



Střední průmyslová škola, Tachov, Světce 1

Středoškolská technika 2018

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Wolfram Mathematica, aneb výpočty pomocí počítače

Autoři: František Bareš, Ondřej Bartoš,

Lukáš Kocourek, Pavel Šebesta, Jan Pálek, Zdeněk Sloup

Vedoucí práce:

Ing. Stanislav Jílek



Úvod:

Využití software *Wolfram Mathematica* na SŠ:

Mathematica je jedním z předních světových systémů pro provádění numerických i symbolických výpočtů a vizualizaci dat. Díky velmi snadné manipulaci s grafickými objekty může sloužit jako názorná pomůcka pro výuku nejen matematiky, ale i dalších exaktních a technických předmětů jako např. fyzika, strojírenství, ekonomika, informatika či chemie na všech stupních a typech škol. *Mathematica* je počítačový program široce používaný ve vědeckých, technických a matematických kruzích. Program byl původně vytvořen Stephenem Wolframem a následně vyvíjen týmem matematiků a programátorů, který vytvořil a vede. Je prodáván firmou Wolfram Research se sídlem v Champaign, Illinois, USA. V programu *Mathematica* je použit programovací jazyk Wolfram. Software *Mathematica* je přítomen téměř na všech univerzitách a vysokých školách v České a Slovenské republice (Strojní fakulta v Plzni a v Praze). Studenti proto uplatní získané zkušenosti s používáním software i při dalším studiu a dále v komerční sféře (Parní turbíny – Doosan Škoda Power, Škoda Transportation v Plzni). Software *Mathematica* je prezentován na celostátních konferencích a seminářích s názvem Konference - využití software *Mathematica* na SŠ. Zájemci jsou seznámeni s nejnovějšími poznatky z praxe od pedagogů a studentů ze SŠ a VŠ, kteří již mají s užíváním software bohaté zkušenosti. Z těchto konferencí jsou k dispozici zajímavé přednášky a prezentace.



Fotodokumentace:





Výpočet řemenové převodovky v programu Wolfram Mathematica

Příklad: Převod hřídele okružní pily

Vypočítejte převod okružní stabilní pily (viz. obr.), která je poháněna asynchronním elektromotorem a klínovými řemeny klasického průřezu. Hřídel je uložen ve dvou valivých ložiskách. Pilový kotouč je upevněn pomocí šroubu na jednom konci hřídele a na druhém konci je upevněna pomocí těsného pera klínová řemenice. Hřídel je namáhám míjivým krutem a střídavým ohybem, pila je v provozu dvě směny.

Zadané hodnoty:

Výkon elektromotoru $P = 3 \text{ kW}$, otáčky elektromotoru $n_1 = 2450 \text{ min}^{-1}$, předpokládaná osová vzdálenost $a = 600 \text{ mm}$, pilový kotouč $\varnothing D = 400 \text{ mm}$, otvor v kotouči $\varnothing d_K = 30 \text{ mm}$, průměr hnané řemenice $D_p = 140 \text{ mm}$, délka hřídele $l = 600 \text{ mm}$, řezná rychlost $v = 40 \text{ ms}^{-1}$, součinitel skluzu $\Psi = 0,98$, součinitel vlivu připojení spoje $f_d = 1,2$, součinitel vlivu řemene $f_p = 1,4$, materiál hřídele 11600, $\tau_{DK} = 15 - 45 \text{ MPa}$, $L_h = 10000 \text{ hod}$.



Úkoly:

A. Výpočty:

1. Určete typ klínového řemene.
2. Vypočtete otáčky hnané řemenice a výpočtový průměr hnací řemenice a proveďte zpětný výpočet otáček hnané hřídele.
3. Vypočtete délku řemene a zaokrouhlete na nejbližší normalizovanou délku.
4. Vypočtete konečnou mezi osovou vzdálenost.
5. Vypočtete počet řemenů.
6. Graficky znázorněte rozložení sil na hřídeli a vypracujte momentový obrazec.
7. Vypočtete průměry hřídele v místech uložení pilového kotouče a řemenice.

VYPRACOVÁNÍ:

1. Určete typ klínového řemene.

$$P_j = P \cdot C_p = 3 \text{ kW}, \quad P_j = P \cdot C_p = 3,6 \text{ kW}$$

C_p - součinitel dynamičnosti a pracovního režimu, asynchronní elektromotor, okružní pila je v provozu dvě směny, ST (541): $C_p = 1,2$



$$N[3 \times 1.2]$$

$$3.6$$

Z diagramu v ST(537) určíme řemen A pro $n = 2800 \text{ min}^{-1}$

$$v = 40 \text{ ms}^{-1}; n_2 = \frac{v}{\pi D} = 31,83 \text{ s}^{-1}; \Rightarrow n_2 = 31,83 \text{ s}^{-1} \cdot 60 = 1910 \text{ min}^{-1}$$

$$N\left[\frac{40}{\pi \times 0.4}\right]$$

$$31.831$$

$$N[31.83 \times 60]$$

$$1909.8$$

$$i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = 1,28; i_{1,2} = \Psi \cdot i_{1,2} = 1,25$$

$$N\left[\frac{2450}{1910}\right]$$

$$1.28272$$

$$N[0.98 \times 1.28]$$

$$1.2544$$

$$i_{1,2} = \frac{D_p}{d_p} \Rightarrow d_p = \frac{D_p}{i_{1,2}} = 112 \Rightarrow \text{volíme dle ST (535) } d_p = 112 \text{ mm}$$

$$N\left[\frac{140}{1.25}\right]$$

$$112.$$

Přepočtený převod

$$i_{1,2} = \frac{D_p}{d_p \cdot \Psi} \neq 1,28; \text{skutečné otáčky } n_2 = \frac{n_1}{i_{1,2}} = 1915 \text{ min}^{-1}$$



$$N\left[\frac{140}{112 \times 0.98}\right]$$

1.27551

$$N\left[\frac{2450}{1.28}\right]$$

1914.06

3. Vypočtete délku řemene a zaokrouhlete na nejbližší normalizovanou délku.

Výpočtová délka řemene (L_p), který pracuje na dvou řemenicích. Zaokrouhlí se na nejbližší normalizovanou, pak se stanoví konečná hodnota meziosové vzdálenosti

Úhel opásání řemenem malé řemenice pro $\alpha \geq 110^\circ$

$$\alpha \approx 180^\circ - 57 \frac{D_p - d_p}{a} = 177^\circ; \gamma = \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) = 1,5$$

$$N\left[180 - 57 \times \frac{140 - 112}{600}\right]$$

177.34

$$N\left[90 - \frac{177}{2}\right]$$

1.5

$$L_p = 2a \cdot \sin\left[\frac{\alpha^\circ}{2}\right] + \frac{\pi}{2} \cdot (D_p + d_p) + \frac{\pi \cdot \gamma^\circ}{180^\circ} \cdot (D_p - d_p) = 1651,17 \text{ mm} \Rightarrow L_p = 1800 \text{ z ST1 (str. 540)}$$

$C_L = 1,01$ (ST, 540) součinitel vlivu délky řemene

$$N\left[2 \times 600 \times \sin\left[\frac{177}{2}^\circ\right] + \frac{\pi}{2} \times (140 + 112) + \frac{\pi - 1.5^\circ}{180^\circ} \times (140 - 112)\right]$$

1623.2

4. Skutečná vzdálenost os:

$$a = 0,25[(L_p - W) + \sqrt{(L_p - W)^2 - 8y}] \approx 702 \text{ mm},$$

$$N\left[0.25 \times \left\{ (1800 - 395.8) + \sqrt{(1800 - 395.8)^2 - (8 \times 196)} \right\}\right]$$

{701.96}



$$N \left[\frac{\pi \times 0.140 \times 1915}{60} \right]$$

$$14.0377$$

$$N \left[\frac{\pi \times 0.6 \times 1915}{60} \right]$$

$$61.9522$$

$$F_1 = \frac{P}{v_1} = 214,3 \text{ N} ; F_2 = \frac{P}{v_2} = 48,3 \text{ N}$$

$$N \left[\frac{3000}{14} \right]$$

$$214.286$$

$$N \left[\frac{3000}{62} \right]$$

$$48.3871$$

$$\sum F_y = 0 ; -F_1 + F_A + F_B - F_2 = 0 ; \sum M_{iA} = 0 ; F_1 \cdot 100 + F_B \cdot 400 - F_2 \cdot 500 = 0 ;$$

$$F_B = \frac{F_2 \cdot 500 - F_1 \cdot 100}{400} = 6,8 \text{ N}$$

$$N \left[\frac{48.3 \times 500 - 214.3 \times 100}{400} \right]$$

$$6.8$$

$$F_A = F_1 + F_2 - F_B = 255,8 \text{ N}$$

$$N [214.3 + 48.3 - 6.8]$$

$$255.8$$

$$M_{01} = F_1 \cdot a = 214,3 \cdot 100 = 21430 \text{ Nmm} = M_{0 \max};$$

$$M_{02} = F_2 \cdot a = 48,3 \cdot 100 = 4830 \text{ Nmm}$$

7. Vypočítejte průměry hřídele v místech uložení pilového kotouče a řemenice.



$$P = M_k \cdot \omega; M_k = \frac{P}{\omega} = 15 \text{ Nm} = 15000 \text{ Nmm}$$

$$N \left[\frac{3000 \times 60}{2 \times \pi \times 1915} \right]$$

$$14.9597$$

$$\tau_K = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{DK} \Rightarrow W_k = \frac{M_k}{\tau_{DK}} = 1000 \text{ mm}^3;$$

$$N \left[\frac{15000}{15} \right]$$

$$1000.$$

$$W_k = \frac{\pi}{16} d^3 \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{16 \times W_k}{\pi}} = 17,2 \text{ mm}$$

$$N \left[\sqrt[3]{\frac{16 \times 1000}{\pi}} \right]$$

$$17.2051$$

$d = d' + t = 20,7 \text{ mm}$, minimální \emptyset , volíme normalizovaný konec hřídele $\emptyset d_k = 30 \text{ mm}$

$$N[17.2 + 3.5]$$

$$20.7$$

8. Navrhněte valivé ložisko a proveďte kontrolní výpočet.

Pro $\emptyset d_L = 35 \text{ mm}$ volím typ 6007, $B=14$, $r_{smin} = 1$,

$$L_h = \frac{16666}{n} \left(\frac{C}{F_e} \right)^p = 266000 \text{ hod}, L_h = \frac{16666}{1915} \left(\frac{12200}{430} \right)^3 = 198764 \text{ hod}$$

$$F_e = F_A \cdot f_d \cdot f_p = 430 \text{ N}$$

$L_h = 10000$, základní hodinová trvanlivost, vyhovuje



$$N \left[\frac{16\,666}{1915} \times \left(\frac{12\,200}{430} \right)^3 \right]$$

198 764.

$$N [256 \times 1.2 \times 1.4]$$

430.08

9. Určete délku pera pro upevnění řemenice z podmínky na otláčení.

$$P = M_k \cdot \omega ; M_k = \frac{P}{\omega} = 15 \text{ Nm} = 15000 \text{ Nmm}$$

$$N \left[\frac{3000 \times 60}{2 \times \pi \times 1915} \right]$$

14.9597

$$F = \frac{2M_k}{d} = 1000 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{S} \leq p_D \Rightarrow S = \frac{F}{p_D} ; p_D = \sigma_{Dd} = \frac{0.6 \times \sigma_B}{k} \times C_{II}, p_D = \frac{0.6 \times 600}{2} \times 0.75 = 135 \text{ MPa}$$

$$S = \frac{F}{p_D} = 7,4 \text{ mm}^2 ; l = \frac{S}{t_1} = 2,55 \text{ mm} \Rightarrow \text{volíme dle ST } l = 20 \text{ mm}$$

$$N \left[\frac{5.98}{2.9} \right]$$

2.06207

$$N \left[\frac{2 \times 15\,000}{30} \right]$$

1000.

$$N \left[\frac{0.6 \times 600}{2} \times 0.75 \right]$$

135.

$$N \left[\frac{1000}{135} \right]$$

7.40741



$$N\left[\frac{7.4}{2.9}\right]$$

2.55172

$\tau_s = \frac{F}{S} = 6,25 \text{ MPa}$; $\tau_{Ds} = 0,6$. $\sigma_{Dd} = 81 \text{ MPa}$, zvolené pero na smyk vyhovuje

$$N\left[\frac{1000}{20 \times 8}\right]$$

6.25

$$N[135 \times 0.6]$$

81.

10. Napište označení hnací řemenice a navrhnete její základní rozměry.

TYP VĚNEC ŘEMENICE 112-A-2- ČSN 023180

$d_p = 112 \text{ mm}$; $\alpha = 34^\circ$; $W_p = 11 \text{ mm}$; $b_{\min} = 3,3 \text{ mm}$; $h_{\min} = 8,7 \text{ mm}$;

$e = 15 \pm 0,3$; $f = 10 \pm 0,1$; $R = 1$

11. Provedte pevnostní kontrolu hřídele v nebezpečném průřezu, tj. pod ložiskem řemenice. V tomto průřezu je složení namáhání na ohyb a krut a platí pevnostní rovnice.

$$\sigma_o = \frac{M_{o\text{red}}}{W_o} = \frac{M_{o\text{red}}}{0.1 \times d_L^3} = 5,8 \text{ MPa} \leq \sigma_{Do} = 117 \text{ MPa}$$

$$W_o = 0.1 \times d_L^3$$

$$M_{o\text{red}} = \sqrt{M_o^2 + 0,75 \times (\alpha_B \times M_k)^2} = 25059,8 \text{ Nmm}$$

$$N\left[\sqrt{21\,430^2 + 0,75 \times (1 \times 15\,000)^2}\right]$$

25 059.8

$$N\left[\frac{25\,059.6}{0.1 \times 35^3}\right]$$

5.8448

$$\sigma_{Do} = \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pt}}{k} \cdot C_{III} = 117 \text{ MPa}$$

$$N\left[\frac{0.6 \times 600}{2} \times 0.65\right]$$

117.



Závěr:

Pan Václav Žák, jednatel firmy Elkan, která má u nás exklusivitu pro tento program, nás osobně pozval na mezinárodní konferenci, která se koná v Oxfordu. **Oxfordská univerzita** je jedna z nejstarších na světě a je považována za jednu z nejprestižnějších univerzit.

