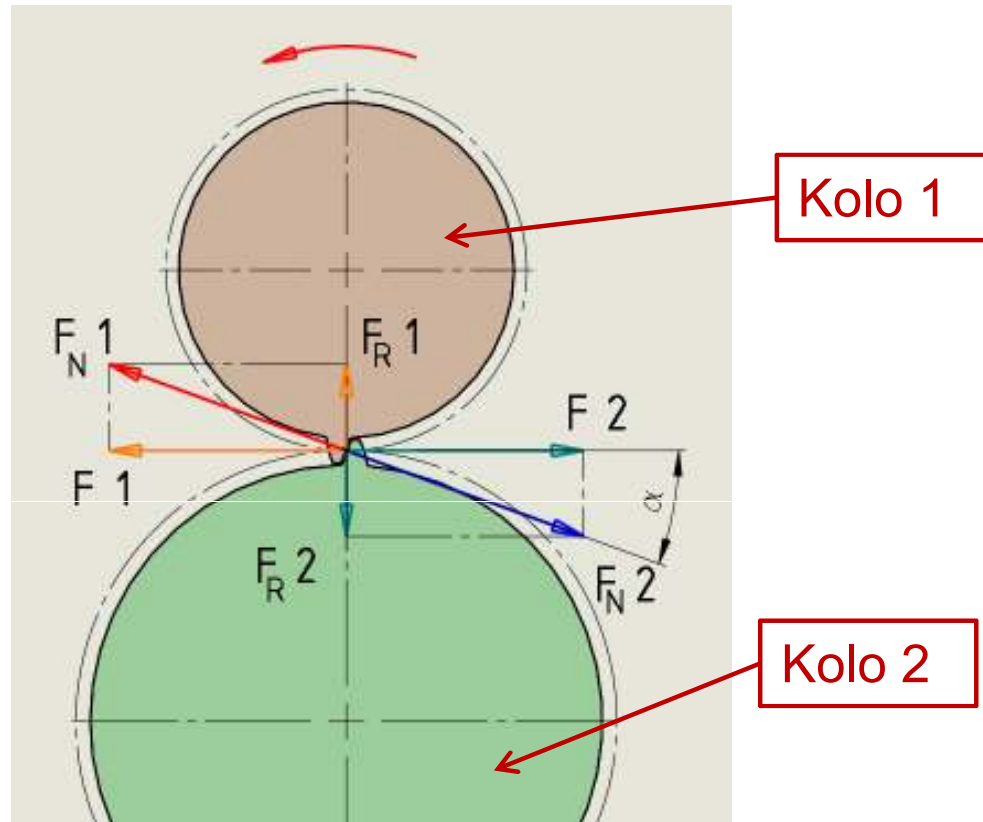
Anotace: *Silové a převodové poměry u čelních kol s přímými zuby. Síly v ložiskách hřídele. Síly působící na kole s šikmým ozubením. Namáhání ložisek hřídele s jedním kolem s šikmým ozubením. Určení smyslu působení axiální síly.*

DUM je určen pro studenty třetího ročníku strojírenských oborů.

Vytvořeno: srpen 2013

Namáhání čelních kol s přímými zuby silové poměry

U čelních kol s přímými zuby působí obvodové, radiální a normálové síly. Obvodová síla působí na obvodě roztečné kružnice, radiální síly směřují k ose kola a normálové síly působí na ozubená kola v normálové rovině. Sklon normálové roviny závisí na velikosti úhlu záběru α .



Obvodová síla F

$$F = \frac{M_K}{\frac{D}{2}} = \frac{2 \cdot M_K}{D}$$

Radiální síla F_R

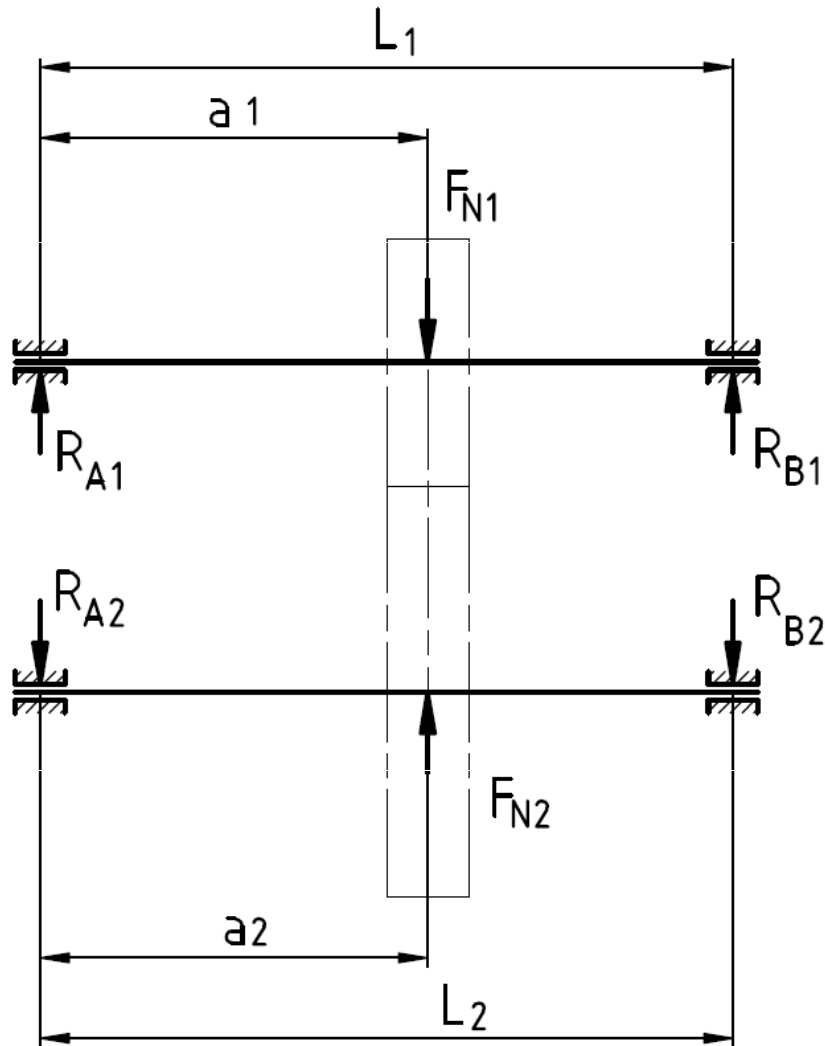
$$F_R = F \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Normálová síla F_N

$$F_N = \frac{F}{\cos \alpha}$$

Síly působící na zuby u čelního soukolí s přímými zuby.

Reakce v ložiskách u čelních kol s přímými zuby



Reakce v ložiskách u čelního soukolí s přímými zuby.

U čelních kol s přímými zuby uvažujeme pro výpočet reakcí v ložiskách zatížení hřídelů normálovou silou.

Hřídele přenáší krouticí moment i ohybový moment. Z toho důvodu je nutný výpočet na kombinované namáhání.

$$R_{A1} = \frac{F_{N1} \cdot (L_1 - a_1)}{L_1}$$

$$R_{B1} = \frac{F_{N1} \cdot a_1}{L_1}$$

$$R_{A2} = \frac{F_{N2} \cdot (L_2 - a_2)}{L_2}$$

$$R_{B2} = \frac{F_{N2} \cdot a_2}{L_2}$$

$$M_{\text{omax1}} = R_{A1} \cdot a_1$$

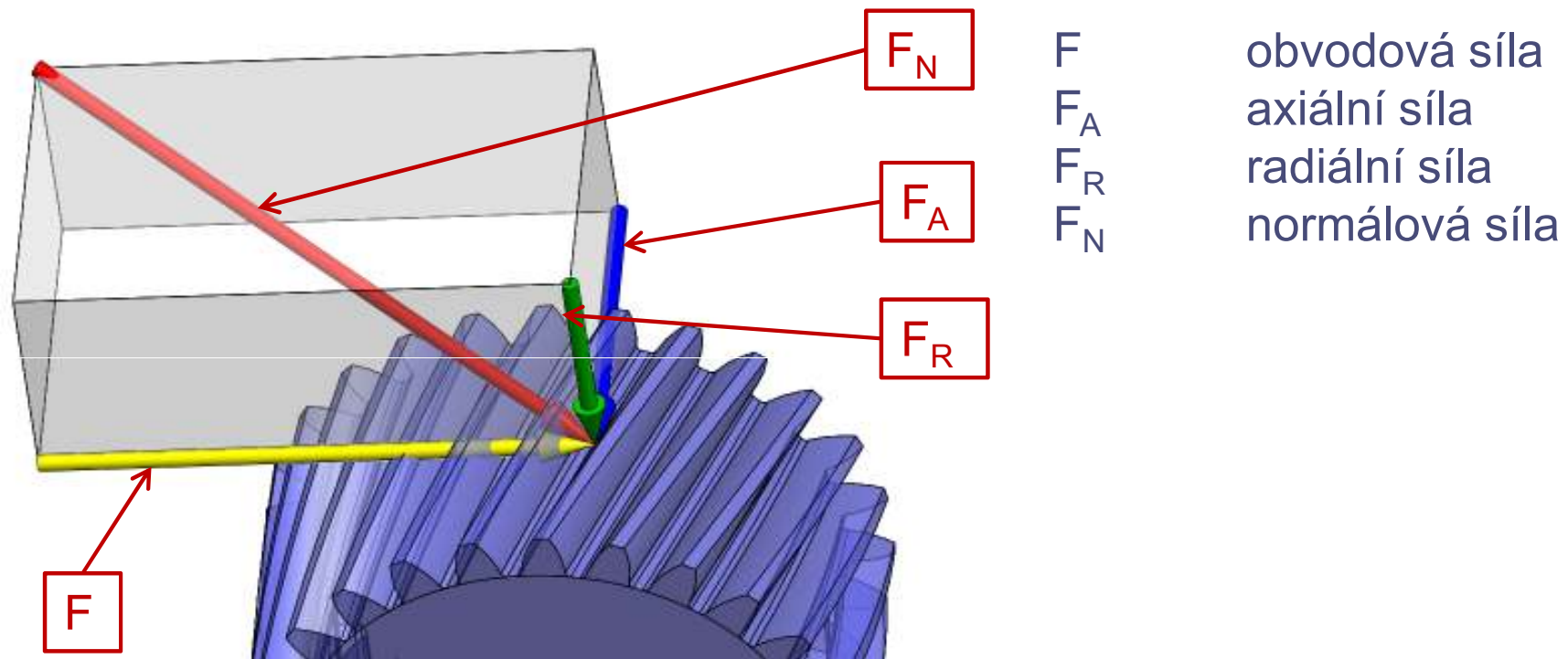
$$M_{\text{omax2}} = R_{A2} \cdot a_2$$

$$M_{K1} = \frac{P}{\omega_1} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n_1}$$

$$M_{K2} = \frac{P}{\omega_2} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n_2}$$

Namáhání čelních kol s šikmými zuby

U čelních kol s šikmými zuby působí obvodová, radiální, axiální a normálová síla. Síly působící na hnané a hnací kolo mají stejnou velikost, ale opačný směr. Uvažujeme, že smysl obvodové síly je takový, že působí do zuby. Smysl axiální síly závisí na smyslu šroubovice a smyslu otáčení působícího krouticího momentu.



Silové poměry u čelního soukolí s šikmými zuby.

Silové poměry u čelních kol s šikmými zuby

Obvodová síla F

$$F = \frac{M_K}{\frac{D}{2}} = \frac{2 \cdot M_K}{D}$$

D

průměr roztečné kružnice

P

přenášený výkon

M_K

kroucí moment

α_n

normálový úhel záběru

α_t

čelní úhel záběru

β

úhel sklonu zubu

Radiální síla F_R

$$F_R = F \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \beta} = F \cdot \operatorname{tg} \alpha_t$$

Axiální síla F_A

$$F_A = F \cdot \operatorname{tg} \beta$$

Normálová síla F_N

$$F_N = \frac{F}{\cos \alpha_n \cdot \cos \beta}$$

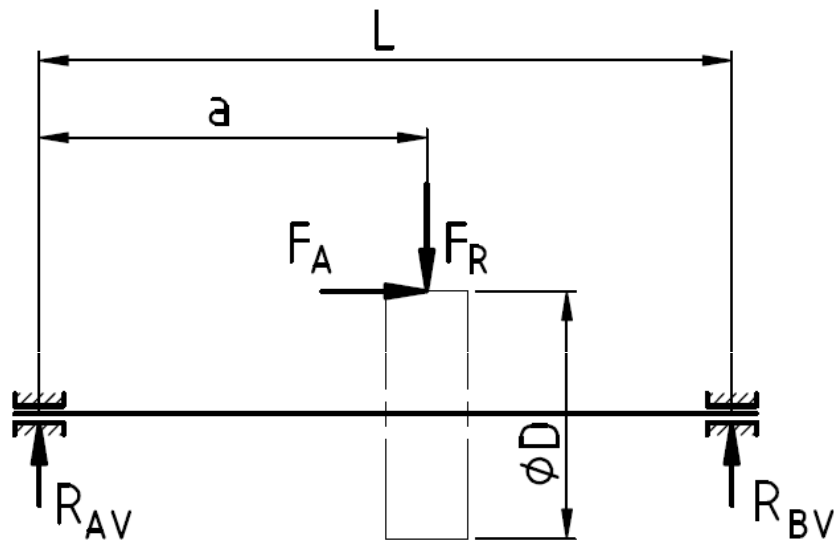
Kroucí moment

$$M_K = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

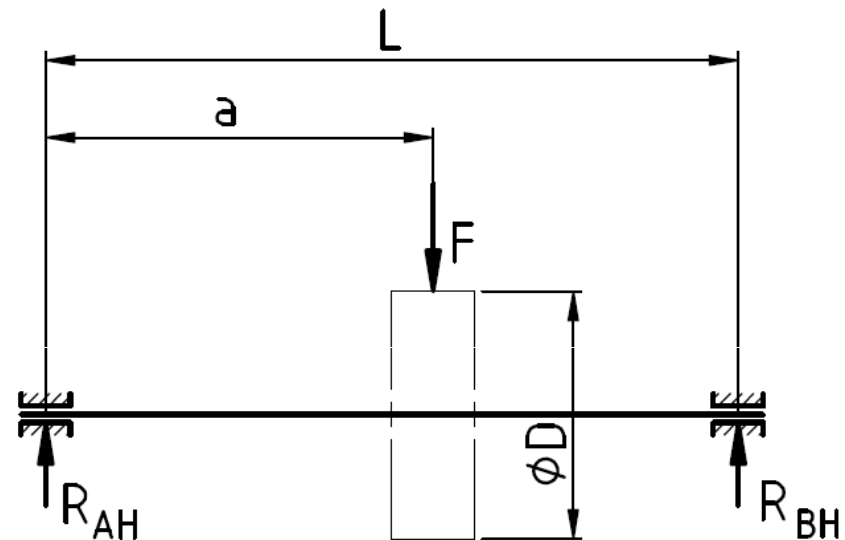
Reakce v ložiskách u čelních kol s šikmými zuby

U čelních kol s šikmými zuby určujeme reakce v ložiskách ve dvou rovinách – horizontální a vertikální. Výsledná reakce v ložisku je potom vektorovým součtem reakcí z obou rovin. Ve vertikální rovině působí radiální a axiální síla, v horizontální rovině působí síla obvodová.

VERTIKÁLNÍ ROVINA



HORIZONTÁLNÍ ROVINA



Reakce v ložiskách u čelního soukolí s šikmými zuby.

Reakce v ložiskách u čelních kol s šikmými zuby

Vertikální rovina:

$$-F_R \cdot a + R_{BV} \cdot L - F_A \cdot \frac{D}{2} = 0$$

$$R_{BV} = \frac{F_R \cdot a + F_A \cdot \frac{D}{2}}{L}$$

$$F_R \cdot (L - a) - R_{AV} \cdot L - F_A \cdot \frac{D}{2} = 0$$

$$R_{AV} = \frac{F_R \cdot (L - a) - F_A \cdot \frac{D}{2}}{L}$$

Horizontální rovina:

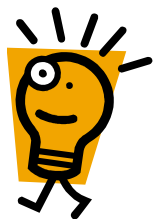
$$-F \cdot a + R_{BH} \cdot L = 0$$

$$R_{BH} = \frac{F \cdot a}{L}$$

$$F \cdot (L - a) - R_{AH} \cdot L = 0$$

$$R_{AH} = \frac{F \cdot (L - a)}{L}$$

Výsledné reakce:



$$R_A = \sqrt{R_{AV}^2 + R_{AH}^2}$$

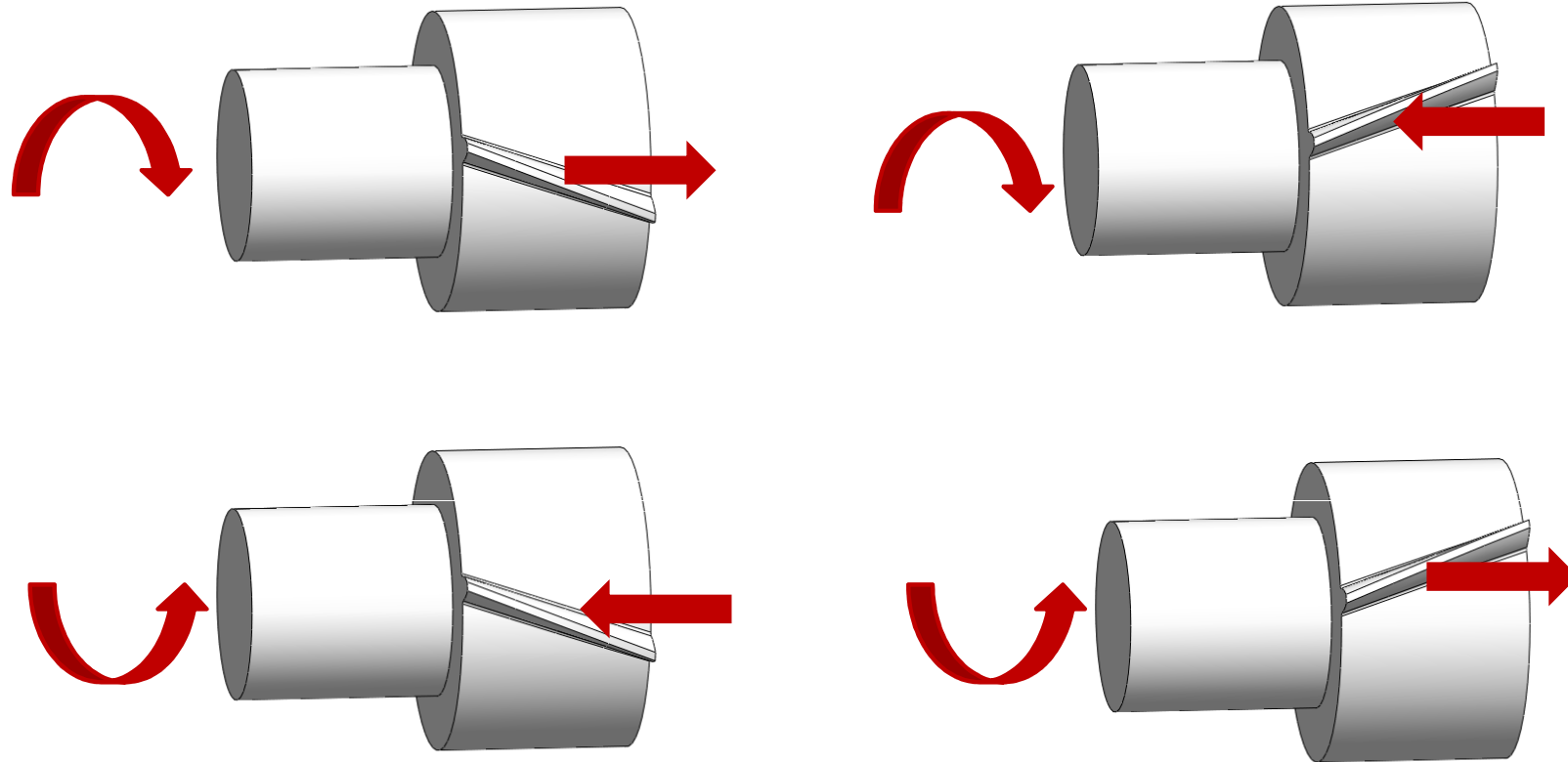
$$R_B = \sqrt{R_{BV}^2 + R_{BH}^2}$$

$$R_{AX} = F_A$$

Zatěžuje pouze to ložisko, které je konstrukcí určeno k zachycení axiální síly.

Stanovení smyslu axiální síly

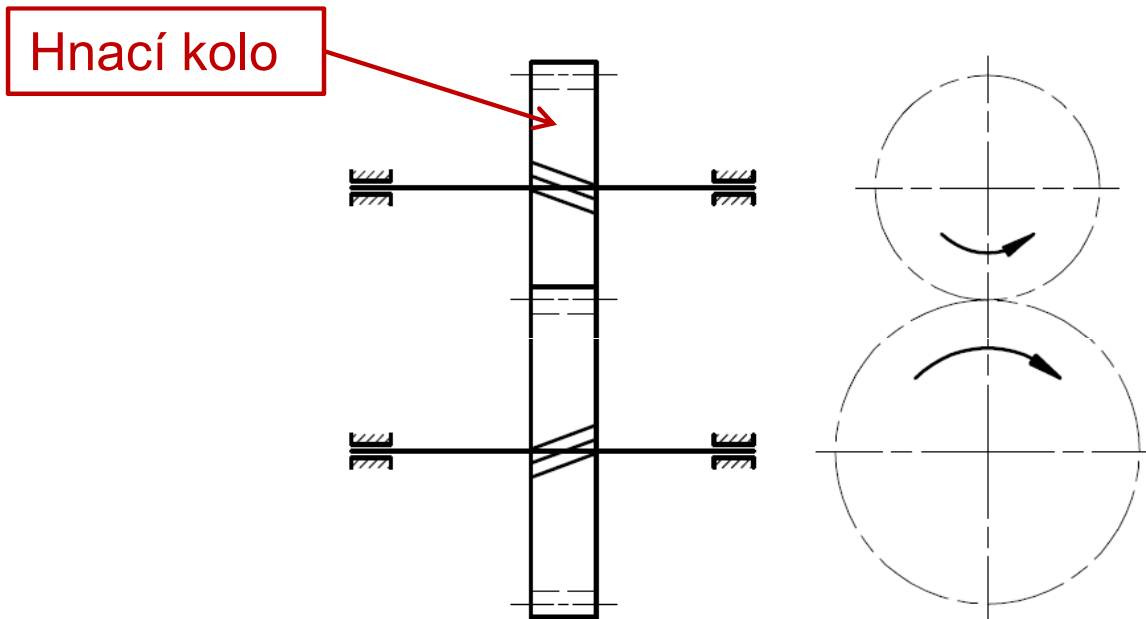
Smysl axiální síly, která namáhá ložiska závisí na smyslu krouticího momentu a na tom, zda šroubovice tvořící ozubení, je pravá nebo levá. Na následujících obrázcích je znázorněn smysl působení axiální síly pro hnací kolo.



Smysl axiální síly.

Kontrolní otázky

- ▶ Vypočítejte reakce v ložiskách hřídele s jedním čelním ozubeným kolem s šikmými zuby. Vzdálenost ložisek je 280 mm, ozubené kolo je od ložiska vzdáleno 130 mm a přenášený výkon je 6 kW. Další zadané hodnoty: $n_1 = 720 \text{ min}^{-1}$, $z_1 = 19$, $m_n = 2 \text{ mm}$, $\beta = 15^\circ$.
- ▶ Jaké síly působí na zuby u čelního soukolí s přímými zuby?
- ▶ Určete smysl působící axiální síly pro soukolí dle obrázku.



Smysl axiální síly.

Použitá literatura

1. KŘÍŽ, Rudolf a kol. *Stavba a provoz strojů II: Převody*. SNTL - Nakladatelství technické literatury. Praha: SNTL, 1978. L13-C2-V-33f/25560.
2. SHIGLEY Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. Vysoké učení technické v Brně. Brno: VUTIAM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
3. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Druhé, zcela přepracované vydání. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-123-9.
4. FISCHER, Ulrich, Roland GOMERINGER, Max HEINZLER, Roland KILGUS, Friedrich NÄHER, Stefan OESTERLE, Heinz PAETZOLD a Andreas STEPHAN. *Tabellenbuch Metall*. 44., neu bearbeitete Auflage. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 2008. ISBN 978-3-8085-1724-6