

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obr 23-21-8

stroje a zařízení

pro chemický, potravinářský a spotřební průmysl
zaměření

oblaste a polygrafické stroje

Katedra částí strojů a mechanismů

PEVNOSTNÁ KONTROLA VLNITÝCH SKLÁDEKOVICOVÝCH PRUŽÍN POMOCÍ
SAMOČINNÉHO RUČTÁČA

KST-013

Jozef Tvaruška

Vedúci diplomovej práce: Ing. Štěpán Hensel, CSc

VŠST Liberec, KST

Konzultant:

Ing. Jan Tlášer

VŠST Liberec, KTK

Počet stran: 80
Počet tabuliek: 3
Počet príloh: 8
Počet obrázkov: 28
Počet výkresov: 2

DT

12. júna 1981

Vysoká škola: VŠST Liberec

Katedra: části strojů a mech.

Fakulta: strojní

Školní rok: 1980/81

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Josef Tvaruška

obor 23-21-8 Strojní zařízení pro chemický, potravinářský
a spotřební průmysl

Protože jste splnil..... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Pevnostní kontrola vinutých šroubových
pružin pomocí samočinného počítáče

Pokyny pro vypracování:

1. Podrobné studium metod výpočtů rozměrů charakteristik, tuhosti a pevnostní kontroly pružin namáhaných staticky a dynamicky
2. Návrh kritérií pro optimalizaci rozměrů pružin
3. Návrh algoritmu výpočtů pružin
4. Vypracování programu pro samočinný počítač a ověření navržené metody na praktických příkladech
5. Vypracovat ideový návrh výpočtu pružin na spolehlivost a životnost

Autorské právo se řídí směrnici
ČSČK pro státní závěrečné zkoušky č. 1/51
7/71/ČSČK ze dne 1. 12. 1971
17/82 - Směrnice MŠK č. 21 ze
dne 31. 8. 1955 § 19 odn. z. č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC, GINDLHOVA 5
MČ 401 17

Rozsah grafických laboratorních prací: cca 5 A4

Rozsah průvodní zprávy: cca 35 stran

Seznam odborné literatury:

ČSN 42 6450

ČSN 42 6430

Blažek, J.: Pružiny a svazky pružin

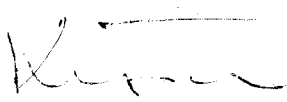
Vedoucí diplomové práce: Ing. Štěpán Beneš, CSc.,

Konsultanti: Ing. Jan Tišer - KTK

Datum zahájení diplomové práce: 1. 9. 1980

Datum odevzdání diplomové práce: 12. 6. 1981




Doc. Ing. Oldřich Krejčíř, CSc.

Vedoucí katedry


Doc. RNDr. Bohuslav Stříž, CSc.

Děkan

v Liberci dne 12. září 1980

P r e h l á s e n i e .

Miestoprišažne prehlasujem, že som diplomovú prácu
vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúri.

v Liberci 12. júna 1981

František Josef

podpis

OBSAH

	Zoznam použitých skratiek a symbolov	7.
1.	Úvod	10.
2.	Návrh výpočtu vinutých válcových skrutkovicových pružín s kruhovým prierezom drôtu na samočinnom počítači	12.
2.1	Základné vzťahy pre určenie jednotlivých parametrov - tlačných a ťahových pružín	12.
2.1.1	Reszor zaťaženia pružiny	12.
2.1.2	Tuhosť pružiny	13.
2.1.3	Využitie objemu hmoty pružiny	14.
2.2	Pevnostná kontrola	15.
2.2.1	Deformačné maximálne napätie v krato	16.
2.2.2	Predpätie pružiny F_0	17.
2.3	Dimenzované charakteristiky pružiny	18.
2.3.1	Počet činných závitov	18.
2.3.2	Stredný priemer pružiny	18.
2.3.3	Volná dĺžka pružiny	18.
2.3.4	Rozstup činných závitov	21.
2.4	Reszor dynamického namáhania	22.
2.4.1	Pevnostný výpočet pružiny namáhanej na únavu	25.
2.4.2	Výpočet bezpečnosti pri premenlivých napätiach	26.
	- oblasť práce pružiny	27.
	- určenie súčiniteľa bezpečnosti zo Smithovho diagramu, Haigov diagram	28.
	- výpočet pevnosti pri omezenej životnosti	32.
2.5	Optimalizácia rozmerov pružín	35.
2.5.1	Výpočet pružiny s ohľadom na optimálne využitie materiálu	35.
2.5.2	Vlastné kmitanie pružín	37.

2.5.3	Kontrola pružín na vzper	38.
2.5.4	Optimálny návrh paralelne radeňých válcových skrutkovicových pružín	39.
2.6	Zostavenie programu pre číslicový počítač	43.
2.6.1	Popis algoritmu	43.
2.6.2	Význam použitých parametrov	44.
2.6.3	Zadávanie vstupných dát do programu	45.
2.6.4	Vývojový diagram	48.
2.6.5	Overenie výpočtu na príkladoch	52.
2.7	Výpočet válcových skrutkovicových pružín namáha- ných na ohyb	53.
	- skrutné pružiny	
2.7.1	Základné vzťahy pre výpočet skrutných pružín ...	53.
2.7.2	Pevnostná kontrola	55.
2.7.3	Dynamické namáhanie skrutných pružín.....	55.
2.7.4	Program pre číslicový počítač.....	58.
	- popis algoritmu	58.
	- zadávanie vstupných dát do programu.....	59.
	- vypočítané príklady	60.
3.	Návrh výpočtu válcových skrutkovicových pružín so štvorhranným prierezom drôtu.....	63.
3.1	Ťažné a tlačné pružiny	63.
3.1.1	Výpočet rozmerových charakteristík.....	63.
3.1.2	Vlastné kmitanie pružiny so štvorhranným prie- rezom drôtu	65.
3.1.3	Bezpečnosť na vzper	65.
3.2	Skrutné pružiny	66.
3.2.1	Rozmerové charakteristiky skrutných pružín ...	66.
3.2.2	Pevnostná kontrola	67.
4.	Životnosť a spoľahlivosť pružín.....	68.

5. Závěr72.
Literatúra75.
Prílohy.....77.

Zoznam použitých skratiek a symbolov

- A - preháňacia práca osvojých posúvajúcich síl /J/
 b - bezpečnosť
 b - kratšia strana obdĺžnikového prierezu /mm/
 c - tuhosť pružiny /N/m/
 D - stredný priemer pružiny /mm/
 D₁ - vonkajší priemer pružiny /mm/
 D₂ - vnútorný priemer pružiny /mm/
 E - modul pružnosti v tahu /MPa/
 f_v - vlastný kmitočet pružiny /Hz/
 F - sila vyvinutá pružinou obečne /N/
 F₀ - predpätie tlačnej pružiny /N/
 F₁ - sila vyvinutá pružinou v predpruženom stave /N/
 F₈ - sila vyvinutá pružinou v plne sataženom stave /N/
 F₉ - sila vyvinutá pružinou v medznom stave /N/
 G - modul pružnosti v šmyku /MPa/
 h - pracovný závit pružiny /mm/
 h - dlhšia strana obdĺžnikového prierezu /mm/
 i - priemer vinutia
 K - Wahllov kerakčný súčiniteľ
 F_{vzp} - kritické sataženie pružiny pri vybočení /N/
 L - rozvinutá dĺžka pružiny /mm/
 L_v - hĺbka nerovnosti povrchu /mm/
 l₀ - volná dĺžka pružiny /mm/
 l₈ - dĺžka pružiny v plne sataženom stave /mm/
 l₁ - dĺžka pružiny v predpruženom stave /mm/
 l₉ - medzná dĺžka pružiny /mm/
 l_{9max} - horný medzný rozmer dĺžky tlačenej pružiny v medznom stave /mm/
 l_{9min} - dolný medzný rozmer dĺžky tlačenej pružiny /mm/

- l_z - dĺžka časti tvorená a ťažnej pružiny vo volnom stave /mm/
 n - exponent Wöhlerovej krivky
 m_p - hustota pružiny /kg/
 J_p - polárny moment setrvačnosti plecky prierezu /m⁴/
 M_{kl} - krútiaci moment vyvinutý pružinou v predpruženom stave /N.m/
 M_{k2} - krútiaci moment vyvinutý pružinou v plne sataženom stave /N.m/
 n - počet činných závitov
 n_z - počet závesných závitov
 N_c - životnosť, počet cyklov pružiny do lomu
 o - výška závesného oka /mm/
 r - súčiniteľ asymetrie cyklu
 s - pomer strán obdĺžnikového prierezu
 t - rozstup činných závitov vo volnom stave /mm/
 U - vnútorná deformačná energia pružiny /J/
 $v_k(v_0)$ - súčiniteľ veľkosti povrcha v striedavom krúte (ohyb)
 $w_k(w_0)$ - prierezový modul v krúte (ohyb) /m³/
 y - deformácia pružiny obecné /mm/
 y_1 - deformácia pružiny v predpruženom stave /mm/
 y_2 - deformácia pružiny v plne sataženom stave /mm/
 y_3 - deformácia pružiny v medznom stave /mm/
 α - uhol stúpania skrutkovice
 $\beta_k(\beta_0)$ - vonškový činiteľ pre striedavý krút (ohyb)
 \int - súčiniteľ optimálneho využitia materiálu
 γ_A - využitie objemu hmoty pružiny
 ρ - normálna hustota materiálu /kg/m³/
 ω - uhlová rýchlosť /rad/s/

φ -	pracovný uhol skrutkovej pružiny
σ_{pt} -	medza pevnosti v tahu /MPa/
τ_s -	napätie materiálu namáhaného ťahovou silou /MPa/
τ_k -	napätie materiálu namáhaného M_k /MPa/
τ_0 -	predpätie ťažnej pružiny /MPa/
$\tau(\sigma)$ -	napätie materiálu v krúte (ohybe) /MPa/
τ_1 -	napätie materiálu v krúte v predpružnom stave pružiny /MPa/
τ_8 -	napätie materiálu v krúte v plne zataženom stave pružiny /MPa/
$\tau_{DN}(\sigma_{ODM})$ -	dozvoľené medzné napätie v krúte (ohybe) /MPa/
$\tau_k(\sigma_{ko})$ -	medza kľsu v krúte (ohybe) /MPa/
$\tau_a(\sigma_{ao})$ -	medza únavy v striedavom krúte (ohybe) /MPa/
$\tau_h(\sigma_h)$ -	horné napätie cyklu /MPa/
$\tau_n(\sigma_n)$ -	dolné napätie cyklu /MPa/
$\tau_a(\sigma_a)$ -	amplitúda napätia /MPa/
$\tau_H(\sigma_H)$ -	horné medzné napätie cyklu /MPa/
$\tau_A(\sigma_A)$ -	medzná amplitúda napätia /MPa/
$\tau_M(\sigma_M)$ -	medzné stredné napätie cyklu /MPa/

1. ÚVOD

V odvetví strojárenskej výroby, ktorá je jedným zo základných pilierov československej ekonomiky, sú používané pružiny dôležitou súčasťou strojov a zariadení.

Ak zamriame svoju pozornosť len na časť strojárenskej výroby, obor polygrafického priemyslu, môžeme konštatovať, že pružiny patria medzi podstatné súčiastky, ktoré sa používajú pri činnosti tiskových strojov.

Z celého sortimentu pružín sú najpoužívanéjšie ťažné, tlačné a skrtné skrutkovicové válcové pružiny s kruhovým prierezom drôtu. Pomerne menej sa už používajú pružiny so štvorhranným prierezom drôtu.

Doterajší spôsob výpočtu a ich konštrukcia, podľa ČSN 02 6001 a máuky o pružnosti, predpokladali určité skúsenosti a prax samotného konštruktéra. Pritom konštruktér pri navrhovaní pružín je postavený pred problém, navrhnúť také parametre pružiny, ktoré by prenášali bez havarijných situácií požadované zaťaženie, a tak splňovali danú jej charakteristiku.

Pri tomto návrhu býva však obmedzený napr: priemerom pracovnej dutiny pre uloženie pružiny, alebo priemerom vodivého trňa a v neposlednom rade aj jej dĺžkou. Za takýchto podmienok sa výpočet opakuje niekoľkokrát, kým sa dosiahnu žiadané a prípustné hodnoty rozmerových charakteristik pružiny.

V súčasnej dobe, v podmienkách búrlivého rozvoja vedecko-technickej revolúcie a po XVI. sjazdu KSČ, kde boli vytýčené hlavné smery rozvoja československého strojárstva pre celé obdobie siedmej päťročnice, sa veľký dôraz kladie na efektívnosť a racionalizáciu výrobného procesu.

Hlavné úlohu pri zaistovaní týchto potrieb má samočinná výpočtová technika, ktorá zasahuje do všetkých oblastí nášho života. Preto aj návrh a výpočet pružín pomocou samočinného počítača má efektívnejšie nielen prácu samotného konštruktéra, ale aj jeho výsledky práce.

Pre vlastný výpočet je možné použiť značného množstva rôznych variant programov. Jeden z nich sa stal predmetom zadania diplomového úkolu.

Potrebné podklady pre vypracovanie algoritmu a napísanie samotného programu v programovacom jazyku sú čerpané z dostupnej literatúry. Napísaný je v programovacom jazyku Fortran, ktorý sa najviac priblihuje reči inžinierske-technickým pracovníkom a ich spôsobu zápisu a vyjadrovania riešených problémov. Aplikovaný je na samočinnom počítači EC 1033, ktorý je najpoužívanejším typom počítača u nás.

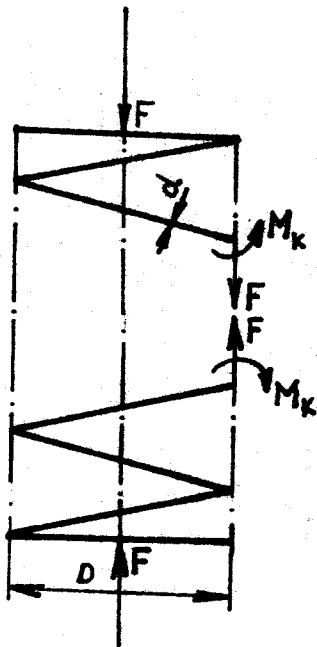
Značnou výhodou tohto výpočtu je jeho rýchlosť, čo umožňuje prevádzať výpočet na rôznych podmienok pracovného prostredia a premenlivosti zaťaženia. Tým sa znižuje čas práce konštruktéra pri tomto návrhu.

2. NÁVRH VÝPOČTU VINUTÝCH VÁLCOVÝCH SKRUTKOVÝCH PRUŽÍN S KRUHOVÝM PRIEREZOM DRÓTU NA SAMOČINNOM POČÍTAČI

2.1 Základné vzťahy pre určenie jednotlivých parametrov ťažných a tlačných pružín

2.1.1 Rozber sataženia pružiny

Pri rozbere sataženia pružiny s kruhovým prierezom drótu budeme predpokladať, že pružina je husto vinutá a deformácie sú malé, takže stúpanie skrutkovice d , ktoré je tvorené závitmi pružiny, je možné zanedbať.



Obr.1

Namáhanie pružiny vyšetrujeme metódou mysleného rezu. Rovinu rezu vedieme osou pružiny. Účinky v oddelenej časti, pre zavedenie rovnováhy, nahradzujeme posúvajúcou silou F a momentom $M_k = F \cdot D/2$ obr.1. Vplyvom sily F vzniká ťah s priemernou veľkosťou tečného napätia.

$$\tau_s = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \quad (1)$$

Účinkom momentu M_k , ktorý pôsobí tiež v rovine rezu, vzniká krut s maximálnym tečným napätím

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{8F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \quad (2)$$

kde D je stredný priemer pružiny a d je priemer drótu.

Porovnaním oboch vzťahov dostávame

$$\frac{\tau_k}{\tau_s} = 2 \frac{D}{d} \quad (3)$$

pričom $\frac{D}{d} \gg 1$. Hodnota D/d sa pohybuje v intervale $\langle 4; 16 \rangle$ a ak je pružina vinutá z tenkého drôtu, môžeme zanedbať τ_s .

2.1.2 Tuhosť pružiny

Aby sme mohli posúdiť vlastnosti pružiny, musíme poznať jej charakteristiku, t.j. poznať závislosť ako sa mení deformácia pružiny vplyvom vonkajšieho sataženia.

Pri stanovovaní charakteristiky pružiny vychádzame z vnútornej deformačnej energie U , ktorá je vyvolávaná M_k , pričom zanedbávame vnútornú deformačnú energiu od posúvajúcej sily F . Podľa zákony o pružnosti je energia napätosti kriadoľa namáhaného M_k

$$U = \int_0^l \frac{M_k^2}{2G \cdot J_p} \cdot ds \quad (4)$$

Pre pružinu bude teda platiť

$$U = \int_0^{\pi \cdot D \cdot n} \frac{M_k^2 \cdot D^2}{8G \cdot J_p} \cdot ds = \frac{\pi \cdot F^2 \cdot D^3 \cdot n}{8 \cdot G \cdot J_p} \quad (5)$$

Pri deformácii pružiny konajú nové sily F prácu

$$A = \frac{1}{2} F \cdot y \quad (6)$$

kde y je deformácia pružiny. Energia napätosti je rovna deformačnej práci a teda porovnaním vzťahov (5) a (6) dostaneme

$$F = \frac{4 \cdot G \cdot J_p}{\pi \cdot D^3 \cdot n} \cdot y \quad (7)$$

pričom n je počet čísných závitov, G modul pružnosti v šmyku a J_p je polárny moment zotrvačnosti prierezu drôtu k jeho ose.

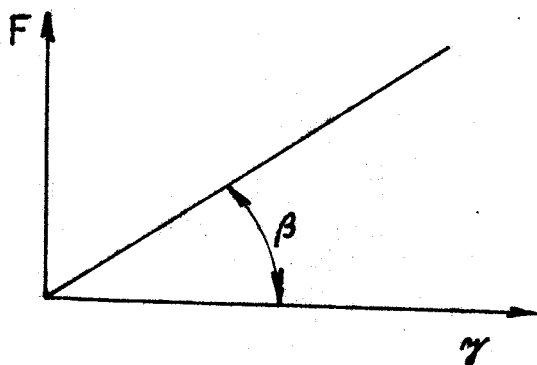
Pre drôt kruhového prierezu je $J_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$ a potom po dosadení do vzťahu (7) dostávame

$$F = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n} \cdot y. \quad (7a)$$

Rovnica (7.a) vyjadruje priamu úmernosť medzi silou a deformáciou pružiny podľa Hookeovho zákona $F = C \cdot y$. Konštanta úmernosti.

$$c = \frac{G \cdot D^4}{8 \cdot D^3 \cdot n} \quad (8)$$

sa nazývajú tuhosťou pružiny a je závislá na použiteľnom materiále pružiny a jej rozmerových charakteristikách. Tuhosťou pružiny teda nazývame takú silu, ktorá spôsobí deformáciu $y = 1$. Niekedy sa v literatúre uvádza aj tzv. normálne pruženie $c_1 = \frac{1}{c}$, čo je vlastne deformácia jedného závitú silou o veľkosti 1. Ak si $F = c \cdot y$ znázorníme graficky obr. 2 vidíme, že $c = \operatorname{tg} \beta$ čo je vlastne smernica priamky prechádzajúca počiatkom súradnicového systému F, y .



Rozmer tuhosti pružiny c je podľa /1/ N/mm a teda do vzťahu (8) dosadzujeme modul pružnosti v šmyku G v MPa a rozmerové charakteristiky pružiny v mm.

Obr.2

2.1.3 Využitie objemu hmoty pružiny

Ak si do vzťahu (4) dosadíme za M_k z rovnice (2) a prevedieme integráciou dostaneme

$$U = \frac{1}{2} \cdot \frac{G \cdot W^2}{G \cdot J_p} \quad (9)$$

V našom prípade je vnútorná deformačná energia pružiny rovná pretvarnej práci osových síl a potom

$$A = \frac{1}{2} \cdot \frac{\tau^2 \cdot W_k^2}{G \cdot J_p} \quad (10)$$

Pretože vo výraze $\frac{1}{2} \cdot \frac{W_k^2}{J_p}$ je vlastný objem hmoty pružiny $V = S \cdot l$, pričom S je plocha prierezu drôtu a $l = \pi \cdot D \cdot n$ je jeho dĺžka a ak označíme využitie objemu hmoty pružiny ζ_A , potom pretváranú prácu osových síl môžeme vyjadriť vzťahom

$$A = \zeta_A \cdot \frac{1}{2} \cdot \tau^2 \quad (11)$$

Porovnaním vzťahov (10) a (11) uvidíme, že

$$\zeta_A \cdot S \cdot l = \frac{1}{2} \cdot \frac{W_k^2}{J_p}$$

Úpravou tohto výrazu dostávame vzťah pre výpočet objemu hmoty pružiny pre rôzny prierez drôtu.

$$A = \frac{W_k^2}{2 \cdot J_p \cdot S} \quad (12)$$

Pre kruhový prierez obr.1 a priemeru drôtu d je prierezo-
vý modul v krute $W_k = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$ polárny moment zotrvačnosti
 $J_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$ a plocha prierezu drôtu $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$. Dosadením
týchto veličín do vzťahu (12) dostaneme $\zeta_A = \frac{1}{4}$. Z toho
vyplýva, že stupeň využitia objemu hmoty materiálu kruho-
vého prierezu u válcových pružín je $\zeta_A = \frac{1}{4}$.

2.2 Pevnostná kontrola

Z rozberu zataženia pružiny vieme, že prierez drô-
tu válcovej skrutkovicovej pružiny je namáhaný posúvajú-
cou silou F , ktorá vyvoláva ťahové tečné napätie dané
vzťahom (1) a momentom M_k , ktorý vyvoláva tečné napätie
vzťahom (2). Napätie nie je po celom priereze drôtu rov-
naké, ale vplyvom zakrivenia sávitú je na vnútornom vlákne

drôtu väčšie. Maximálne napätie je potom rovné

$$\tau_{\max} = \tau_s + \tau_k. \quad (13)$$

Ak si do tohto vzťahu dosadíme vzťahy (1) a (2), zavedieme pomer vinutia pružiny $i = \frac{D}{d}$ a prevedieme úpravu, potom

$$\tau_{\max} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \left(\frac{2i+1}{2i} \right). \quad (14)$$

Výraz $k = \frac{2i+1}{2i}$ je Wahllov korekčný súčiniteľ, ktorý berie v úvahu zakrivenie závitu. Podľa /1/ sa Wahllov korekčný súčiniteľ počíta so vzťahom

$$k = \frac{1+0,25}{1-i}. \quad (15)$$

Pre prax je však plno postačujúci výraz

$$k = 1 + \frac{1,5}{i}. \quad (15a)$$

Je to vlastne pomer najväčšieho ťahového napätia na obvode zakriveného drôtu namáhaného M_k a posúvajúcou silou F , k najväčšiemu napätiu priamoho drôtu namáhaného ťahom M_k , potom

$$\tau = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot k. \quad (16)$$

2.2.1 Devolené medzné napätie v krute

Pre výpočet s matným súčiniteľom bezpečnosti je treba, aby napätie so vzťahu (16) bolo menšie než je devolené medzné napätie. Platí teda

$$\tau_{DM} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot k. \quad (17)$$

pričom sila F odpovedá silu, ktorá vyvinie pružina v plno sataženom stave. Devolené medzné napätie τ_{DM} je závislé na priemere drôtu, materiálu pružiny a type jej namáhania. Podľa /1/ sa pri výpočte a konstrukcii pružín rozlišujú tieto typy namáhania:

a/ kludne namáhané, t.j. sataženie statické, alebo s premenou, občasnou zmenou sataženia a s požiadavkou životnosti menej než 10^5 pracovných zdvihov $N_0 < 10^5$.

Devalované medzné napätie pri tomto type namáhania sa počíta podľa /1/

$$\tau_{DM} = (0,45 - 0,6) \cdot \sigma_{pt} \quad (18)$$

ktorú hodnotu z toho intervalu pre výpočet použijeme, je závislá na druhu použitého pružinového materiálu.

b/ cyklicky namáhané t.j. $N_0 \geq 10^5$

Pružiny namáhané cyklicky sa ďalej delia na pružiny:

1. s obmedzenou životnosťou, t.j. s požiadavkou životnosti menšou než je 10^7 pracovných zdvihov $10^5 \leq N_0 < 10^7$.

2. s neobmedzenou životnosťou, t.j. s požiadavkou životnosti od 10^7 pracovných zdvihov $N_0 \geq 10^7$.

O výpočte τ_{DM} u cyklicky namáhaných pružín sa pojednáva v kapitole 4.

2.2.2 Predpätie pružia F_0

Ťažné pružiny, ktoré sa vyrábajú z drôtov spevneného ťahaním alebo sušlachtením sa podľa /1/ vyrábajú zásadne s predpätím F_0 a teda s činnými závitmi k sebe priliehajúcimi.

Predpätie F_0 ťažných pružia z ťahaného patentovaného drôtu z uhľikovej ocele, zo sušlachteného drôtu a z drôtu spevneného ťahaním z chromniklovej korozi odpornej austenitickej ocele, z cínového bronzu a mosadze sa počíta podľa vztahu

$$F_0 = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \tau_0}{8 \cdot D \cdot k}$$

kde $\tau_0 = \frac{300}{1} + 30$ /MPa/. (19)

Ak však táhna pružina z týchto materiálov nemá mať z technických dôvodov predpätie, musí sa skonštruovať s veľkou medzi činnými závitmi a to obyčajne tak, že rozstup činných závitov je v intervale $(0,3; 0,4) \cdot D$.

2.3. Rozmerové charakteristiky pružiny

Medzi základné rozmerové charakteristiky pružiny

- patrí:
- d - priemer drôtu
 - D - stredný priemer pružiny
 - t - rozstup činných závitov
 - n - počet činných závitov
 - l_0 - voľná dĺžka pružiny

2.3.1 Počet činných závitov

Tento vzťah sa dá ľahko vyjadriť pre ťažné a tlačné pružiny s kruhovým prierezom drôtu zo vzťahu (8).

$$n = \frac{Gd^4}{8F \cdot D^3}$$

(20)

2.3.2 Stredný priemer pružiny

Stredný priemer pružiny môžeme určiť

$$D = D_1 - d \quad \text{alebo} \quad D = D_2 + d$$

kde D_1 - je vonkajší priemer a D_2 - vnútorný priemer pružiny. Spravidla bývajú tieto priemery obmedzené. Dané bývajú konštrukciou požadovaného systému.

2.3.3 Voľná dĺžka pružiny

Voľná dĺžka pružiny je taká dĺžka, ktorá odpovedá nezataženému stavu pružiny.

Tlačná pružina, obr.3.

$$Z \text{ obrázka je vidieť, že } l_0 = l_3 + \delta_3 \quad (21)$$

kde l_3 je dĺžka pružiny v medznom stave, kedy závity na seba dosedajú a platí

$$l_3 = (n+1) \cdot z_0 \quad (22)$$

príčom n_0 je počet závitov, ktorý odpovedá úhrnej dĺžke ob-
 robených svorných plôch. A y_0 je deformácia (stlačenie)
 pružiny pri medznom zatažení a môžeme ju vypočítať

$$y_0 = \frac{F_0}{c} \quad (23)$$

Medznú zatažujúcu silu počítame podľa vzťahu (2) a po jeho
 úprave

$$F_0 = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \tau_{DN}}{8 \cdot D \cdot K}$$

Niekedy požadujeme, aby pružina pri zvolenom napätí v krute
 τ_0 mala odpovedajúcu dĺžku l_0 . Potom pre výpočet voľnej dĺž-
 ky l_0 vychádzame z prac. diagramu pružiny. Z podobnosti
 trojuholníka platí

$$\frac{F_0}{l_0 - l_0} = \frac{F_0 - F_1}{k}$$

a po úprave

$$l_0 = \frac{F_0(l_0 + k) - F_1 \cdot l_0}{F_0 - F_1} \quad (24)$$

Ak nedosahuje zvolené napätie v krute v plne zataženom
 stave τ_0 hodnota dovoleného medzného napätia v krute τ_{DN}
 nesmie byť pružina stlačená na dĺžku, ani pri skúške alebo
 montáži, menšia než je dĺžka l_{min} určená vzťahom

$$l_{min} = l_0 - y_0 \cdot \frac{\tau_{DN}}{\tau_0} \quad (25)$$

ktorý sa po krátkej úvahe dá získať z obrázka č. 3, potom
 musí platiť že: $l_{min} \leq l_0$

Ťažná pružina obr. 4.

Pri výpočte voľnej dĺžky pružiny budeme vychádzať
 z ťažnej pružiny s predpätím, s činnými závitmi k sebe pri-
 liehajúcimi.

Podľa obrázka platí

$$l_0 = l_z + 2e \quad \text{kde} \quad (26)$$

$$l_z = 1,03(n+1) \cdot d \quad (27)$$

e je výška závesného oka. Rozmery tohto oka sú uvedené v /1/. V prípade, že sme obmedzný dĺžkov pružiny l_8 , môžeme voľnú dĺžku vypočítať pomocou rovnakej úvahy, ako pri výpočte voľnej dĺžky tlačnej pružiny, potom

$$l_0 = l_8 - \frac{h(F_8 + F_0)}{F_8 - F_1} \quad (28)$$

Ak je pružina vyrobená bez predpätia a tedy závity k sebe nepriliehajú tesne, potom sa dĺžka l_z určí

$$l_z = n \cdot t + d$$

kde t je rozstup činných závitov.

Ak nám zvolené napätie τ_8 nedosahuje hodnotu τ_{DM} , potom ani pružina nesmie byť roztiahnutá viac, ako je dĺžka určená vzťahom

$$l_{\max} = l_0 + y_8 \frac{\tau_{DM} - \tau_0}{\tau_8 - \tau_0} \quad (29)$$

U ťažných pružín bez predpätia je

$$l_{\max} = l_0 + y_8 \frac{\tau_{DM}}{\tau_8} \quad (29.a)$$

V tomto prípade pre dĺžku l_9 medznom stave l_9 platí:

$$l_9 \leq l_{\max}$$

2.3.4 Rozstup činných závitov

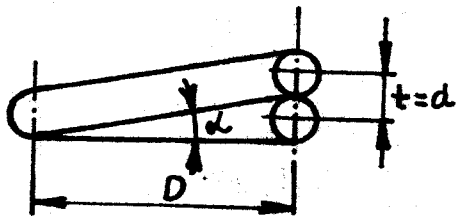
Pri výpočte rozstupu závitov vo voľnom stave vychádzame z obrázka č.3. Pre tlačnú pružinu platí

$$t = v + d = \frac{y_8}{n} + d \quad (30)$$

Veľa v je medzi činnými závitmi vo voľnom stave. Obvykle t je z intervalu $(0,3 \div 0,6) \cdot D$.

Ťažná pružina s predpätím má závit k sebe priliehajúce a teda $t=d$. U ťažnej pružiny bez predpätia sa rozmery obvykle v intervale $t = (0,3-0,4) \cdot D$

Ak poznáme uhol stúpania skrutkovice d , môžeme rozstup spočítať zo vzťahu $t = \pi \cdot D \cdot \operatorname{tg} d$, ako je zrejme z obrázku. Mi-



nimálny uhol stúpania je daný vtedy keď závit dosedajú na seba. Potom teda $d_{\min} = \operatorname{arctg} \frac{d}{\pi \cdot D}$.

Obr.5

2.4 Režim dynamického namáhania pružiny

Ak je životnosť pružiny väčšia ako 10^5 cyklov, prevádza sa kontrola pevnosti na únavu.

Medza únavy súčiasťky s vrubom, ktorá je namáhaná striedavým krutom sa vypočíta podľa vzťahu

$$\tau_o^* = \tau_o \cdot \frac{\beta_k \cdot v_k}{\beta_k} \quad (31)$$

τ_o^* - medza únavy tyče s vrubom

τ_o - medza únavy hladkej, leštenej tyče s priemerom $\phi d = 10 \text{ mm}$

v_k - súčiniteľ veľkosti povrchu pre striedavý krut

β_k - súčiniteľ akosti povrchu pre striedavý krut

β_k - vrubový činiteľ

Súčiniteľ akosti povrchu pre striedavý krut sa obvykle po-

číta zo vzťahu $\beta_k = 0,5(1 + \gamma)$,

kde γ je súčiniteľ akosti povrchu hladkej tyče namáhanéj ťahom - tlakom alebo ohybom.

Vzťah pre výpočet γ je uvedený v /12/

$$\gamma = \frac{k''}{2\lambda \sqrt{L_v} - k' \cdot \sqrt{L_v} \cdot \frac{1}{6pt}} \quad (32)$$