

Vysoká škola strojná a textilná v Liberci
nositeľka Radu práce

Fakulta textilná
Obor 31-12-8

Technológia textilu a odievania

zameranie
textilné materiály a pradenie

Katedra pradiarstva a ekonomiky

MERANIE VNÚTORNÝCH TLAKOV V KONCOVOM NÁVINE

KPE PR - 110

Libuša I b e h e j o v á

Vedúci diplomovej práce: s. Doc., Ing. Peter Ursíny, CSc.
VŠST Liberec

Konzultant : s. Doc. Ing. Peter Ursíny, CSc.
VŠST Liberec

Rozsah prác a príloh:

Počet strán : 82

Počet príloh : 5

Počet tabuliek: 22

Počet obrázkov: 24

Liberec, máj 1985

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci Fakulta: textilní
Katedra: přádelnictví a ekonomiky Školní rok: 1984/85

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Libuši I b e h e j o v o u
obor 31-12-8 technologie textilu a oděvnictví

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Měření vnitřních tlaků v koncovém návínu

Zásady pro vypracování:

- 1) Prostudujte teorii vnitřních tlaků v návínech s křížovým vinutím.
- 2) Na výběru cívek ze stroje BD 200 proveďte zkušební měření vnitřního radiálního tlaku na vymezené vrstvě návínu.
- 3) Proveďte měření pevnosti a tažnosti příze z vrstvy, kde bylo provedeno měření vnitřního radiálního tlaku a z vrstvy, kde nebyl měřen vnitřní tlak.
- 4) Statisticky vyhodnoťte rozdíly u obou měření jak pro pevnost, tak pro tažnost a formulujte závěr o vlivu měřicí techniky na zmíněné užité vlastnosti příze. Zároveň proveďte experimentálně rozložení radiálního tlaku a porovnejte s teorií.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

V 69 1857

OBSAH

1. PREDHOVOR
2. ÚVOD
3. SÚČASNÝ STAV DOPRIADACÍCH STROJOV VO SVETE
4. CIEĽ PRÁCE
5. VLASTNÉ RIEŠENIE --- 11
- 5.1. Použitý materiál
6. TEÓRIA VNÚTORNÝCH TLAKOV V NÁVINOCH S KRÍŽOVÝM VINUTÍM
A PREDPOKLADY K TEORETICKÉMU RIEŠENIU 12
- 6.1. Postup teoretického riešenia
- 6.2. Zistenie priebehu navíjacieho napätia $q(r)$ v návine
- 6.2.1. Konštantné navíjacie napätie
- 6.2.2. Faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh napätia cievok
7. SKÚŠOBNÉ MERANIE VNÚTORNÉHO RADIÁLNEHO TLAKU NA VYMEDZENÍ
NEJ VRSTVE NÁVINU DANÝCH CIEVOK ZO STROJA BD - 200 2
- 7.1. Prístroj E-KVÚ
8. MERANIE PEVNOSTI A ŤAŽNOSTI PRIADZE 24
- 8.1. Multimat FY-36
- 8.2. Meranie pevnosti a ťažnosti priadze z cievky kde nebolo
prevedené vpichovanie prístrojom E-KVÚ
- 8.3. Meranie pevnosti a ťažnosti priadze z cievky, kde bolo
prevedené vpichovanie prístrojom E-KVÚ
9. ŠTATISTICKÉ VYHODNOTENIE ROZDIELOV V MERANÍ PRE
PEVNOSŤ a ŤAŽNOSŤ --- 30
- 9.1. Posúdenie významnosti rozdielov dvoch rozptylov
- 9.2. Posúdenie významnosti rozdielov dvoch aritmetických
priemerov
- 9.3. Vlastné vyhodnotenie
- 9.4. Záver o vplyve meracej techniky na úžitkové vlastnosti
priadze
10. EXPERIMENTÁLNE PREVERENIE ROZLOŽENIA RADIÁLNEHO TLAKU
A POROVNANIE S TEÓRIOU 32
- 10.1. Cejchovanie prístroja E-KVÚ
- 10.2. Meranie radiálneho tlaku

- 10.2.1. Výsledky a zhodnotenie merania radiálneho tlaku vo valcovej cievke
- 10.3. Miera anizotropie valcového krížového návínú
- 10.3.1. Porovnanie priebehu nameraného radiálneho napätia s teoretickými hodnotami
- 10.3.1.1. Hodnoty potrebné k porovnaniu priebehu nameraného radiálneho napätia s teoretickými hodnotami
- 10.3.1.2. Zhodnotenie porovnania priebehu nameraného napätia σ_r s teoretickým napätím
- 10.3.2. Stanovenie miery anizotropie z hodnôt modulu pružnosti
- 10.3.2.1. Teória zistenia modulu pružnosti návínú v radiálnom smere E_r
- 10.3.2.1.1. Meranie modulu pružnosti v radiálnom smere vo valcovej cievke s krížovým vinutím
- 10.3.2.1.2. Spracovanie nameraných hodnôt
- 10.3.2.1.3. Zhodnotenie merania modulu pružnosti E_r
- 10.3.2.2. Zisťovanie modulu pružnosti v obvodovom smere E_t
- 10.3.2.2.1. Stanovenie E_t pomocou ťahovej skúšky
- 10.3.2.3. Výpočet miery anizotropie
- 10.3.3. Zhodnotenie metód určovania miery anizotropie
- 11. ZÁVER

ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV

POUŽITÁ LITERATÚRA

ZOZNAM PRÍLOH

1. PREDHOVOR

Ďalší rozvoj nášho národného hospodárstva a tým i trvalý rast životnej úrovne, uspokojovanie potrieb vnútorného trhu je podmienený rastom spoločenskej produktivity práce. Zvýšenie produktivity možno dosiahnuť rekonštrukciou a modernizáciou stavajúcich kapacít. To vyžaduje sústrediť výskumné kapacity na rozhodujúce kapacity vedecko-technického rozvoja, dôslednejšie využívanie možnosti integrácie socialistickej vedy a uplatňovať nové, efektívnejšie formy uvádzania vedeckých výsledkov do spoločenskej praxe.

Ako vytýčil ciele a úlohy XVI. zjazd KSČ vo sfére hospodárskej politiky, ktorá má pre výstavbu rozvinutej socialistickej spoločnosti rozhodujúci význam, ide predovšetkým o plné využitie stavajúcich kapacít a výrobu v pradiarňach zvyšovaním zavádzania novej techniky.

Československo je zemou s vyspelým textilným priemyslom. Ak si chce toto postavenie udržať, musí brať na zreteľ stavajúci vývoj textilného priemyslu na celom svete, zvlášť potom na zeme, ktorých textilný priemysel má vysokú úroveň.

S ohľadom na súčasný stav a očakávaný vývoj výroby pradiarskych produktov sa ukazujú zaujímavé oblasti a široké možnosti použitia výkonnej, modernej pradiarskej techniky. Súčasný vývoj pradiarskej techniky, hlavne usek dopriadania, ide skôr cestou dôsledného prepracovania známych princípov zameraných na najvyššie využitie všetkých technických a obchodných možností, než cestou realizácie prevratných novínok. Trvanie tohoto zásadného trendu rozvoja dopriadacích strojov je možno očakávať až do roku 2000.

Súčasnú obdobie vedecko-technického rozvoja má i konkrétnu podobu na úseku pradiarskej technológie. Vývoj pradiarstva ako vednej disciplíny možno charakterizovať na časovom období podstatne kratšom, v porovnaní s celkovým vývojom oboru. V prís-

tupe k riešeniu otázok pradiarskej technológie prevažoval prístup rýdzo empirický. Vedome uplatnenie vedeckých poznatkov prírodných vied pri riešení technologických pradiarskych problémov bolo mizivé.

Ďalší pokrok v tomto obore v období vedecko-technickej revolúcie nie je mysliteľný bez vedeckých prístupov k riešeniu problematiky. Sú budované základy teórie pradenia s cieľom fyzikálne objaviť zákonitosti pradiarskych procesov za účelom ich vedomého riadenia a zdokonaľovania.

Súčasná prináša doslova záplavu vedeckých poznatkov a informácií. Vedecký prístup riešenia problematiky sa stal zákonitosťou a podmienkou pokroku pradiarskej technológie. Využívanie poznatkov základných prírodovedeckých disciplín, modernej prístrojovej techniky a racionálnych vyhodnocovacích spôsobov sú podmienkou.

2. ÚVOD

Počiatky vzniku výroby priadze spadajú do ďalekej minulosti, výroba textílií je najstaršia výrobná činnosť ľudstva. Dlhé historické obdobie prinieslo postupne radu zdokonalení pri výrobe priadze. Veľký rozvoj textilného oboru nastáva v počiatkoch priemyselnej revolúcie v 18. storočí. Vznikajú strojové zariadenia pre spracovanie vlákenných surovín a spriadanie priadzí. Pradiarne vznikajú ako priemyselné závody, hlavne pre spracovanie bavlny. Ďalšie obdobie je potom charakterizované snahou o technické zdokonaľovanie strojného zariadenia, pri súčasnom hľadaní nových princípov hlavne na úseku dopriadania.

V československom národnom hospodárstve je textilný priemysel jedným z tradičných odvetví. Rozsah výroby, jej rast a rozvíjajúca sa štruktúra zodpovedá náročnej potrebe obyvateľstva. Svojimi kvalitnými výrobkami sa zároveň v nemalej miere uplatňuje na zahraničnom trhu.

Kľúčovým odvetvím textilného priemyslu sú pradiarne. Na ich výrobnosti závisí objem a plynulosť výroby všetkých ostatných oborov textilnej výroby, ktoré sa zaoberajú spracovaním priadzí na textilné výrobky.

Dôležitým procesom a aj jedným z posledným^{ou} operácií^{ek} pri výrobe dĺžkových textílií je navíjanie. Hlavným faktorom, ktorý ovplyvňuje vnútornú napätosť návinu je navíjacie napätie. Má vplyv i na celkovú stavbu tvaru návinu a na vznik niektorých nežiadúcich deformácií cievky. Kvalita návinu a tlakové pomery vo vnútri návinu majú vplyv na spracovanie cievky v ďalších operáciách ako napríklad skanie, snovanie, tkanie, ale zvlášť u cievok určených k farbeniu. Úlohou je dosiahnuť takého návinu, v ktorom by boli tlakové pomery v požadovaných medziach na celom polomere cievky. Je to možné dosiahnuť vhodne sa meniacim navíjacím napätím, v priebehu navíjania. Udržovaním tlaku v radiálnom smere cievky v požadovaných medziach odstránime záporné vplyvy pôsobiace na vlastnosti navinutej priadze a zlepší sa tvar celkového telesa návinu.

3. SÚČASNÝ STAV DOPRIADACÍCH STROJOV VO SVETE

Medzinárodné výstavy textilných strojov ITMA sú príležitosťou k zhromažďovaniu poznatkov a podkladov o hlavných smeroch vývoja textilného strojárstva. Od roku 1967 bol po prvýkrát vystavený československý rotorový stroj BD 200. Nasledujúce výstavy potom dokumentovali prudký rozvoj techniky rotorového pradenia. V súčasnej dobe hovoríme o rotorových strojoch vyššej generácie so zvýšenými technologickými parametrami.

Na poslednej výstave ITMA 83, ktorá bola v Miláne sa Československo predstavilo s dvoma bezvretenovými rotorovými strojmi rady A. Jedná sa o stroje BD A-10 a BD A-11. Stroj BD A-11 od stroja BD A-10 sa líši aplikáciou automatu pre smekanie a zapriadanie usporiadaného do jedného bloku, vyvinutého v spolupráci s talianskou firmou Savio.

Svojimi textilno-technickými parametrami, automatizáciou a riešením riadenia sa obidva československé stroje zaraďujú medzi stroje, udávajúce trend vývoja rotorového pradenia.

4. CIEĽ PRÁCE

Cieľom tejto diplomovej práce je meranie vnútorných tlakov v koncovom návine a overenie vplyvu prístroja E-KVÚ na úžitkové vlastnosti (pevnosť a ťažnosť) priadze v koncovom návine s križovým vinutím. Ďalej previesť experimentálne rozloženie radiálneho tlaku a porovnať s teóriou.

5. VLASTNÉ RIEŠENIE

Vlastné riešenie pozostáva z teoretickej časti, v ktorej sa zameriavam na vysvetlenie vnútorných tlakov v návinoch s križovým vinutím.

Experimentálna časť práce pojednáva o meracej technike a jej vplyve na priadzu v cievke s križovým vynutím, ďalej o meracej metóde radiálneho tlaku a taktiež sledujem mieru anizotropie priadzového telesa od dutinky k povrchu návínu.

5. 1. Použitý materiál

K vlastnému meraniu som používala valcové cievky s križovým vinutím zo stroja BD 200 M-69 s použitou menou navíjania MN = 108 zubov. Použitá priadza bola zo 100 % bavlny o jemnosti T = 29,79 tex. Jemnosť priadze som zistila metódou váženia sto metrových úsekov z každej cievky. Jednotlivé hodnoty hmotnosti týchto úsekov ako aj výsledná hodnota jemnosti priadze sú uvedené v tabuľke č. 1.

Jemnosť priadze som stanovila z hodnôt z tabuľky č. 1 podľa vzťahu

$$T = \frac{\bar{m} \text{ [g]}}{l \text{ [m]}} \cdot 10^3 \quad [\text{tex}] \quad (1)$$

kde $\bar{m}$... je priemerná hmotnosť stometrového úseku u priadze [g]

l ... dĺžka váženého úseku priadze [m]

a $\bar{m}$ som vypočítala zo vzťahu:

$$\bar{m} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n m_i \quad [g] \quad (2)$$

pričom m_i ... hmotnosť i-tého úseku [g]
 n ... počet úsekov [1]

Tab. 1: Výpočet jemnosti priadze

cievka	m_i [g]		$\bar{m}$ [g]	T [tex]
	m_1	m_2		
1	2,9840	2,9949	2,9793	29,79
2	2,8925	2,9337		
3	2,9599	2,9413		
4	3,0697	3,0433		
5	3,0616	3,0652		
6	2,9264	2,9201		
7	2,8780	2,9235		
8	3,0403	3,0442		
9	2,9736	2,9739		
10	2,9926	2,9721		

6. TEÓRIA VNÚTORNÝCH TLAKOV V NÁVINOCH S KRÍŽOVÝM VINUTÍM A PREDPOKLADY K TEORETICKÉMU RIEŠENIU

Priadzové teleso návinu v súvislosti s jeho mechanickou štruktúrou sa chápe jednak ako útvar charakterizovaný priamo hustotou ovinov a vrstiev, jednak ako hmotné kontineum.

Pre odvodenie priebehu napätia je návin považovaný ako hrubostenný anizotropný valcový obal, majúci nelineárne vlastnosti závislosti na jeho polomere po radiálnom a obvodovom smere. Riešenie sa opiera o vzťahy platné pre valcové, pružné teleso podľa práce [2].

6. 1. Postup teoretického riešenia

Teoretické riešenie vychádza zo vzťahov: *hole 2, re [2]*

$$\sigma_r = \frac{p r_1^{k+1} - q_v r_2^{k+1}}{r_2^{2k} - r_1^{2k}} r^{k-1} + \frac{q_v r_1^{k-1} - p r_2^{k-1}}{r_2^{2k} - r_1^{2k}} r_1^{k+1} r_2^{k+1-k-1} r \quad (3)$$

$$\sigma_t = \frac{p r_1^{k+1} - q_v r_2^{k+1}}{r_2^{2k} - r_1^{2k}} k r^{k-1} - \frac{q_v r_1^{k-1} - p r_2^{k-1}}{r_2^{2k} - r_1^{2k}} k r_1^{k+1} r_2^{k+1-k-1} r \quad (4)$$

kde $k = \sqrt{\frac{E_t}{E_r}}$ (5)

k ... miera anizotropie priadzového telesa návinu, obecné

p ... je vnútorný tlak dutinky [MPa]

q_v ... vonkajší prítlak [MPa]

r_1 ... vnútorný polomer cievky [mm]

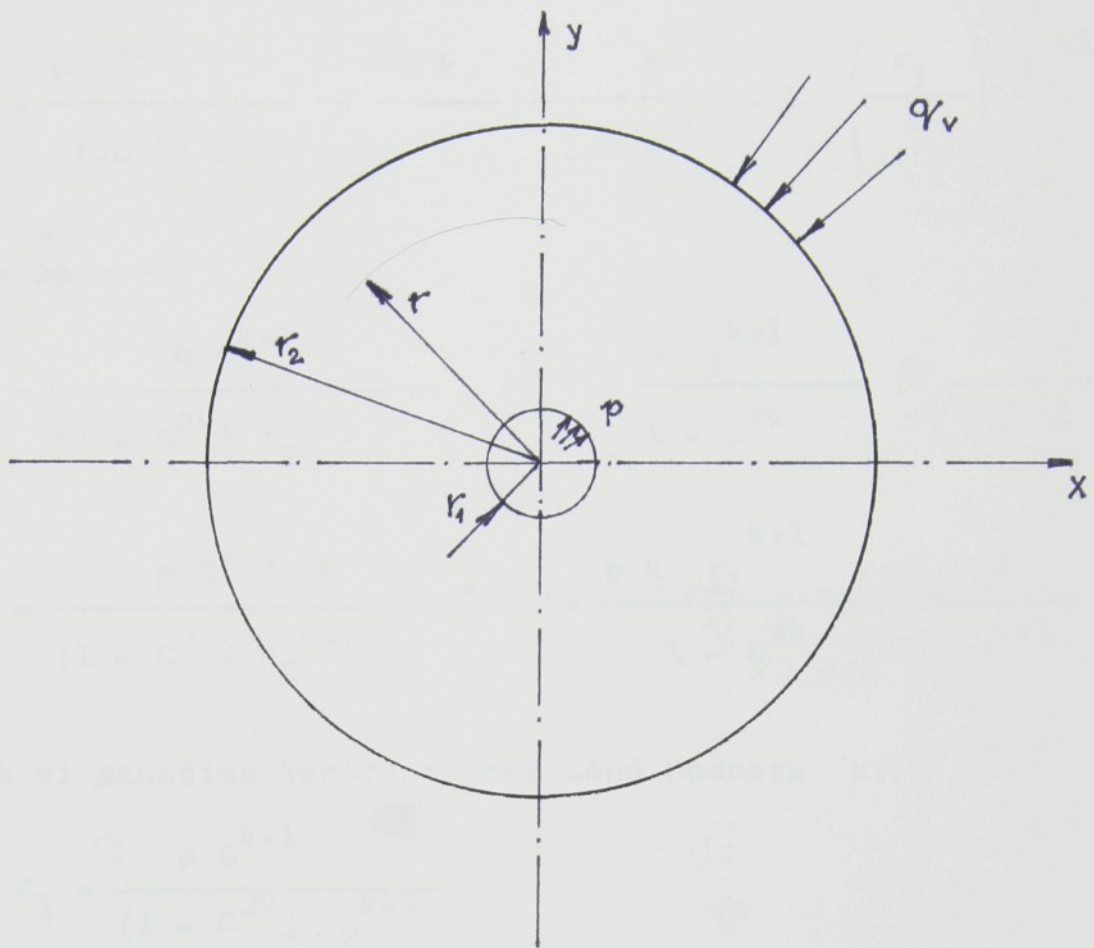
r_2 ... vonkajší polomer cievky [mm]

r ... obecný polomer návinu, pre ktorý platí podmienka $r_1 \leq r \leq r_2$ [mm]

$\sigma_r, \sigma_t, E_r, E_t, p, q_v, k$... sú spojité v intervale

$\langle r_1, r_2 \rangle$ čo je znázornené na obrázku 1.

- riešenie sústavou spojovaných rovníc



Obr. 1: Schéma zaťaženia telesa s valcovou anizotropiou.

Stav napätosti návinu sa sleduje v tvare zodpovedajúcom podmienkam merania, t. j. bez prídavného vonkajšieho prítlaku. Pri úvahe nulového vonkajšieho zaťaženia $q_v = 0$, a použitím

$$c = \frac{r_1}{r_2}$$

dostaneme:

$$\sigma_r = \frac{p c^{k+1}}{1 - c^{2k}} \cdot \left(\frac{r}{r_2} \right)^{k-1} - \frac{p}{1 - c^{2k}} \cdot \left(\frac{r_1}{r} \right)^{k+1} \quad (6)$$

$$\zeta_t = \frac{p c^{k+1} r^{k-1}}{(1-c^{2k}) r_2^{k-1}} \cdot \frac{k}{1} + \frac{p}{1-c^{2k}} \cdot k \left(\frac{r_1}{r} \right)^{k+1} \quad (7)$$

po úprave:

$$\zeta_r = \frac{p c^{k+1}}{(1-c^{2k}) r_2^{k-1}} \cdot r^{k-1} - \frac{p r_1^{k+1}}{1-c^{2k}} \cdot \frac{1}{r^{k+1}} \quad (8)$$

$$\zeta_t = \frac{p c^{k+1} k}{(1-c^{2k}) r_2^{k-1}} \cdot r^{k-1} + \frac{p k r_1^{k+1}}{1-c^{2k}} \cdot \frac{1}{r^{k+1}} \quad (9)$$

Ak si označíme konštanty pre danú hodnotu k ;

$$c_1 = \frac{p c^{k+1}}{(1-c^{2k}) r_2^{k-1}} \quad (10)$$

$$c_2 = \frac{p r_1^{k+1}}{1-c^{2k}} \quad (11)$$

Potom vzťahy (3) a (4) nadobúdajú tvar:

$$\zeta_r = c_1 r^{k-1} - c_2 \frac{1}{r^{k+1}} \quad (12)$$

$$\zeta_t = c_1 k r^{k-1} + c_2 \frac{1}{r^{k+1}} \quad (13)$$

Vzťahy (12) a (13) sú východiskové vzťahy pre priebehy ζ_r a ζ_t

pre valcové teleso návinu, charakterizované valcovou anizotropiou.

Určenie konštánt C_1 a C_2 vychádza z dvoch okrajových podmienok.

1. podmienka je deformačná. Predpokladáme, že deformácia dutinky je nulová a zároveň uvažujeme axiálne napätie $\sigma_a = 0$.

Pre pomerné predĺženie v obvodovom smere platí známy vzťah

$$\varepsilon_t = \frac{u}{r} \quad (14)$$

kde u ... absolútny radiálny posuv priadze na polomere r [mm]

Rovnica vyjadrujúca obecný Hookov zákon aplikovaný na prípad anizotropného telesa má tvar:

$$\varepsilon_t = - \frac{\mu_{rt}}{E} \cdot \sigma_r + \frac{\sigma_t}{E_t} \quad (15)$$

kde μ_{rt} ... Poissonovo číslo charakterizujúce preťaženie telesa návinu v obvodovom smere pri stlačení v radiálnom smere na polomere r .

Na polomere r_1 bude platiť:

$$\varepsilon_t = - \frac{\mu_{rt}}{E_r} \cdot \sigma_r + \frac{\sigma_t}{E_t} = 0 \quad (16)$$

Ak dosadíme vzťahy (12) a (13) do vzťahu (16) potom platí:

$$\frac{1}{E_t} \left(C_1 k r^{k-1} + k C_2 \frac{1}{r^{k+1}} \right) - \frac{\mu_{rt}}{E_r} \left(C_1 r^{k-1} - C_2 \frac{1}{r^{k+1}} \right) = 0 \quad (17)$$

Po úprave odvodíme vzťah medzi konštantami C_1 a C_2

$$C_1 = \frac{C_2}{r_1^{2k}} \cdot \frac{\frac{k}{E_t} + \frac{\mu_{rt}}{E_r}}{\frac{k}{E_t} - \frac{\mu_{rt}}{E_r}} \quad (18)$$

Po zjednodušení

$$C_1 = - \frac{C_2}{r_1^{2k}} \cdot \frac{1 + k \mu_{rt}}{1 - k \mu_{rt}} \quad (19)$$

Zavedieme si konštantu A^2

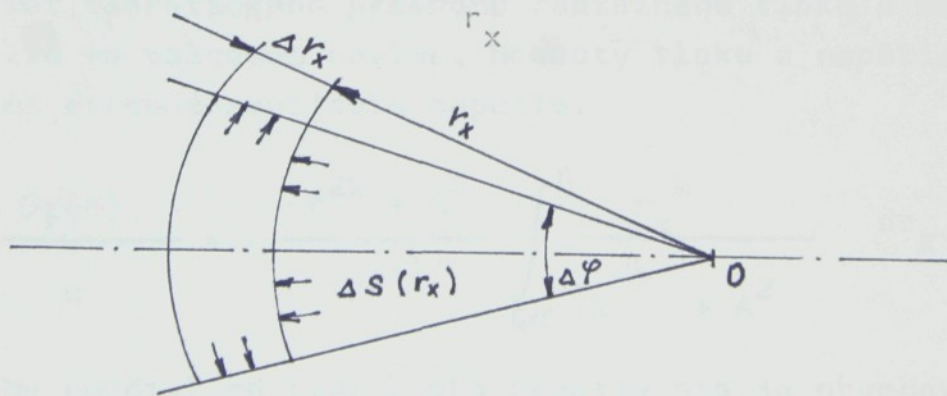
$$A^2 = r_1^{2k} \cdot \frac{1 - k \mu_{rt}}{1 + k \mu_{rt}} \quad (20)$$

a potom dostávame

$$C_1 = - \frac{C_2}{A^2} \quad (21)$$

2. podmienka vychádza zo špecifiky vlastného procesu návinu. Predpokladáme, že na okamžitom polomere r_x pôsobí napätie pri navíjaní $q(r_x)$, ktoré vyvoláva elementárny radiálny tlak

$$\Delta s(r_x) = q(r_x) \cdot \frac{\Delta r_x}{r_x} \quad \text{ako znázorňuje obrázok 2.}$$



Obr. 2: Schéma zataženia elementárneho hranolku v návine

*napätie' det
h neje z obr. 2.
priečnosť*

r_x ... okamžitá hodnota polomeru, na ktorom sa navíja priadza
leží v intervale $r \leq r_x \leq r_2$ [mm]

Δr_x ... elementárna hrúbka, ktorou sa mení polomer r_x [mm]

$q(r_x)$... navíjacie napätie v ďalších prídavných vrstvách priadze [MPa]

$q(r)$... navíjacie napätie pri navíjaní na polomere r [MPa]

$q(r_x)$ a $q(r)$ sú spojité v intervale $\langle r_1, r_2 \rangle$ a $\langle r, r_2 \rangle$

Vlastná 2. podmienka znie:

Ak $r = r_x$, potom platí:

$$\sigma'_r(r) = - \Delta s(r_x)$$

Dosadením výrazu pre konštantu C_1 podľa vzťahu (21) do vzťahov (12) a (13) získame výsledné vyjadrenie pre konštanty C_1 a C_2 .

$$C_1 = \frac{r_x^k \cdot q(r_x)}{r_x^{2k} + A^2} \cdot \Delta r_x \quad (22)$$

$$C_2 = \frac{r_x^k A^2 q(r_x)}{r_x^{2k} + A^2} \cdot \Delta r_x \quad (23)$$

Dosadením vzťahov (22) a (23) do vzťahov (12) a (13) a za predpokladu $q(r_x) = q = \text{konšt.}$ dostávame konečné vzťahy pre výpočet teoretického priebehu radiálneho tlaku a obvodového napätia vo valcovom návine. Hodnoty tlaku a napätia sú vzťahnuté na stredné navíjacie napätie.

$$\frac{\sigma'_r(r)}{q} = - \frac{r^{2k} + A^2}{r^{k+1}} \int_{r=r_x}^{r_2} \frac{r_x^k}{r_x^{2k} + A^2} dr_x \quad (24)$$

Na rozdiel od radiálneho napätia nie je obvodové napätie na

vonkajšom polomere nulové, ale je rovné navíjacímu napätiu

$$\sigma_t(r_2) = q(r_2)$$

$$\frac{\sigma_t(r)}{q} = 1 - \frac{r^{2k} - A^2}{r^{k+1}} \int_{r_x=r}^{r_2} \frac{r_x^k}{r_x^{2k} + A^2} \cdot dr_x \quad (25)$$

Vzťahy (24) a (25) pre ich zložitost' a za predpokladu, že uvažujeme valcový návin ako anizotropné teleso, možno riešiť približnou numerickou metódou - Simpsonovou metódou numerického integrovania podľa publikácie [4]. Výsledky spracujeme na počítači. Získané hodnoty $\sigma_r(r)$ a $\sigma_t(r)$

sú pomerne hodnoty tlaku a napätia vo vnútri návinu a pomôžu nám k stanoveniu konečných priebehov vo vnútri návinu.

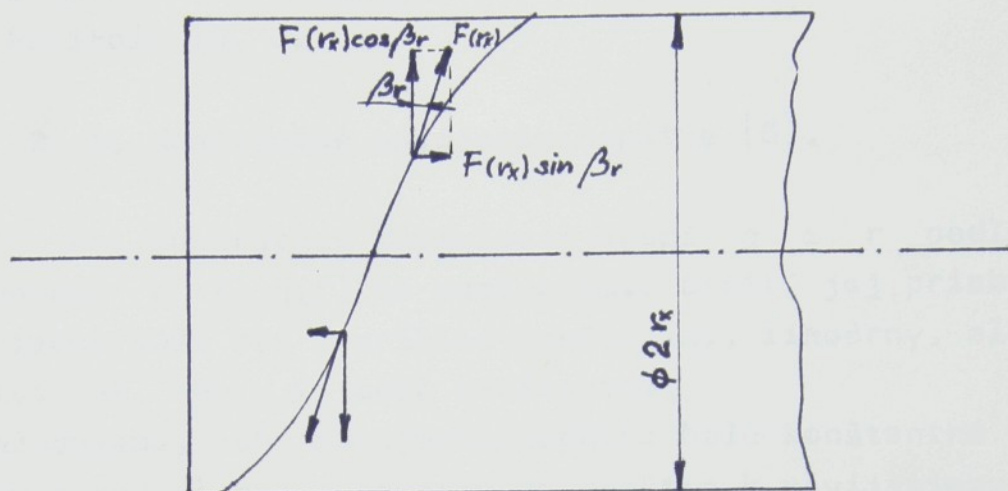
V prílohe, 1. sú uvedené hodnoty k , $\frac{\sigma_r}{q}$ a $\frac{\sigma_t}{q}$

na daných polomeroch cievky, ktoré budem zrovnávať s hodnotami radiálneho tlaku.

6. 2. Zistenie priebehu navíjacieho napätia $q(r)$ v návine [1].

Pri procese pradenia je priadza jednotlivých zón namáhaná určitou osovou silou, ktorá sa mení po dĺžke odťahovej cesty. Z napínacej sily pri navíjaní odvodzujeme navíjacie napätie, na ktorom je bezprostredne závislá tvrdosť cievky.

Ak uvažujeme uhol stúpania krivky navíjanej nite β_r a napínaciu silu pri navíjaní $F(r_x)$, potom strednú hodnotu napätia pri navíjaní $q(r_x)$ na okamžitom vonkajšom polomere r_x a v smere kolmom k ose cievky si môžeme znázorniť na obrázku 3.



Obr. 3: Schéma rozkladu napínacej sily pri navíjaní

Z tohoto obrázku potom plynie rovnica pre navíjacie napätie

$$q(r_x) = \frac{F(r_x) \cdot \cos^2 \beta_r}{S} \quad \text{totož} - \frac{F(r_x) \cdot \cos \beta_r}{S / \cos \beta_r} \quad (26)$$

kde $F(r_x)$... napínacia sila pri navíjaní [N]
 β_r ... uhol stúpania krivky navíjanej nite [°]
 S ... plocha priečného rezu nite [mm²]

Navíjacie napätie $q(r_x)$ je možno určiť niekoľkými metódami:

1. Osová sila vypočítaná podľa schémy odťahových ciest.
2. Ťahová sila F , ktorá sa meria prístrojom Kovostav.
3. Modul E_p priadze vypočítaný z pracovnej krivky "zaťaženie - predĺženie" na trhaacom stroji.
4. Hodnota napätia $q^\dagger$, ktorá pretrváva v cievke po dobu jej tvorby.

Pre túto prácu bližšie uvádzam metódu 4., ktorá je popísaná v kapitole 10. 3.

6. 2. 1. Konštantné navíjacie napätie [5].

Pri konkrétnej závislosti medzi q a r podľa určitej funkcie $q = q(r)$ sa musí riadiť určitý jej priebeh. Tento priebeh môže byť napríklad konštantný, lineárny, alebo premenlivý tak, aby σ_t bolo konštantné.

Požadujeme, aby navíjacie napätie bolo konštantné $q(r_x) = q$. Pomer radiálneho a obvodového napätia k navíjacíemu napätiu je:

$$\frac{\sigma_r(r)}{q} = - \frac{A^2 + r^{2k}}{r^{k+1}} \int_{r_x=r}^{r_2} \frac{r_x^k}{r_x^{2k} + A^2} \cdot dr_x \quad (27)$$

$$\frac{\sigma_t(r)}{q} = 1 + \frac{A^2 - r^{2k}}{r^{k+1}} k \int_{r_x=r}^{r_2} \frac{r_x^k}{r_x^{2k} + A^2} \cdot dr_x \quad (28)$$

kde

$$A^2 = r_1^{2k} \frac{1 - k \mu_{rt}}{1 + k \mu_{rt}} \quad (29)$$

Pre prípad izotropie telesa, kedy izotropné teleso má vo všetkých smeroch rovnaké pružné vlastnosti $E_t = E_r$

$$k = 1$$

získame integráciou rovníc (27) a (28):

$$\frac{\sigma_r(r)}{q} = - \frac{1}{2} \left(1 + \frac{A^2}{r^2} \right) \ln \frac{A^2 + r_2^2}{A^2 + r^2} \quad (30)$$

$$\frac{\sigma_t(r)}{q} = 1 + \frac{A^2 - r^2}{2r^2} \ln \frac{A^2 + r_2^2}{A^2 + r^2} \quad (31)$$

potom konštanta A^2 sa rovná:

$$A^2 = r_1^2 \frac{1 - \mu_{rt}}{1 + \mu_{rt}} \quad (32)$$

6. 2. 2. Faktory, ktoré ovplyvňujú priebeh napätia cievok

Pri konštantnom navíjacom napätí platí zákonitosť, že čím väčšia miera anizotropie telesa návinu, tým menšia hodnota radiálneho napätia.

V snahe o najlepšiu tvorbu cievky vystupujú do popredia dve protichodné požiadavky:

- navíjacie napätie
- tvar cievky

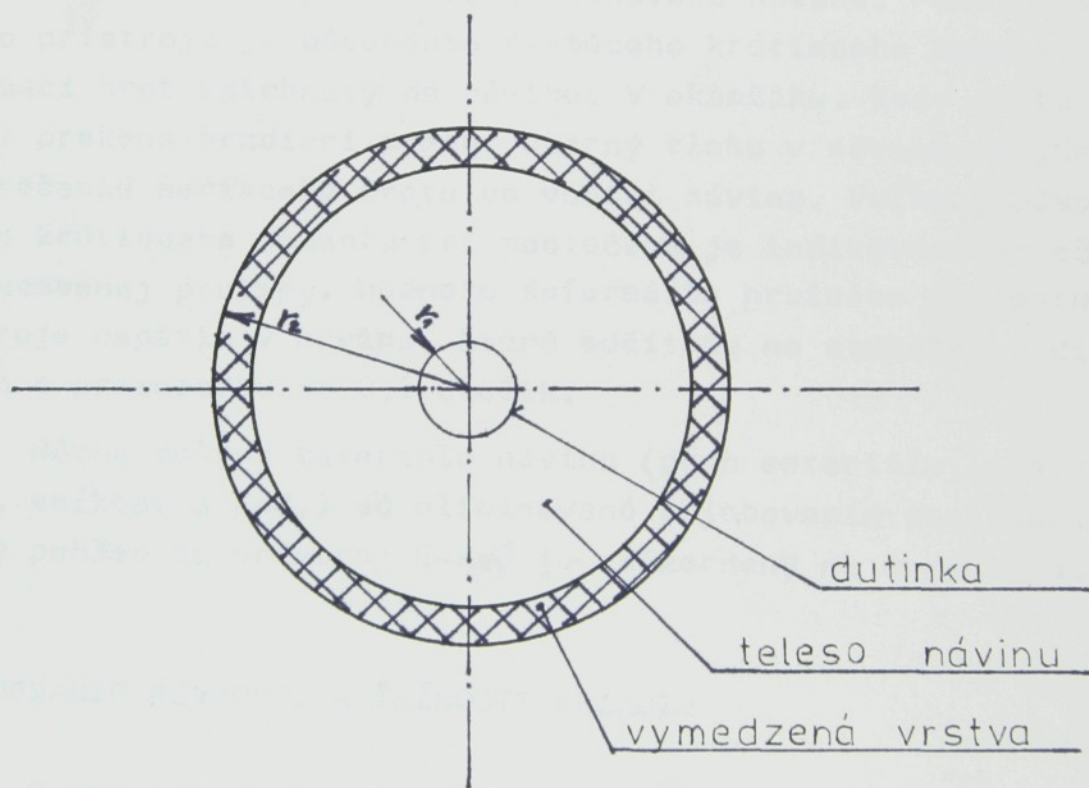
aby navinutá priadza na cievke vytvárala pevný a súdržný celok, musí sa navíjať vysokým navíjacím napätím. Lenže príliš veľké napätie spôsobuje trvalé ťažné napätie priadze a tým i chyby pri ďalšom spracovaní. Tieto chyby sú zvlášť závažné, ak sa ťahové napätie cyklicky mení pozdĺž priadze. Navíjanie s vysokým napätím môže zmenšiť pevnosť priadze a to takým smerom, že sa zníži jej odolnosť proti mnohokrát opakovaným deformáciám na tkacom či pletiarskom stroji. Možno zdôrazniť, že deformácia navinutej priadze je ovplyvňovaná hlavne rastom plastickej deformácie a k tomu dochádza v dôsledku toho, že vo vnútri prebieha nevratné premiestňovanie vlákien, ktoré zhoršujú štruktúru priadze.

Ak má návin malú mieru anizotropie telesa k , potom čím je väčší vonkajší polomer, tým je väčšie napätie σ_r u dutinky (σ_t je menšie na dutinke). To vedie k tomu, že u dutinky cie-

vok s väčším vonkajším polomerom môžu vznikajúť uvoľnené oviny a práve táto otázka obmedzuje možnosť zväčšovania objemu priadzového telesa návinu.

7. SKÚŠOBNÉ MERANIE VNÚTORNEHO RADIÁLNEHO TLAKU NA VYMEDZENEJ VRSTVE NÁVINU DANÝCH CIEVOK ZO STROJA BD 200

K riešeniu tohoto zadania som použila 8 cievok zo stroja BD 200, ktoré som náhodne vybrala z celkového počtu 10 cievok určených pre túto prácu. Na každej z týchto 8 cievok som na vonkajšom polomere r_2 po celom obvode cievky vyhradila vrstvu navinutej priadze o šírke asi 5 - 8 mm, do ktorej som náhodile vpichovala hrotom vpichovacieho prístroja E-KVÚ.



Obr. 4: Koncový návin s vymedzenou vrstvou určenou pre vpichovanie prístroja E-KVÚ

Jednotlivé vpichy do vymedzenej vrstvy návinu som prevádzala s konštantnou hĺbkou vpichu $h_{vp} = 34 \text{ mm}$, ktorú som si predom nastavila nastavovacím krúžkom. Vpichovanie hrotom prístroja E-KVÚ do vymedzenej vrstvy som neprevádzala za účelom merania radiálneho tlaku, ale preto, aby som zistila, či vpichovaním meracím prístrojom E-KVÚ dôjde k zníženiu úžitkových vlastností (pevnosť, ťažnosť) priadze. Vo vymedzenej vrstve na každej z 8 cievok som previedla približne 100 - 150 vpichov.

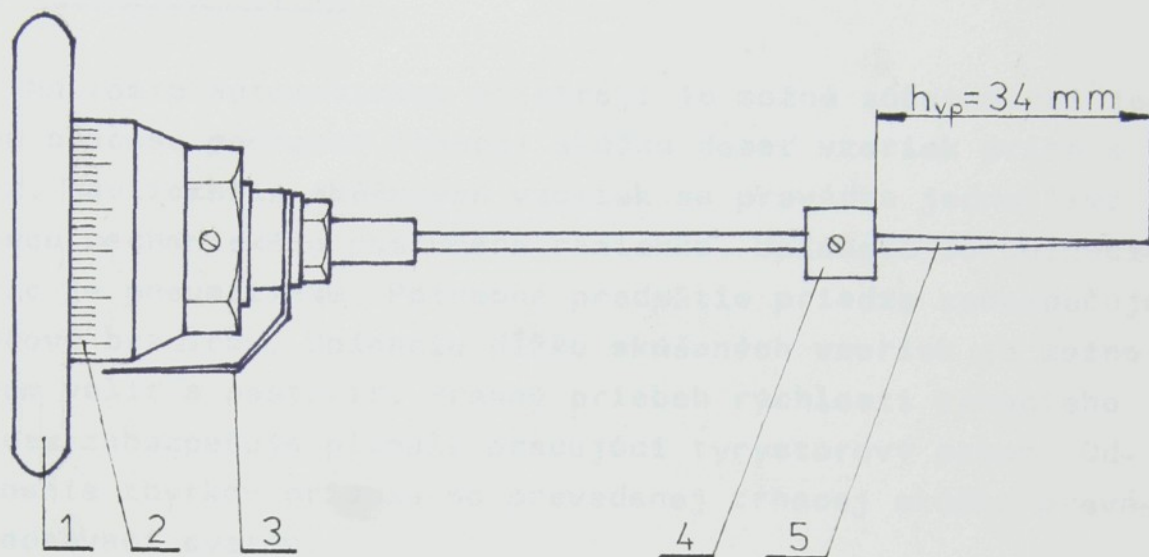
7. 1. Prístroj E-KVÚ

E-KVÚ je prístroj vyvinutý v ČSSR, ktorý je chránený autorským osvedčením č. 183 901 zo dňa 19. 12. 1976. Je určený k meraniu vnútornej napätosti valcového návinu. Podstatou tohto prístroja je pôsobenie rastúceho krútiaceho momentu na meriací hrot vpichnutý do návinu. V okamžiku, kedy tento moment prekoná brzdiaci moment úmerný tlaku v návine, dôjde k pootočeniu meriaceho hrotu vo vnútri návinu. Veľkosť pôsobiaceho krútiaceho momentu pri pootočení je indikovaná natočením skrucovanej pružiny. Hodnotu deformácie pružného elementu vyjadruje napätie v návine, ktorú odčítame na stupnici v dielikoch s presnosťou na 0,1 dielik.

Rôzne vplyvy materiálu návinu (druh materiálu, preparácia, veľkosť a pod.) sú eliminované cejchovacím postupom. Celkový pohľad na prístroj E-KVÚ je znázornený na obrázku 5.

8. MERANIE PEVNOSTI A ŤAŽNOSTI PRIADZE

K stanoveniu hodnôt úžitkových vlastností a to pevnosti a ťažnosti priadze som použila kontinuálne pracujúci desaťmiestný elektronický automatický prístroj na súšenie tržnej pevnosti



- 1 - otočná rukoväť
- 2 - stupnica
- 3 - ručička, ktorá indikuje mieru napätia návinu
- 4 - nastavovací krúžok
- 5 - kuželový hrot prístroja

Obr. 5: Prístroj E-KVÚ

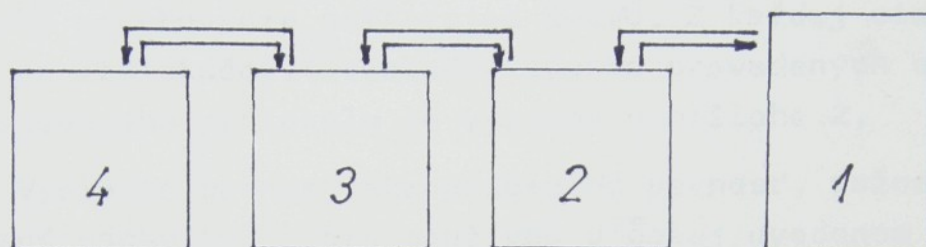
priadze Multimat typ FY-36, ktorý bol vyrobený vo Výskumnom ústave textilnom v Budapešti.

8. 1. Multimat FY-36

Na tomto automatickom prístroji je možné súčasne pri jedinom procese podrobiť trhacej skúške desať vzoriek priadze naraz. Navliekanie skúšaných vzoriek sa prevádza jednotlivou pomocou mechanického posuvného ramienka. Upínanie do upínacích hlavíc je pneumatické. Potrebné predpätie priadze zabezpečujú kotúčové brzdičky. Upínanie dĺžku skúšaných vzoriek je možno predom voliť a nastaviť. Presný priebeh rýchlosti trhacieho procesu zabezpečuje plynule pracujúci tyristorový pohon. Odstránenie zvyškov priadze po prevedenej trhacej skúške prevádza odsávací systém..

Podľa programu, ktorý je v počítaacom stroji uložený dostáva prístroj príkazy, aby automaticky previedol predpísaný počet tržných skúšok a zároveň porovnáva skúškami získané hodnoty tržnej pevnosti a ťažnosti so stanovenými hodnotami limitnými. V prípade, že zo skúšok vyjdu niektoré hodnoty, ktoré vybočujú z prípustného limitu, počítač eviduje ich celkový počet a po prevedení všetkých skúšok, dostáva od počítača príkaz previesť ešte toľko náhradných doplňujúcich skúšok, koľko ich bolo zaregistrovaných ako nevyhovujúce hodnoty. Hodnoty tržnej pevnosti a ťažnosti vytriedené podľa jednotlivých skúšobných hlavíc sú vytlačené tlačiarňou. Počítač medzi tým podľa vloženého programu vypočíta priemerné hodnoty, ich rozptyl, hodnoty variačného koeficientu a ďalšie programom predpísané matematicko-štatistické hodnoty. Všetky tieto výsledky sú tiež vytlačené vo forme adresného datovaného protokolu.

Na obrázku 6 je znázornená schéma prístroja Multimat typ FY-36.



Obr. 6

1 ... Multimat - Interface, prevodník a pamäť

Sieť: 220 V, 50 Hz, asi 100 VA

Rozmery: asi 550 x 550 x 320 mm

Hmotnosť netto: asi 25 kg

2 ... Multimat - analogové meracie zariadenie

Sieť: 220 V, 50 Hz, asi 50 VA

Rozmery: asi 550 x 320 x 320 mm

Hmotnosť netto: asi 15 kg

3 ... Stolný počítač typ EMG - 666

Sieť: 220 V, 50 Hz, asi 150 VA

Rozmery: asi 470 x 600 x 250 mm

Hmotnosť netto: asi 25 kg

4 ... Tlačiareň dat Villati - Prepamat, typ PR - 102

Sieť: 220 V, 50 Hz, asi 500 VA

Rozmery: asi 1 450 x 650 x 1 050 mm

Hmotnosť netto: asi 150 kg

8. 2. Meranie pevnosti a ťažnosti priadze z vrstvy, kde nebolo prevádzané vpichovanie prístrojom E-KVÚ

Na prístroji Multimat typ FY - 36 som vyhodnotila zmienené úžitkové vlastnosti z dvoch cievok, na ktorých som neprevádzala vpichovanie prístrojom E-KVÚ. Z každej cievky som získala po 150 skúšok. Výsledky týchto prevedených skúšok vo forme datovaného protokolu sú uvedené v prílohe 2.

Výsledné hodnoty ako priemernú pevnosť, ťažnosť a ich smerodatné odchýlky, ktoré používam v ďalej uvedenom štatistickom vyhodnotení som pre lepšiu prehľad vyňala do tabuľky 2. a 3.

Tab.: 2

	Pevnosť	
	1	2
$\bar{x}$ [N]	2,90	2,86
s [N]	0,48	0,51

Tab.: 3

	Ťažnosť	
	1	2
$\bar{x}$ [%]	7,23	7,14
s [%]	5,47	5,13

kde $\bar{x}$... priemerná hodnota pevnosti, ťažnosti
 s ... smerodatná odchýlka pevnosti, ťažnosti

8. 3. Meranie pevnosti a ťažnosti priadze z vrstvy kde bolo prevádzané vpichovanie prístrojom E-KVÚ

Meranie zmienených úžitkových vlastností priadze z vymedzenej vrstvy, kde som prevádzala vpichovanie prístrojom E-KVÚ som taktiež prevádzala na prístroji Multimat typ FY - 36. V tomto prípade som skúšky prevádzala na výbere 8 cievok, na ktorých som vymedzila vrstvu širokú 5 - 8 mm pre vpichovanie hrotom prístroja E-KVÚ. Zo všetkých 8 cievok som získala na prístroji Multimat po 150 meraní, takže celkom bolo prevedených 1 200 skúšok, z ktorých získané hodnoty vo forme datovaného protokolu sú uvedené v prílohe 3. Takého veľkého počtu skúšok som prevádzala z toho dôvodu, aby bola väčšia pravdepodobnosť pre merania úseku priadze, do ktorého bol vpichnutý hrot prístroja E-KVÚ.

Aj z týchto meraní som vyňala do tabuľky 4. a 5. výsledné hodnoty ako priemernú pevnosť, ťažnosť a ich smerodatné odchýlky.

Tab. 4

	Pevnosť							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$\bar{x}$ [N]	2,88	2,98	2,94	2,96	2,88	2,89	3,85	3,00
s [N]	0,54	0,75	0,61	0,48	0,65	0,52	0,73	0,50

Tab. 5

	Ťažnosť							
	1	2	3	4	5	6	7	9
$\bar{x}$ [%]	7,21	7,24	7,20	7,23	7,16	7,26	7,56	7,51
s [%]	5,17	5,39	6,22	5,10	6,67	6,19	5,55	5,99

9. ŠTATISTICKÉ VYHODNOTENIE ROZDIELOV U MERANÍ PRE PEVNOSŤ A ŤAŽNOSŤ [6].

Získané hodnoty ako pre pevnosť, tak pre ťažnosť z predchádzajúcej kapitoly 8. som vyhodnocovala t - testom: "Posúdenie významnosti rozdielu dvoch aritmetických priemerov". Aby som vedela, ktorú testovú charakteristiku budem musieť použiť, musela som najskôr previesť F - test: "Posúdenie významnosti rozdielov dvoch rozptylov".

9. 1. Posúdenie významnosti rozdielov dvoch rozptylov

Základnými podmienkami F - testu sú:

- dva náhodné výbery, z ktorých pre každý dostávame množinu nameraných hodnôt
- z každého náhodného výberu môžeme charakterizovať charakteristiky polohy $\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$ a rozptylu s_1 , s_2 .

Postup testovania:

1. Nulová hypotéza H_0 :

Rozdiel rozptylov pevnosti (ťažnosti) priadze z cievky² na ktorej som neprevádzala vpichovanie (označíme ho σ_1)

a z cievky, na ktorej som vpichovanie prevádzala vo vymedzenej vrstve (označím si ho σ_2^2) sú štatisticky nevýznamné.

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

! to ne!

2. Alternatívna hypotéza H_1 :

$$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

3. Výpočet testovej charakteristiky:

$$F = \frac{\text{max.smerodatná odchylka } (s_1^2, s_2^2)}{\text{min.smerodatná odchylka } (s_2^2, s_1^2)}$$

*interpretácia
aj keď je to
neisto.*

4. Určenie kritického oboru:

$$F > F_{\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1, n_2 - 1)$$

kde F ... testová charakteristika

$F_{\frac{\alpha}{2}}$... kritická hodnota

$\frac{\alpha}{2}$... hladina významnosti, kde $\alpha = 0,05$

n_1, n_2 ... počet meraní, v tomto prípade sa
 $n_1 = n_2 = 150$

V prípade, že vypočítaná hodnota testovej charakteristiky F padne do kritického oboru, zamietnem nulovú hypotézu H_0 a prijímam zodpovedajúcu variantu alternatívnej hypotézy H_1 . Tri možné varianty hypotézy H_1 sú uvedené v tabuľke 6.

Tab. 6

H_0	H_1	TCH	KO
$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$\sigma_1^2 > \sigma_2^2$	$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$	$F > F_\alpha(n_1-1, n_2-1)$
$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$\sigma_1^2 < \sigma_2^2$	$F = \frac{s_2^2}{s_1^2}$	$F > F_\alpha(n_1-1, n_2-1)$
$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$	$F = \frac{\max(s_1^2, s_2^2)}{\min(s_1^2, s_2^2)}$	$F > \frac{F_\alpha}{2}(n_h-1, n_d-1)$

9. 2. Posúdenie významnosti rozdielov dvoch aritmetických priemerov

V tomto teste sú dve testové charakteristiky, ktorú z nich práve použijem, som zistila predchádzajúcim F - testom. Pretože postup testovania je obdobný, zhrniem jednotlivé varianty alternatívnej hypotézy pre obidve testové charakteristiky do tabuľky 7. a 8.

Testová charakteristika pre $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right]^{1/2}}$$

Tab. 7

$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$			
H_0	H_1	TCH	KO
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	t	$t > t_{2\alpha}(\nu)$
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		$t < -t_{2\alpha}(\nu)$
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 \neq \mu_2$		$ t > t_{\alpha}(\nu)$

Tab. 8

$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$			
H_0	H_1	TCH	KO
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	t	$t > t_{2\alpha}(n_1+n_2-2)$
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$		$t < -t_{2\alpha}(n_1+n_2-2)$
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 \neq \mu_2$		$ t > t_{\alpha}(n_1+n_2-2)$

Testová charakteristika pre $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{[s_1^2 (n_1 - 1) + s_2^2 (n_2 - 1)]^{1/2}} \left[\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2} \right]$$

kde μ_1 ... priemerná hodnota pevnosti (ťažnosti) priadze z cievky, kde nebolo prevedené vpichovanie prístrojom E-KVÚ

μ_2 ... priemerná hodnota pevnosti (ťažnosti) priadze z cievky, kde bolo prevedené vpichovanie prístrojom E-KVÚ

t ... testová charakteristika

$t_{2\alpha}$... kritická hodnota

α ... hladina významnosti, $\alpha = 0,05$

n_1, n_2 ... počet meraní, v tomto prípade $n_1 = n_2 = 150$

s_1, s_2 ... smerodatná odchylka hodnôt pevnosti (ťažnosti) z cievok, kde bolo a nebolo prevedené vpichovanie prístrojom E-KVÚ

ν ... stupeň volnosti, ktorý sa vypočíta zo vzťahu:

$$\nu = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}} \quad (33)$$

Ak príslušná vypočítaná testová charakteristika t padla do daného kritického oboru, zamietla som nulovú hypotézu a prijala zodpovedajúcu variantu alternatívnej hypotézy. Podľa prijatej varianty alternatívnej hypotézy (alebo prijatej nulovej

hypotézy) som určila aké sú úžitkové vlastnosti (pevnosť, ťažnosť) priadze z cievok, v ktorých som do vymedzenej vrstvy prevádzala vpichovanie hrotom prístroja E-KVÚ v porovnaní s priadzou z cievok, v ktorých som vpichovanie neprevádzala.

9. 3. Vlastné vyhodnotenie

Pre túto prácu som prevádzala štatistické vyhodnotenie rozdielov (pre pevnosť a ťažnosť zvlášť šestnásťkrát), t. j. vyhodnocovala som každú cievku, do ktorej som vpichovanie neprevádzala s každou cievkou, do ktorej som vpichovala hrotom prístroja E-KVÚ. Výsledky štatistických testov som zrovnala do tabuľky 9. a 10.

Tab. 9 Výsledky štatistických testov pre pevnosť priadze

cievky, v ktorých nebolo prevádzané vpichovanie	cievky, v ktorých bolo prevádzané vpichovanie							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$
2	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$

Z prevedených meraní som získala tieto výsledky:

$$\mu_1 = \mu_2 \dots 9$$

$$\mu_1 > \mu_2 \dots 5$$

$$\mu_1 < \mu_2 \dots 2$$

Tab. 10 Výsledky štatistických testov pre ťažnosť priadze

cievky, v ktorých nebolo prevádzané vpichovanie	cievky, v ktorých bolo prevádzané vpichovanie							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$
2	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 = \mu_2$

Z prevedených meraní som získala tieto výsledky:

$$\mu_1 = \mu_2 \dots 15$$

$$\mu_1 > \mu_2 \dots 1$$

$$\mu_1 < \mu_2 \dots 0$$

9. 4. Záver o vplyve meracej techniky na úžitkové vlastnosti priadze

Úžitkové vlastnosti ako pevnosť a ťažnosť sa radia medzi najdôležitejšie vlastnosti, ktoré charakterizujú priadzu a ovplyvňujú jej ďalšie spracovanie. Preto sa tu vyskytuje nutnosť sledovať ich hodnoty aj z hľadiska vplyvu iných prístrojov, ktorými sa vyhodnocujú iné parametre priadze, prípadne parametre návinu priadze. V tomto prípade som sa venovala konkrétne vyhodnocovaniu vplyvu vpichovacieho prístroja na zmienené úžitkové vlastnosti. Toto vyhodnocovanie som prevádzala skúšobným meraním radiálneho tlaku koncového návinu, meraním týchto úžitkových vlastností z oblastí, kde to meranie nebolo a bolo prevádzané. Z výsledných hodnôt, ktoré som získala meraním som prevádzala štatistické vyhodnotenie. Z hodnôt získaných štatistickým testovaním (tabuľka 9. a 10.) som mohla vysloviť záver o vplyve zmienenej meracej technike na úžitkové vlastnosti ako pevnosť a ťažnosť.

Výsledky štatistických testov prevádzaných pre ťažnosť priadze ukazujú takmer jednoznačne až na 1 prípad, že priemerné hodnoty ťažnosti priadze z cievok, v ktorých som neprevádzala vpichovanie prístrojom E-KVÚ sa rovnajú priemerným hodnotám ťažnosti priadze z cievok, v ktorých som vpichovanie hrotom prístroja E-KVÚ prevádzala. Možno teda konštatovať, že vpichovaním sa ťažnosť priadze nemení.

Výsledky zo štatistického testovania pre pevnosť priadze už tak jednoznačné nie sú. Zo šiestnástich prevedených testov dva ukazujú, že priemerná hodnota pevnosti priadze z cievok, kde som vpichovanie prístrojom neprevádzala je väčšia ako priemerná hodnota pevnosti z cievok, v ktorých som prevádzala skúšobné meranie radiálneho tlaku vpichovacím prístrojom E-KVÚ. Ďalších deväť testov ukazuje, že sa tieto zmienené priemerné hodnoty pevnosti priadze rovnajú. Len zostávajúcich päť testov

ukazuje, že priemerná hodnota pevnosti priadze z cievok, kde bolo prevádzané vpichovanie prístrojom je menšia ako priemerná pevnosť priadze z cievok, kde nebolo prevedené vpichovanie. I napriek tomu možno z dosiahnutých výsledkov povedať, že vpichovací prístroj E-KVÚ nemá podstatný vplyv na pevnosť priadze čo potvrdzujú výsledky štatistických testov, kedy $\mu_1 > \mu_2$ bolo 5 x a $\mu_1 \leq \mu_2$ bolo 11 x.

10. EXPERIMENTÁLNE PREVERENIE ROZLOŽENIA RADIÁLNEHO TLAKU A POROVNANIE S TEÓRIOU

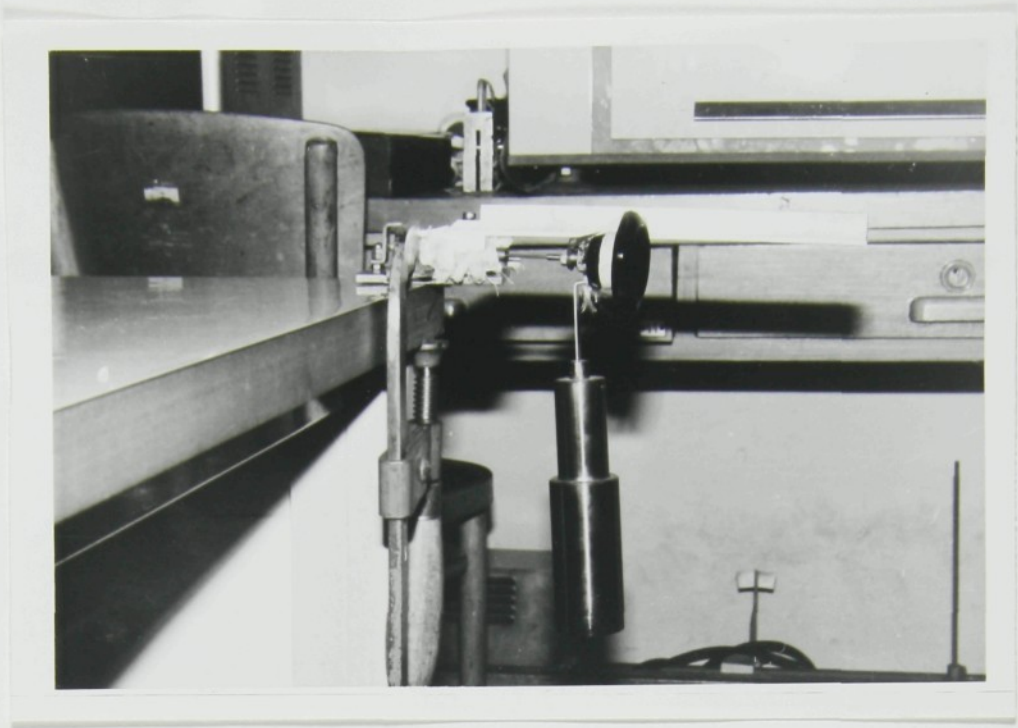
K experimentálnemu prevereniu rozloženia radiálneho tlaku som použila tri valcové cievky s krížovým vinutím zo stroja BD 200 M-69, ktoré som náhodne vybrala z celkového počtu desiatich cievok používaných k predchádzajúcemu meraniu a vyhodnoteniu. Parametre týchto cievok sú uvedené v kapitole 5.

Pre meranie radiálneho tlaku vo valcových cievkach som použila prístroj E-KVÚ s kuželovým hrotom, ktorý je popísaný v kapitole 7.

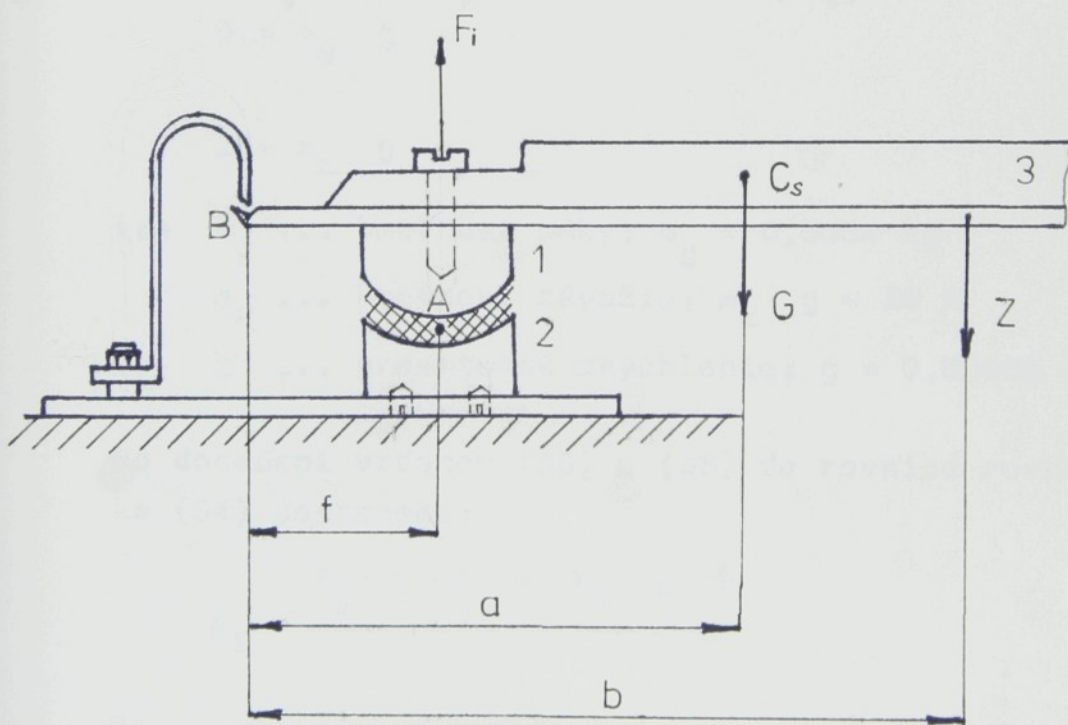
10. 1. Cejchovanie prístroja E-KVÚ

Ako som už uviedla, cejchovaním sa eliminujú rôzne vplyvy materiálu návinu. Princíp cejchovania spočíva v tom, že sa odvinutý materiál zo skúmaného návinu vloží medzi dve čeluste 1, 2 a cez pákovú konštrukciu 3 sa stimulujú rovnaké tlakové sily F_i , aké sú vo vnútri návinu. Túto situáciu zobrazuje obrázok 11.

Princíp cejchovania je znázornený na obrázku 12.



Obr. 11: Cejchovanie prístroja E-KVÚ



Obr. 12: Princíp cejchovania

*poz' je, ako
zaobliu celist'
na rozklad h'ly?*

- A ... merací bod (miesto vpichnutia hrotu)
 B ... operný bod
 Cs ... ťažisko páky
 a, b, f ... vzdialenosti síl k bodu B
 F_i ... sila pôsobiaca na hrot prístroja E-KVÚ
 G ... tiažová sila páky
 Z ... sila vyvolaná závažím

V bode A sa vpichuje hrot prístroja E-KVÚ a určí sa deformácia pružného elementu Δl_i pre rôzne sily $F_i = f(Z, b)$. Z rovnice rovnováhy na páke dostaneme silu F_i pôsobiacu na hrot prístroja.

$$F_i = \frac{G a + Z b}{f} \quad (34)$$

Veľkosť síl G a Z dostaneme zo vzťahov:

$$G = m_g g \quad (35)$$

$$Z = m_z g \quad (36)$$

kde m_g ... hmotnosť páky; $m_g = 0,5584 \text{ kg}$

m_z ... hmotnosť závažia; $m_z \cdot g = 20 \text{ N}$

g ... gravitačné zrýchlenie; $g = 9,80665 \text{ ms}^{-2}$

Po dosadení vzťahov (35) a (36) do rovnice rovnováhy na páke (34) dostaneme:

$$F_i = \frac{m_g \cdot g \cdot a + m_z \cdot g \cdot b}{f} \quad (37)$$

Po úprave má vzťah (37) tvar:

$$F_i = \frac{g}{f} (m_g \cdot a + m_z \cdot b) \quad (38)$$

kde $a = 0,163 \text{ m}$

$f = 0,043 \text{ m}$

Dosadením všetkých známych hodnôt do vzťahu (38) získame F_i :

$$F_i = 465,12 b + 20,785$$

kde $b \dots$ je rameno sily vyvolanej závažím

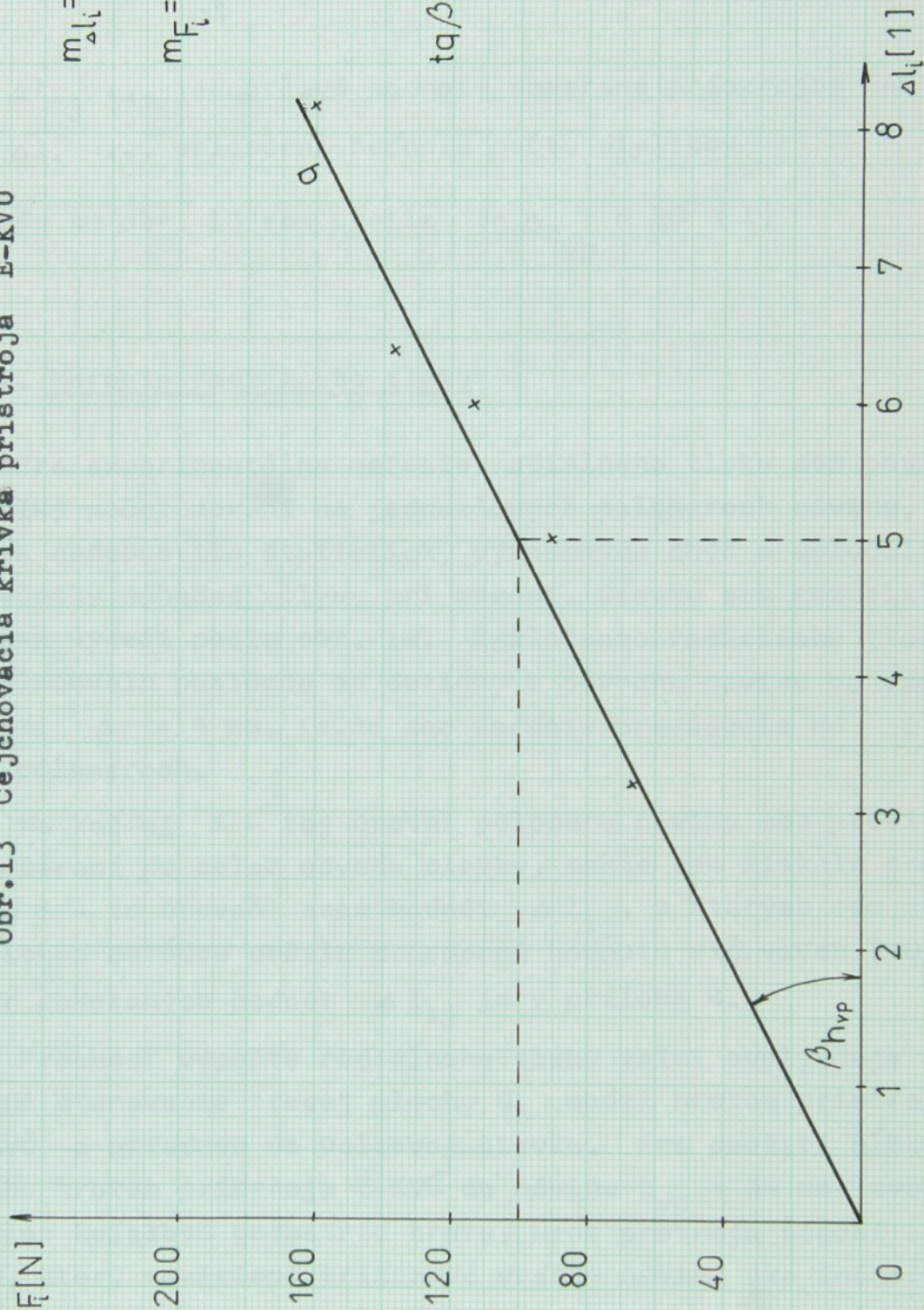
Zmenou dĺžky ramena b sa mení veľkosť sily F_i . Výsledky sily F_i pri konštantnej hĺbke vpichu sú uvedené v tabuľke 11.

Tab. 11

$b \text{ [m]}$	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
$\Delta l_i \text{ [l]}$	3,2	5,0	6,0	6,4	8,2
$F_i \text{ [N]}$	67,297	90,553	113,809	137,065	160,321

Pri konštantnej hĺbke vpichovania prístrojom $h_{vp} = 34 \text{ mm}$ som stanovila množinu bodov $P_i (\Delta l_i, F_i)$, ktoré zakreslujem do súradnicového systému: na vodorovnú os hodnoty Δl_i a na zvislú os hodnoty P_i . Tým získam závislosť $F = f(\Delta l_i)$. Spojnicu bodov P_i tvorí priamka q prechádzajúca počiatkom súradnicového systému a je obrazom lineárnej charakteristiky pružného elementu. Z cejchovacej krivky na obr. 13 priamo odčítam hodnoty P_i pre Δl_{ij} , ktoré boli experimentálne namerané na návine. Pre zjednodušenie si zmeriam z grafu uhol stúpania krivky a potom pre F_i platí nasledujúci vzťah:

Obr.13 Cejchovacia krivka prístroja E-KVÚ



$$F_i = \operatorname{tg} \beta_{h_{vp}} \cdot \Delta \bar{l}_i \quad (39)$$

$$\Delta \bar{l}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Delta l_{ij} \quad (40)$$

kde Δl_{ij} ... jednotlivé hodnoty namerané prístrojom E-KVÚ
 $\Delta \bar{l}_i$... priemerná hodnota počtu dielikov

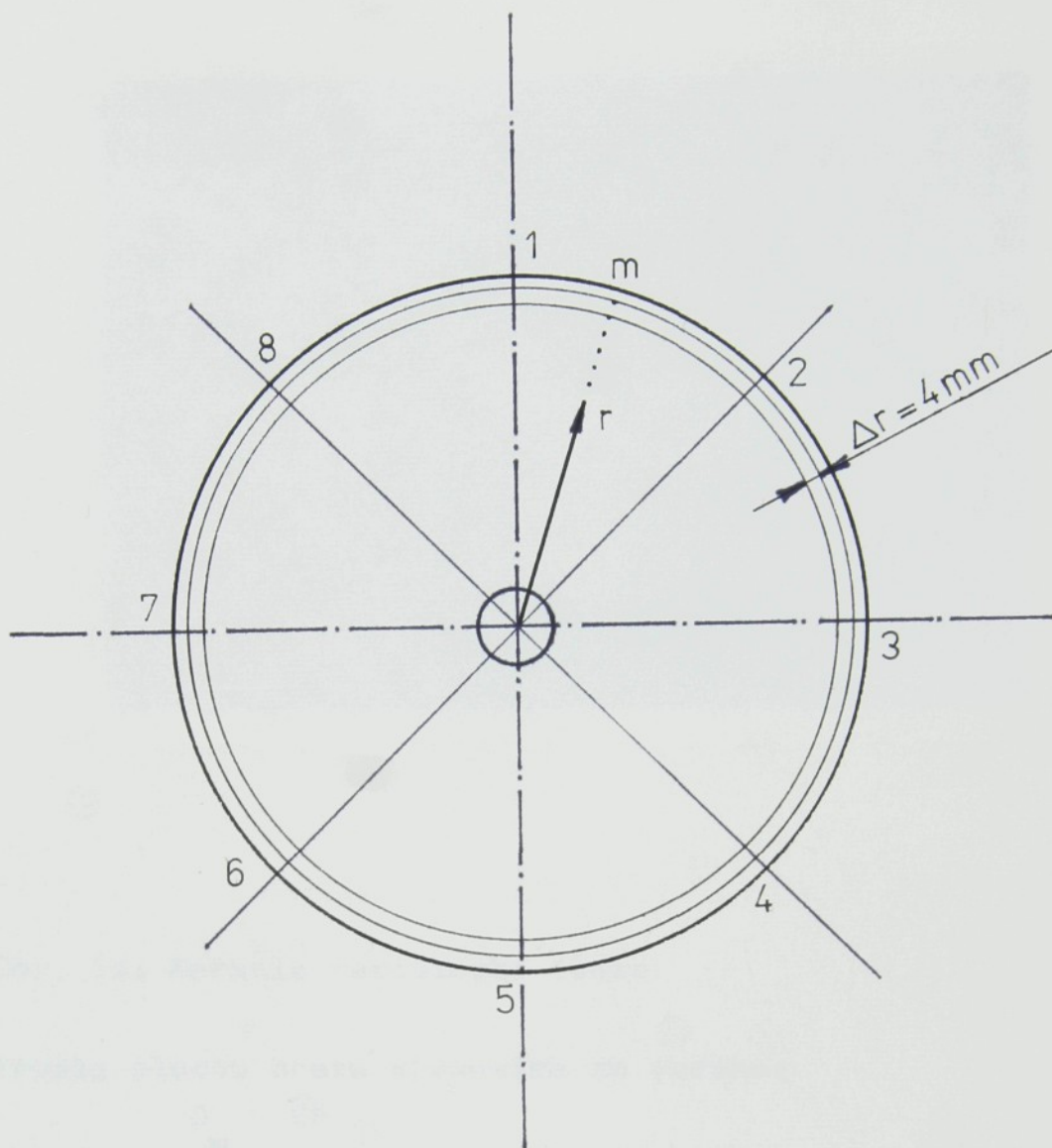
Z grafu na obr. 13 som určila $\operatorname{tg} \beta_{h_{vp}} = 20$ [1]

10. 2. Meranie radiálneho tlaku

Pre experimentálne meranie radiálneho tlaku som použila veľký počet meraní na jednotlivých polomeroch návinu, aby som sa nedopustila štatisticky významných chýb a vylúčili sa tak všetky náhodné vplyvy pri meraní. Cievku som rozdelila na osem výsečí podľa obr. 14. Rozloženie radiálneho tlaku som sledovala postupne od dutinky k povrchu návinu vo vzdialenosti $\Delta r = 4$ mm, takže som meranie prevádzala na i rôznych polomeroch.

Na každej i - tej úrovni polomeru návinu som previedla osem meraní po celom obvode cievky, takže som získala pre každú i - tú úroveň osem hodnôt Δl_{ij} , z ktorých som štatistickou metódou určila priemernú hodnotu viď.vzťah (40). Súbor nameraných hodnôt Δl_{ij} je v prílohe 4.

Presnosť výpočtu radiálneho tlaku veľmi ovplyvňuje presné stanovenie trecej plochy S_h medzi hrotom prístroja E-KVÚ a priadzou vo valcovej cievke. Pri použití hĺbky vpichu hrotom prístroja E-KVÚ do návinu $h_{vp} = 34$ mm, uvažujem len kuželovú geometriu hrotu. Hrot prístroja pôsobí ako klín, ktorý rozštiepi priadzové vrstvy návinu ako znázorňuje obr. 16.



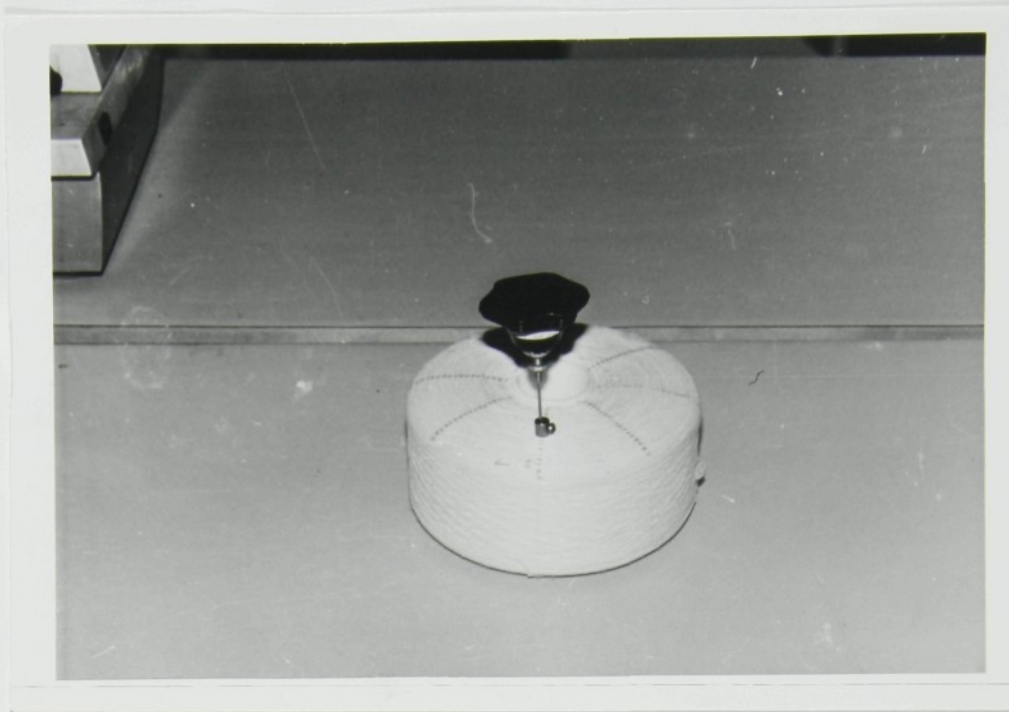
Obr.14: Schéma meracích bodov na cievke

$j = 1, 2, \dots n$

$n \dots$ počet miest na jednotlivých úrovniach polomeru,
 $n = 8$

$i = 1, 2, \dots m$

$m \dots$ počet úrovní polomeru r_i



Obr. 15: Meranie radiálneho tlaku

Treciu plochu hrotu stanovíme zo vzťahu:

$$S_h = \frac{S_M \cdot \widehat{EF}}{\pi d_h} \quad (41)$$

S_M ... plocha plášťa kužela, ktorú určíme zo vzťahu:

$$S_M = \frac{\pi d_h \cdot S_1}{2} \quad (42)$$

Dĺžku kuželovej strany získame:

$$S_1 = \sqrt{\left(\frac{d_h}{2}\right)^2 + h_{vp}^2} \quad (43)$$

Dosadením vzťahu (43) do vzťahu (42) dostaneme:

$$S_M = \frac{\pi d_h}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{d_h}{2}\right)^2 + h_{vp}^2} \quad (44)$$

Vzťahy pre výpočet uhlu opásania τ a dĺžky oblúku $\widehat{EF}$:

$$\tau = \arcsin\left(\frac{d_h}{e}\right) \quad (45)$$

$$\widehat{EF} = \frac{\pi d_h \cdot \arcsin\left(\frac{d_h}{e}\right)}{180^\circ} \quad (46)$$

Po dosadení vzťahov (45) a (46) do vzťahu (41) dostaneme:

$$S_h = \frac{\pi d_h}{360^\circ} \arcsin\left(\frac{d_h}{e}\right) \sqrt{\left(\frac{d_h}{2}\right)^2 + h_{vp}^2} \quad (47)$$

Úpravou vzťahu (47) získame konečný vzťah, podľa ktorého budeme počítať treciu plochu S_h :

$$S_h = 0,53398471 \arcsin\left(\frac{d_h}{e}\right) \quad (48)$$

Teraz už môžeme stanoviť radiálny tlak σ_{r_i} na rôznych polomeroch návinu, pre ktorý platí vzťah:

$$\sigma_{r_i} = \frac{F_i}{S_h} \quad (49)$$

Smerodiatnú odchylku nameraných dielikov určíme vo vzťahu:

$$s_{l_i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (\Delta l_{ij} - \Delta \bar{l}_i)^2} \quad (50)$$

a variačný koeficient:

$$v_{\sigma_{r_i}} = \frac{s_{l_i}}{\Delta \bar{l}_i} \cdot 10^2 \quad (51)$$

Intervalový odhad radiálneho tlaku v návine sa stanoví:

$$\sigma_r = \sigma_{r_i} \pm \delta\sigma_r \quad (52)$$

$$\text{kde } \delta\sigma_r = t_\alpha (n - 1) \frac{s_{\sigma_r}}{\sqrt{n}} \quad (53)$$

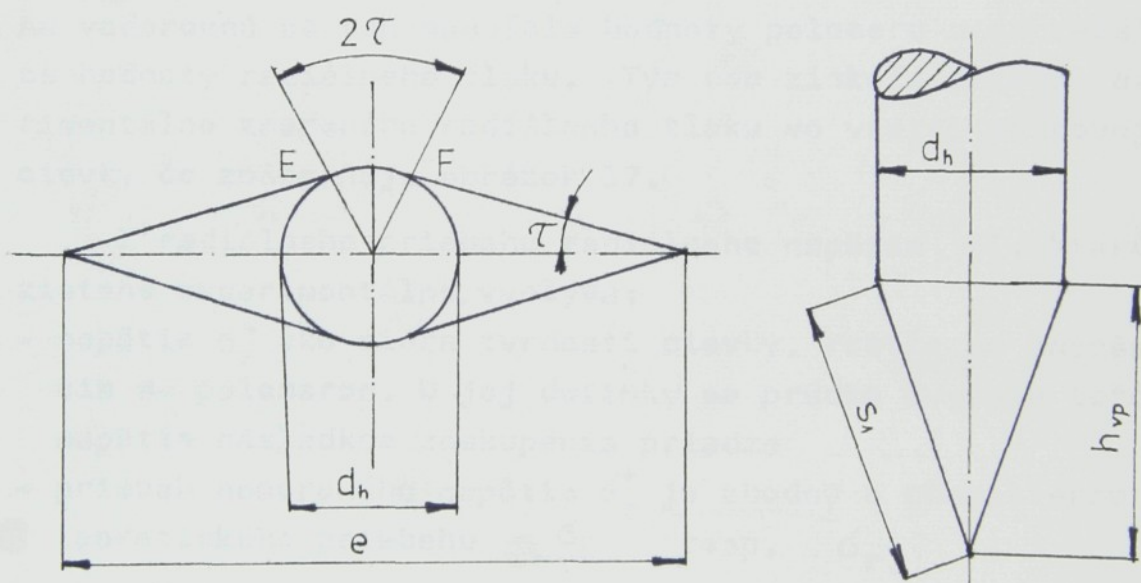
$$t_\alpha (n - 1) = 1,8946$$

pre $\alpha = 0,05$

$$n = 8$$

kde t_α ... kritická hodnota Studentovho rozdelenia

s_{σ_r} ... smerodatná odchylka prepočítaná na tlakovú jednotku



Obr. 16: a/ Útvar vytvorený hrotom v telese náviny po radiálnom smere

b/ Hrot vpichovacieho prístroja E-KVÚ

kde $\widehat{EF}$... dĺžka oblúku [mm]
 e ... priemerná dĺžka vzniknutého otvoru na i -tom
 polomere návinu [mm]
 2τ ... uhol opásania na i -tom polomere návinu
 d_h ... priemer hrotu [mm]
 s_1 ... dĺžka kuželovej strany [mm]

10. 2. 1. Výsledky a zhodnotenie merania radiálneho tlaku vo valcovej cievke

Všetky namerané a vypočítané hodnoty radiálneho tlaku vo valcovej cievke uvádzam v tabuľkách 12, 13, 14.

Výsledné hodnoty merania radiálneho tlaku vo vnútri valcovej cievky som zakreslila do súradnicového systému: na vodorovnú os som nanášala hodnoty polomeru a na zvislú os hodnoty radiálneho tlaku. Tým som získala priebeh experimentálne zmeraného radiálneho tlaku vo vnútri valcovej cievky čo znázorňuje obrázok 17.

Z radiálneho priebehu radiálneho napätia σ_r^+ , ktoré je zistené experimentálne, vyplýva:

- napätie σ_r^+ ako miera tvrdosti cievky, rastie so znižujúcim sa polomerom. U jej dutinky sa prudko zvyšuje toto napätie následkom zoskupenia priadze
 - priebeh nameraného napätia σ_r^+ je zhodný s charakterom teoretického priebehu $\frac{\sigma_r}{q}$ resp. σ_r .
- Ja to je rovnosť? a del*

Prístroj E-KVÚ charakterizuje vnútorný stav napätosti v cievke, ale pritom je nutné brať do úvahy faktory, ktoré ovplyvňujú namerané hodnoty. Aby namerané hodnoty boli čo najpresnejšie, zhrniem teraz najdôležitejšie faktory, ktoré pri meraní prístrojom E-KVÚ vznikajú.

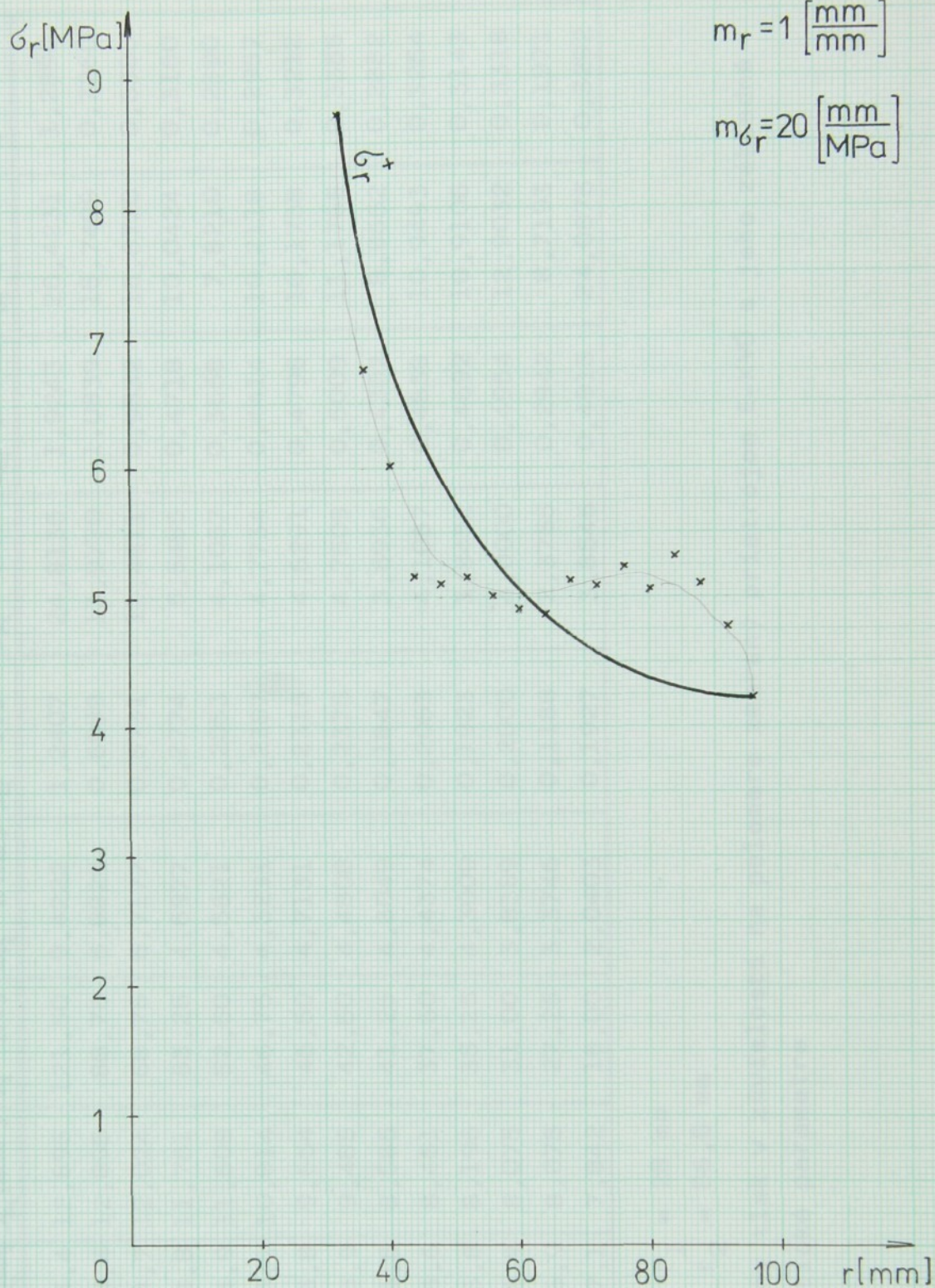
1. Fixácia hĺbky vpichu.

i	r_i [mm]	$\Delta \bar{\epsilon}_i$ [1]	ϵ_i [mm]	S_{k_i} [mm ²]	F_i [N]	σ_{r_i} [MPa]	s_{ϵ_i} [1]	s_{F_i} [N]	$s_{\sigma_{r_i}}$ [MPa]	v_{ϵ_i} [%]	$\delta \epsilon_i$ [MPa]
1	32	6,5750	3,8	15,098	131,50	8,7098	0,8515	17,0294	1,1279	12,9506	0,7555
2	36	4,8250	4,0	14,281	96,50	6,7572	0,8681	17,3617	1,2157	17,9917	0,8143
3	40	3,8875	4,4	12,895	77,75	6,0295	0,6446	12,8924	0,9998	16,5814	0,6697
4	44	3,3375	4,4	12,895	66,75	5,1765	0,3701	7,4017	0,5740	11,0891	0,3845
5	48	3,0000	4,8	11,761	60,00	5,1016	0,3891	7,7828	0,6617	12,9700	0,4432
6	52	2,9750	4,9	11,508	59,50	5,1703	0,4166	8,3324	0,7240	14,0034	0,4850
7	56	2,6085	5,3	10,602	53,25	5,0226	0,3335	6,6708	0,6292	12,5258	0,4215
8	60	2,5125	5,5	10,201	50,25	4,9260	0,1959	3,9188	0,3842	7,7970	0,2574
9	64	2,4500	5,6	10,012	49,00	4,8941	0,2000	4,0000	0,3995	8,1633	0,2676
10	68	2,4375	5,9	9,485	48,75	5,1397	0,2200	4,3997	0,4639	9,0256	0,3107
11	72	2,3000	6,2	9,012	46,00	5,1043	0,2268	4,5356	0,5033	9,8609	0,3371
12	76	2,2500	6,5	8,585	45,00	5,2417	0,2204	4,4078	0,5134	9,7956	0,3439
13	80	2,0750	6,8	8,196	41,50	5,0634	0,1488	2,9761	0,3631	7,1710	0,2432
14	84	2,1500	6,9	8,075	43,00	5,3251	0,2330	4,6599	0,5771	10,8372	0,3866
15	88	2,0000	7,1	7,842	40,00	5,1007	0,2204	4,4078	0,5621	11,0200	0,3765
16	92	1,8250	7,3	7,623	36,50	4,7881	0,2121	4,2426	0,5565	11,6219	0,3728
17	96	1,5875	7,4	7,517	31,75	4,2238	0,1356	2,7124	0,3608	8,5417	0,2417

Rozmery cievky: $r_1 = 28$ mm

$r_2 = 100,5$ mm

Tab.12: Radiálny tlak v závislosti na polomere zmeraný prístrojom E-KVÚ a jeho základné štatistické parametre



Rozmery cievky: $r_1 = 28 \text{ mm}$

$r_2 = 100,5 \text{ mm}$

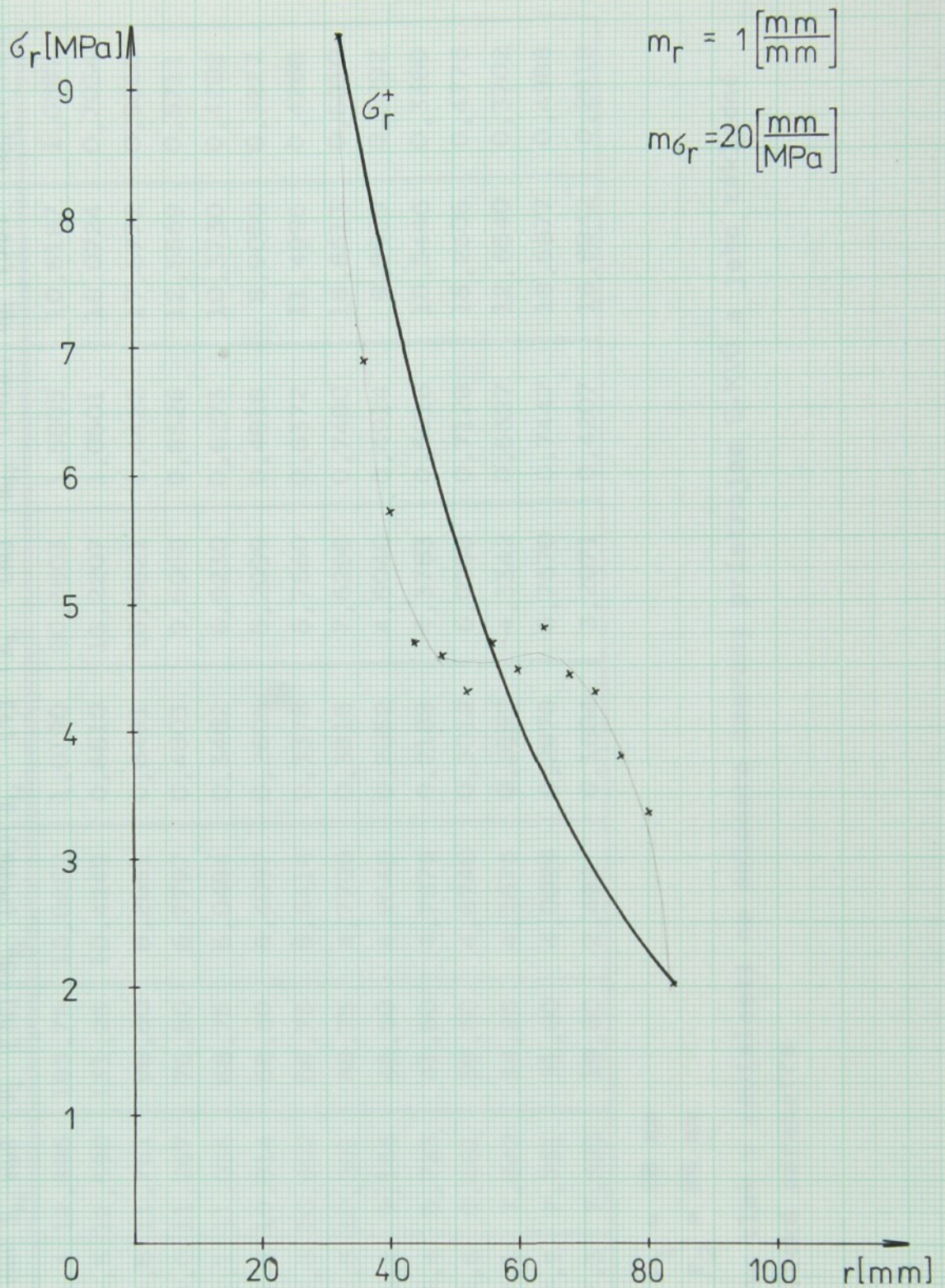
Obr.17a Pribeh radiálneho tlaku v cievke

i	r_i [mm]	$\Delta \bar{t}_i$ [1]	e_i [mm]	S_{h_i} [mm ²]	F_i [N]	G_{r_i} [MPa]	s_{ti} [1]	s_{Fi} [N]	s_{δ_i} [MPa]	v_{δ_i} [%]	δ_{δ_i} [MPa]
1	32	6,0750	4,4	12,895	121,50	9,4222	1,2407	24,8136	1,9243	20,4231	1,2890
2	36	4,4375	4,4	12,895	88,75	6,8825	0,6989	13,9770	1,0839	15,7499	0,7260
3	40	3,4375	4,7	12,024	68,75	5,7177	0,5731	11,4611	0,9532	16,6720	0,6385
4	44	2,7625	4,8	11,761	55,25	4,6977	0,2774	5,5485	0,4718	10,0424	0,3160
5	48	2,6250	4,9	11,508	52,50	4,5621	0,2053	4,1057	0,3568	7,8210	0,2390
6	52	2,3375	5,2	10,814	46,75	4,3231	0,2387	4,7734	0,4414	10,2118	0,2957
7	56	2,2750	5,8	9,654	45,50	4,7131	0,2315	4,6291	0,4795	10,1758	0,3212
8	60	2,1250	5,9	9,485	42,50	4,4808	0,2375	4,7509	0,5009	11,1765	0,3355
9	64	2,0685	6,5	8,585	41,25	4,8049	0,1847	3,6936	0,4302	8,9552	0,2882
10	68	1,8750	6,6	8,451	37,50	4,4374	0,2053	4,1057	0,4858	10,9493	0,3254
11	72	1,7675	6,8	8,196	35,25	4,3009	0,1923	3,8452	0,4692	10,9106	0,3143
12	76	1,5500	6,9	8,075	31,00	3,8389	0,2000	4,0000	0,4954	12,9032	0,3318
13	80	1,3685	6,9	8,075	27,25	3,3746	0,1188	2,3755	0,2942	8,7193	0,1971
14	84	0,8000	7,1	7,842	16,00	2,0403	0,1927	3,8545	0,4915	24,0875	0,3292

Rozmery cievky: $r_1 = 28$ mm

$r_2 = 86,5$ mm

Tab. 13: Radiálny tlak v závislosti na polomere zmerany prístrojom E-KVÚ a jeho základné štatistické parametre



Rozmery cievky: $r_1 = 28 \text{ mm}$

$r_2 = 86,5 \text{ mm}$

Obr.17b Pribeh radiálneho tlaku v cievke

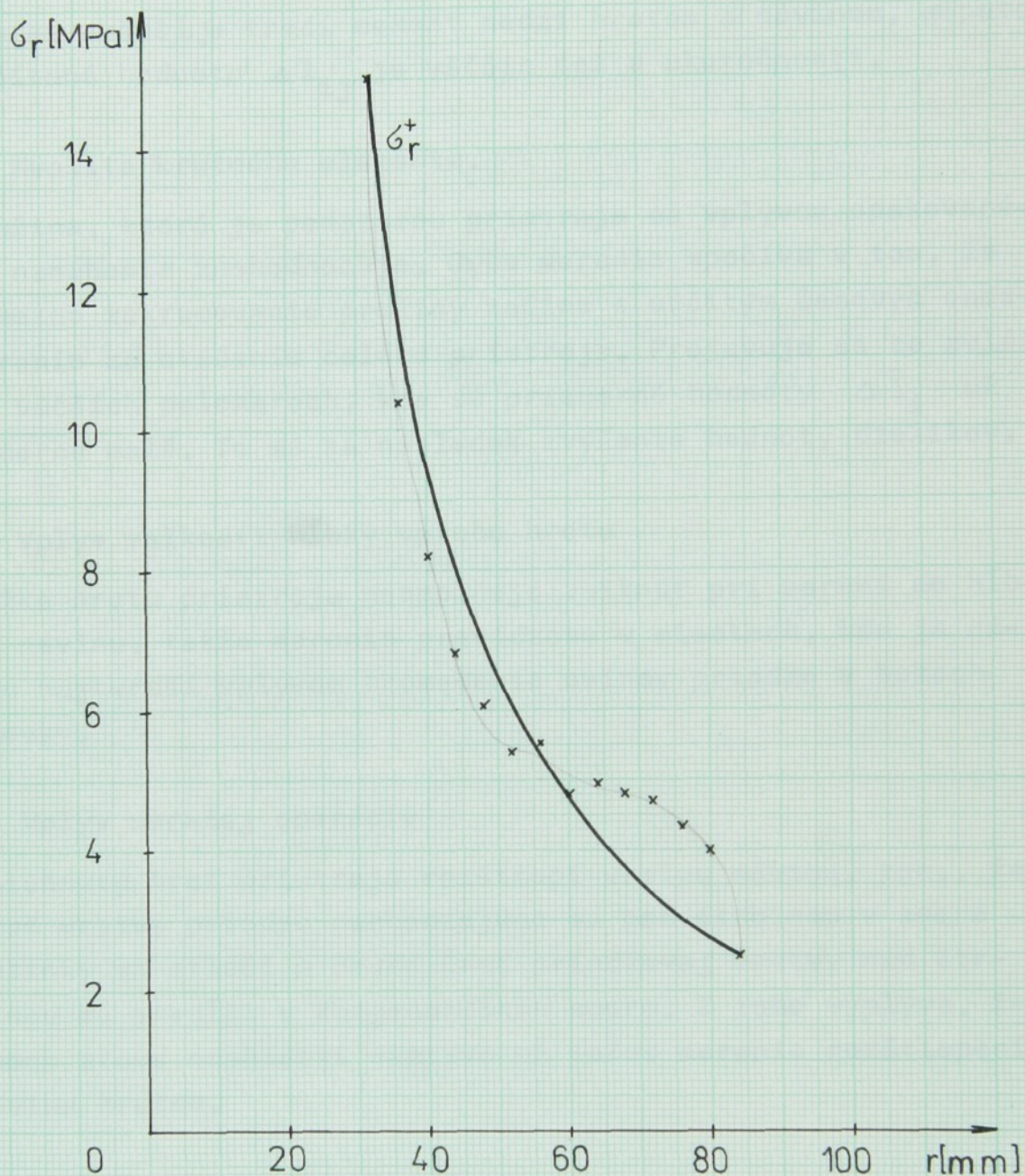
i	r_i mm	$\Delta \bar{t}_i$ s	e_i mm	S_{k_i} mm ²	F_i [N]	σ_{η} [MPa]	s_{t_i} [°]	s_{F_i} [N]	s_{σ_i} [MPa]	v_{σ_i} [%]	σ_{δ_i} [MPa]
1	32	9,6875	4,4	12,895	193,75	15,0252	1,0190	20,3803	1,5805	10,5187	1,0587
2	36	6,5025	4,5	12,590	131,25	10,4249	0,6610	13,2207	1,0501	10,0724	0,7034
3	40	4,8250	4,8	11,761	96,50	8,2051	0,8481	16,9621	1,4422	17,5772	0,9660
4	44	3,8250	5,0	11,267	76,50	6,7797	0,4803	9,6065	0,8526	12,5569	0,5711
5	48	3,3375	5,1	11,036	66,75	6,0484	0,3462	6,9230	0,6273	10,3730	0,4202
6	52	2,9250	5,2	10,814	58,50	5,4097	0,2605	5,2099	0,4818	8,9050	0,3227
7	56	2,9575	5,3	10,602	58,75	5,5414	0,3378	6,7560	0,6372	11,4996	0,4268
8	60	2,4575	5,5	10,201	48,75	4,7790	0,3815	7,6298	0,7480	15,6513	0,5010
9	64	2,2750	6,1	9,165	45,50	4,9646	0,2252	4,5040	0,4914	9,8989	0,3292
10	68	2,0750	6,4	8,723	41,50	4,7575	0,2188	4,3753	0,5016	10,5446	0,3360
11	72	1,9750	6,6	8,451	39,50	4,6740	0,3012	6,0238	0,7128	15,2506	0,4775
12	76	1,7125	7,1	7,842	34,25	4,3675	0,2167	4,3342	0,5527	12,6540	0,3702
13	80	1,5500	7,2	7,731	31,00	4,0099	0,2878	5,7570	0,7447	18,5677	0,4988
14	84	0,9500	7,3	7,623	19,00	2,492	0,1604	3,2071	0,4207	16,8842	0,2818

Rozmery cievky: $r_1 = 28$ mm
 $r_2 = 86$ mm

Tab. 14: Radiálny tlak v závislosti na polomere zmerany prístrojom E-KVÚ a jeho základné štatistické parametre

$$m_r = 1 \left[\frac{\text{mm}}{\text{mm}} \right]$$

$$m_{\sigma_r} = 10 \left[\frac{\text{mm}}{\text{MPa}} \right]$$



Rozmery cievky: $r_1 = 28 \text{ mm}$

$r_2 = 86 \text{ mm}$

Obr.17c Pribeh radiálneho tlaku v cievke

Konštantnú hĺbku vpichu hrotu sám si zabezpečila nadstavovacím krúžkom a práve ten sa stáva zdrojom chýb pri meraní. Medzi ním a vlákenným materiálom totiž dochádza k treniu, tým sa zväčšuje trecí moment medzi hrotom a návinom, a potom odčítaná hodnota Δl_{ij} je väčšia než v skutočnosti.

2. Kvalita krutného elementu.

Pružina, ktorá je podstatou prístroja sa vplyvom opakovaného namáhania znehodnocuje. Chyba merania spočíva v tom, že samotné zakrucovanie pružiny začína s určitým časovým oneskorením za otáčaním celého prístroja. Prejavuje sa to zvlášť na väčších polomeroch, kde sú priemerné hodnoty $\Delta \bar{l}_i$ už pomerne malé. To má za následok zvýšenie hodnoty dielikov.

3. Vplyv veľkosti hĺbky vpichu hrotu

Dĺžka hrotu prístroja neumožňuje vniknúť pri meraní do hĺbky návínu, takže meranie prevádzame v miestach, kde je návín najtvrdší vplyvom hromadenia ovínov priadze v bokoch cievky.

4. Vplyv meracej operácie

Vpichnutý hrot prístroja rozštípe vrstvu návínu, tzn., že časť vrstvy priadze nachádzajúca sa pod štrbinou v smere dutinky sa stlačí a druhá časť priadzovej vrstvy nad štrbinou sa predĺži v tangenciálnom smere. Z toho vyplýva, že zmena stavu napätosti nastáva už počas merania rozštípením návínu hrotom.

5. Vplyv merania dĺžky štrbiny

Vpichnutím hrotu prístroja vznikne v návíne rozštípený útvar - štrbina, ktorej dĺžka e sa nedá presne zistiť. Ťažko sa dá rozoznať bod, ktorý určuje hranicu medzi útvarom a priadzovým telesom.

Aj napriek týmto nedostatkom je táto metóda dostatočne presná a napomáha vyriešiť problém stanovenia radiálneho tlaku v koncovom návine a umožňuje zrovnanie experimentálnych výsledkov s teoretickými.

10. 3. Miera anizotropie válcového krížového návínu

Miera anizotropie k telesu návínu sa môže určiť dvoma spôsobmi. Prvý spôsob pre určenie tejto hodnoty vychádza zo vzťahu (5) a druhý spôsob vychádza z približného porovnávania nameraných hodnôt radiálneho napätia s teoretickými hodnotami.

10. 3. 1. Porovnanie priebehu nameraného radiálneho napätia s teoretickými hodnotami

K zostrojeniu konečného priebehu radiálneho tlaku válcového návínu zo stroja BD 200 M-69 si zhrniem hodnoty, ktoré poznám z predchádzajúcich kapitol. Previedla som experimentálne meranie radiálneho tlaku koncového návínu σ_r^+ a k tomu poznám ešte teoretické hodnoty $\frac{\sigma_r}{q}$ a $\frac{\sigma_t}{q}$

čo sú pomerné hodnoty radiálneho tlaku a obvodového napätia vzťahnuté na hodnotu navíjacieho napätia q .

Pretože zatiaľ nie som schopná určiť mieru anizotropie k experimentálne, budem pri porovnávaní teoretických hodnôt radiálneho tlaku v cievke $\frac{\sigma_r}{q}$ s experimentálnymi σ_r^+

vychádzať z experimentálneho priebehu radiálneho tlaku vo vnútri cievky. Tieto hodnoty budem porovnávať s teoretickými

$\frac{\sigma_r}{q}$ a tým som schopná určiť mieru anizotropie k

a odpovedajúce pomerné obvodové napätie v návine $\frac{\sigma_t}{q}$.

Obidve hodnoty sa menia so zmenou polomeru návinu.

10. 3. 1. 1. Hodnoty potrebné k porovnaniu priebehu nameraného napätia s teoretickým napätím

1. Hodnota napätia q^+ , ktorá pretrváva v cievke po dobu jej tvorby

Okrem osových síl, ktoré pôsobia v jednotlivých fázach odťahovej cesty, má tiež na stav vnútornej napätosti priadzového telesa návinu vplyv skutočného napätia q^+ . Toto napätie ešte pretrváva v priadzi po jej uložení na cievku a pôsobí celú dobu až do okamžiku využitia priadze. Pri porovnávaní nameraného napätia s teoretickým priebehom pomeru $\frac{\sigma_r}{q}$ postupujeme takto:

- hľadáme teoretické hodnoty $\frac{\sigma_r}{q}$ tak, aby tieto hodnoty boli čo najviac približné s nameranými hodnotami $\sigma_r^+ \frac{m \sigma^+}{m \sigma}$
- na ose polomeru r majú teoretické i namerané hodnoty rovnaký modul, ale na ose úsečiek je pre σ_r^+ a $\frac{\sigma_r}{q}$

rozdielny modul. Tento násobok pomeru modulov medzi dvoma súradnicovými osami vyjadruje pretrvávajúce napätie q^+ v cievke, pre ktoré platí:

$$\frac{\sigma_r}{q} \cdot \frac{m \sigma}{m_r} \doteq \sigma_r^+ \cdot \frac{m \sigma^+}{m_r}$$

kde $\frac{\sigma_r}{q}$... teoretické hodnoty [1]

σ_r ... teoretické napätie [MPa]

σ_r^+ ... namerané napätie [MPa]

$m\sigma$... modul na ose pomeru hodnôt $\frac{\sigma_r}{q}$ $\left[\frac{\text{mm}}{1} \right]$

$m\sigma^+$... modul na ose nameraného napätia σ_r^+ $\left[\frac{\text{mm}}{\text{MPa}} \right]$

m_r ... modul na ose polomeru r $\left[\frac{\text{mm}}{\text{mm}} \right]$

Ak je $\sigma_r^+ = \sigma_r$, potom hľadaná hodnota q^+ pretrvávajúceho napätia v návine má tvar:

$$q^+ = \frac{m\sigma}{m\sigma^+}$$

Pretrvávajúce napätie pôsobí omnoho dlhšie, než je doba odpovedajúca pôsobeniu navíjacieho napätia pri navíjaní. Zásadný tvar priebehov $\frac{\sigma_r^+}{q}$ a $\frac{\sigma_r}{q}$ nie je ovplyv-

nený veľkosťou hodnoty navíjacieho napätia, lebo hodnoty q^+ majú vplyv len na rozdiel zvoleného modulu na osách meraných napätí σ_r^+ a teoretických hodnôt $\frac{\sigma_r}{q}$,

ale veľkosť navíjacieho napätia je spojená s mierou anizotropie telesa skutočnej cievky. To vedie k nepresnosti pri porovnaní priebehov medzi nameraným a teoretickým napätím.

2. Podľa práce [5] súčiniteľ μ_{rt} ovplyvňuje priebeh σ_r len u malých polomerov, preto je možné približné porovnanie priebehu σ_r^+ a σ_r pri konštantnej hodnote μ_{rt} . V tomto prípade je najlepšie použiť $\mu_{rt} = 0,2 \div 0,3$.
3. Podľa teoretických výsledkov povrchu cievky je napätie $\sigma_r = 0$. Aby porovnanie priebehov napätia vzhľadom k miere anizotropie telesa návinu prebehlo čo najlepšie, je nutné premiestniť os polomeru k hodnote 3,3 (podľa obr. 18a) k hodnote 2,4 (podľa obr. 18c) k hodnote 2 (podľa obr. 18b).

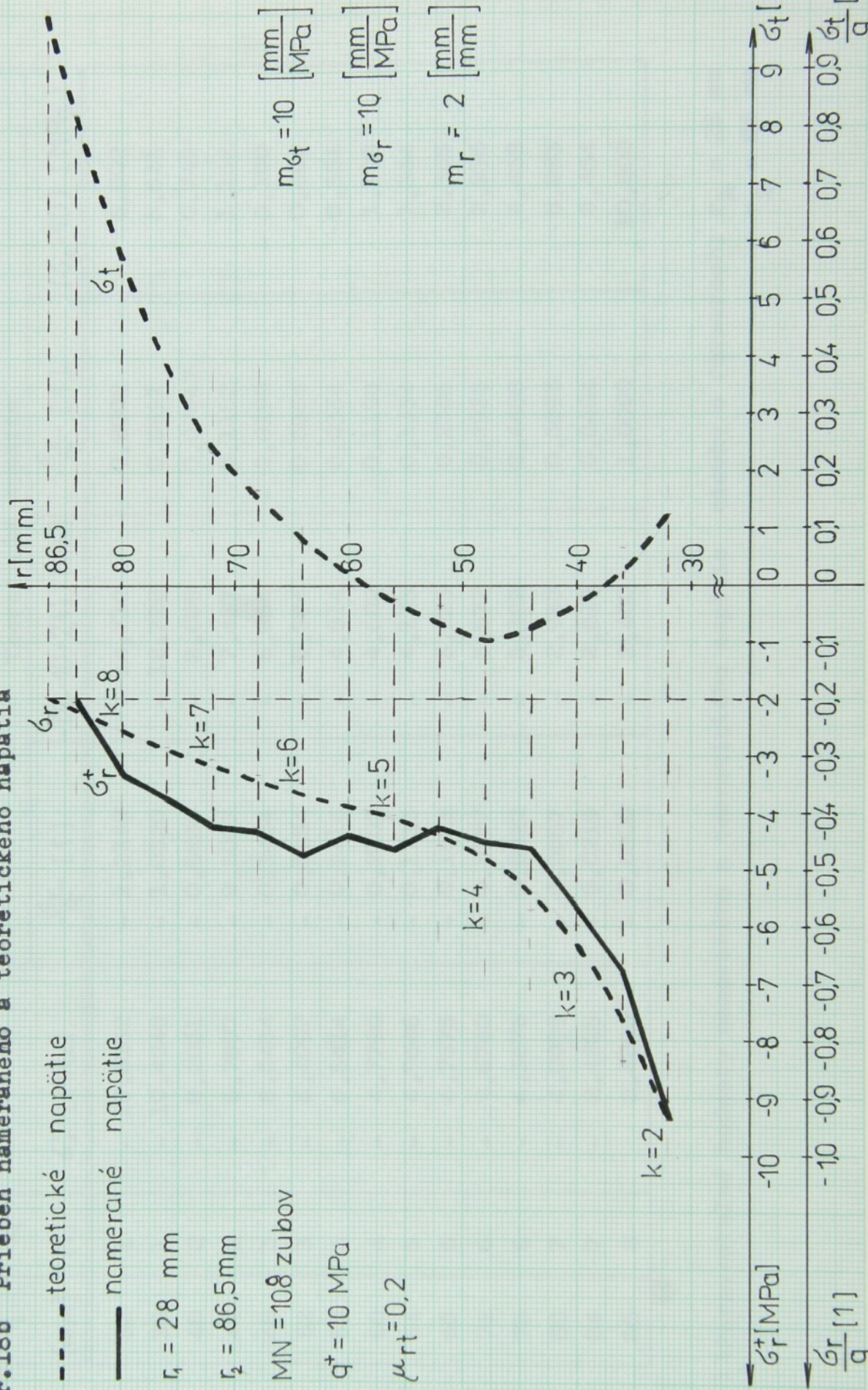
r_i [mm]	k_i [1]	$\sigma_r^* \text{ [MPa]}$	Teoretické napätie			
			$\frac{\sigma_r}{q} \text{ [1]}$	$-(\sigma_r \cdot 10 + 33) \text{ [MPa]}$	$\frac{\sigma_t}{q} \text{ [1]}$	$(\sigma_t \cdot 10) \text{ [MPa]}$
32	2	- 8,7098	- 0,7486	- 10,786	0,1145	1,145
36	3	- 6,7572	- 0,4388	- 7,688	- 0,2861	- 2,861
40	3	- 6,0295	- 0,4218	- 7,518	- 0,2409	- 2,409
44	4	- 5,1765	- 0,3044	- 6,344	- 0,2236	- 2,236
48	4	- 5,1016	- 0,2962	- 6,262	- 0,1877	- 1,877
52	4	- 5,1703	- 0,2863	- 6,163	- 0,1460	- 1,460
56	4	- 5,0226	- 0,2747	- 6,047	- 0,0997	- 0,997
60	5	- 4,9260	- 0,2176	- 5,476	- 0,0881	- 0,881
64	5	- 4,8941	- 0,2080	- 5,380	- 0,0403	- 0,403
68	5	- 5,1397	- 0,1965	- 5,265	0,0173	0,173
72	6	- 5,1043	- 0,1613	- 4,913	0,0323	0,323
76	6	- 5,2417	- 0,1493	- 4,793	0,1043	1,043
80	6	- 5,0634	- 0,1344	- 4,644	0,1933	1,933
84	7	- 5,3251	- 0,1081	- 4,381	0,2433	2,433
88	7	- 5,1007	- 0,0892	- 4,1924	0,3753	3,753
92	7	- 4,7881	- 0,0656	- 3,956	0,5410	5,410
96	8	- 4,2238	- 0,0355	- 3,655	0,7163	7,163
100,5		- 3,3000	0,0000	- 3,300	1,0000	10,000

Tab. 15: Porovnateľné hodnoty nameraného a teoretického napätia cievky o rozmeroch: $r_1 = 28$ mm
 $r_2 = 100,5$ mm

r_i [mm]	k_i [1]	$\sigma_r^* \text{ [MPa]}$	Teoretické napätie			
			$-\frac{\sigma_r}{q} \text{ [1]}$	$-(\sigma_r \cdot 10 + 24) \text{ [MPa]}$	$\frac{\sigma_t}{q} \text{ [1]}$	$(\sigma_t \cdot 10) \text{ [MPa]}$
32	2	- 9,4222	- 0,7307	- 9,307	0,1254	1,2540
36	2	- 6,8825	- 0,6396	- 8,396	0,06764	0,6764
40	3	- 5,7177	- 0,3996	- 5,996	- 0,1305	- 1,3040
44	3	- 4,6977	- 0,3732	- 5,732	- 0,08293	- 0,8293
48	4	- 4,5621	- 0,2756	- 4,756	- 0,09932	- 0,9932
52	4	- 4,3231	- 0,2598	- 4,598	- 0,03748	- 0,3748
56	5	- 4,7131	- 0,2051	- 4,051	- 0,02526	- 0,2526
60	5	- 4,4808	- 0,1908	- 3,908	0,04616	0,4616
64	6	- 4,8049	- 0,1544	- 3,544	0,07389	0,7389
68	6	- 4,4374	- 0,1382	- 3,3820	0,1709	1,7090
72	7	- 4,3009	0,1093	- 3,093	0,2351	2,3510
76	7	- 3,8389	- 0,08728	- 2,8728	0,3890	3,8900
80	8	- 3,3746	- 0,05675	- 2,5675	0,5460	5,4600
84	8	- 2,0403	- 0,02169	- 2,2169	0,8264	8,2640
86,5		- 2,0000	0,00000	- 2,0000	1,0000	10,0000

Tab. 16: Porovnateľné hodnoty nameraného a teoretického napätia cievky o rozmeroch: $r_1 = 28 \text{ mm}$
 $r_2 = 86,5 \text{ mm}$

Obr.18b Priebek nameraného a teoretického napätia



r_i [mm]	k_i [1]	σ_r^* [MPa]	Teoretické napätie			
			$\frac{\sigma_r}{q}$ [1]	$-(\sigma_r \cdot 10 + 2,4)$ [MPa]	$\frac{\sigma_t}{q}$ [1]	$(\sigma_t \cdot 10)$ [MPa]
32	1	- 15,0252	- 1,2330	- 14,730	0,6002	6,002
36	1	- 10,4249	- 1,0320	- 12,720	0,5611	5,611
40	2	- 8,2051	- 0,5689	- 8,089	0,07447	0,749
44	2	- 6,7897	- 0,5087	- 7,487	0,1162	1,162
48	3	- 6,0484	- 0,3464	- 5,864	- 0,0190	- 0,190
52	3	- 5,4097	- 0,3184	- 5,584	0,0564	0,564
56	4	- 5,5414	- 0,2414	- 4,814	0,0354	0,354
60	4	- 4,7790	- 0,2202	- 4,602	0,1198	1,198
64	5	- 4,9646	- 0,1733	- 4,133	0,1334	1,334
68	5	- 4,7575	- 0,1523	- 3,923	0,2306	2,306
72	6	- 4,6740	- 0,1177	- 3,577	0,2936	2,936
76	6	- 4,3675	- 0,0922	- 3,322	0,4468	4,468
80	7	- 4,0099	- 0,0587	- 2,987	0,5893	5,893
84	7	- 2,4925	- 0,0219	- 2,619	0,8464	8,464
86	8	2,4000	- 0,0000	- 2,400	1,0000	10,000

Tab. 17 Porovnateľné hodnoty nameraného a teoretického napätia cievky o rozmeroch: $r_1 = 28$ mm
 $r_2 = 86$ mm

Obr.18c Pribeh nameraného a teoretického napätia

----- teoretické napätie

———— namerané napätie

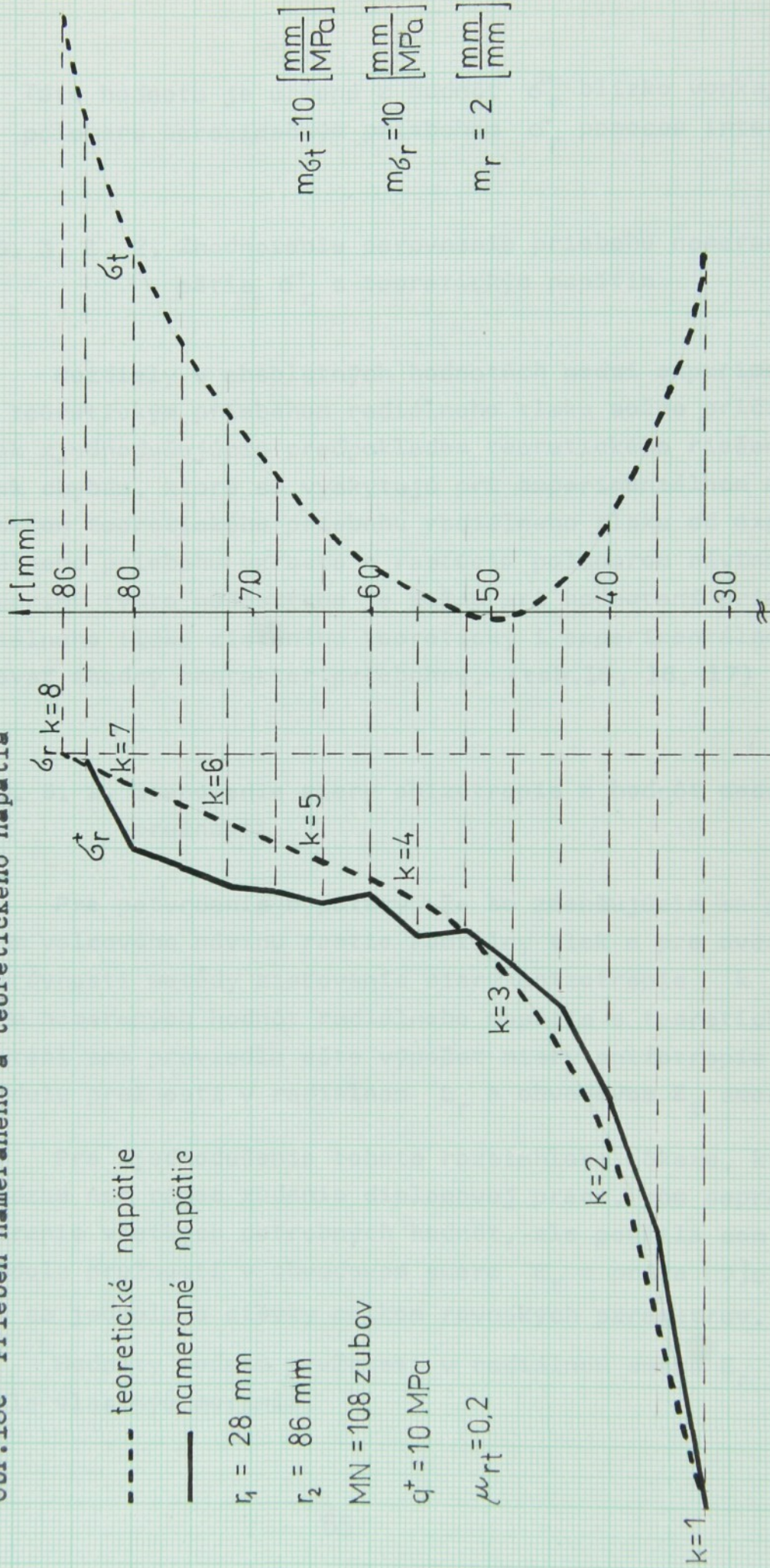
$r_1 = 28 \text{ mm}$

$r_2 = 86 \text{ mm}$

$MN = 108 \text{ zubov}$

$q^* = 10 \text{ MPa}$

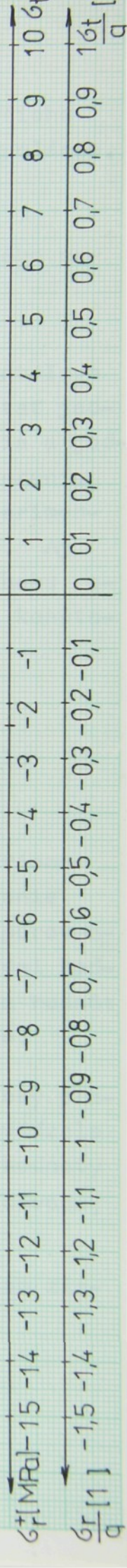
$\mu_{rt} = 0,2$



$$m_{\sigma_t} = 10 \left[\frac{\text{mm}}{\text{MPa}} \right]$$

$$m_{\sigma_r} = 10 \left[\frac{\text{mm}}{\text{MPa}} \right]$$

$$m_r = 2 \left[\frac{\text{mm}}{\text{mm}} \right]$$



Táto hodnota je určená z hodnôt σ_r^+ blízko vonkajšieho polomeru aproximačným priebehom σ_r^+ pomocou interpolácie.

10. 3. 1. 2. Zhodnotenie porovnania priebehu nameraného napätia σ_r^+ s teoretickým napätím

Rozdiely v absolutných hodnotách medzi experimentálnym a teoretickým priebehom radiálneho tlaku možno pričítať jednak zjednodušujúcim predpokladom teoretického riešenia a jednak chybám, ktoré sa vyskytujú pri experimentálnom meraní. Odklon teoretického priebehu radiálneho tlaku od experimentálneho priebehu vzrastá s rastúcim polomerom návinu. Aj napriek týmto nedostatkom je možno pri hodnotení priebehu radiálneho tlaku zisteného teoreticky i experimentálne konštatovať zhodný charakter priebehov. (tab.15, 16, 17)

10. 3. 2. Stanovenie miery anizotropie z hodnôt modulu pružnosti

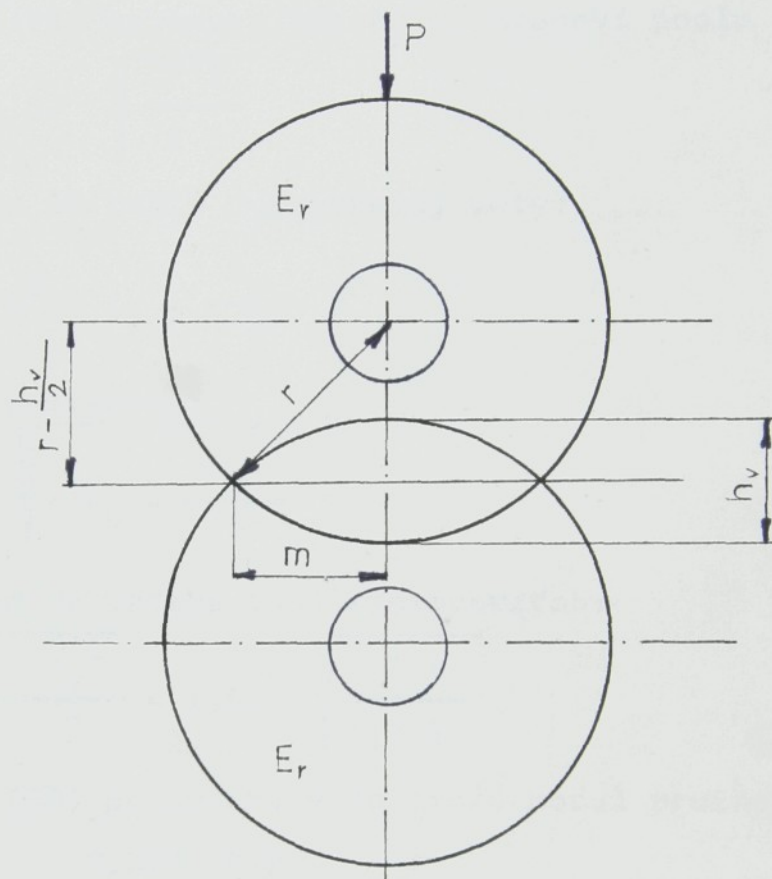
Pre potvrdenie hypotézy, že so zmenšujúcim sa priemerom valcového návinu rastie radiálny tlak a pre overenie správnosti metódy zisťovania miery anizotropie k porovnaním nameraných hodnôt radiálneho napätia s teoretickými hodnotami som previedla ešte výpočet miery anizotropie z hodnôt modulu pružnosti v radiálnom E_r a obvodovom E_t smere.

Pre zjednodušenie tohoto rozsiahleho dôkazu, ktorý prevádzam nad rámec zadania diplomovej práce, som neprevádzala meranie všetkých potrebných hodnôt, ale použila som hodnoty modulu pružnosti v obvodovom smere E_t z práce [7] z dôvodu, že sa jednalo o cievky celkom rovnakých parametrov.

Hodnoty modulu pružnosti v radiálnom smere E_r som získala vlastným meraním.

10. 3. 2. 1. Teória zistenia modulu pružnosti návinu v radiálnom smere E_r .

Na základe aplikácie Hertzovej teórie možno určiť závislosť hĺbky prieniku h_v dvoch cievok do seba vplyvom prítlačnej sily P : $h_v = f(P)$, ktorá je základom stanovenia modulu pružnosti E_r cievky.



Obr. 19: Schéma prieniku dvoch telies do seba

kde r ... obecný polomer [mm]
 P ... prítlačná sila [N]
 E_r ... modul pružnosti cievok [MPa]
 h_v ... hĺbka prieniku dvoch cievok do seba [mm]
 m ... polovica šírky stykovej plochy [mm]

Dve valcové cievky s rovnakými polomerami a rovnakého materiálu sú zaťažené silou P rozloženou rovnomerne po dĺžke. Styková plocha dvoch cievok:

$$S_p = 2m \cdot l \quad (54)$$

kde $2m$... šírka stykovej plochy

l ... dĺžka stykovej plochy (dĺžka valcov)

Polovica šírky stykovej plochy sa stanoví podľa vzťahu:

$$m = 1,52 \sqrt{\frac{P r}{E l}} \quad (55)$$

a z obrázku 19. podľa Pytagorovej vety:

$$r^2 = m^2 + \left(r - \frac{h_v}{2}\right)^2 \quad (56)$$

Po úprave dostaneme:

$$m = \sqrt{r h_v - \frac{h_v^2}{4}} \quad (57)$$

a dosadením do vzťahu (55) získame vzťah:

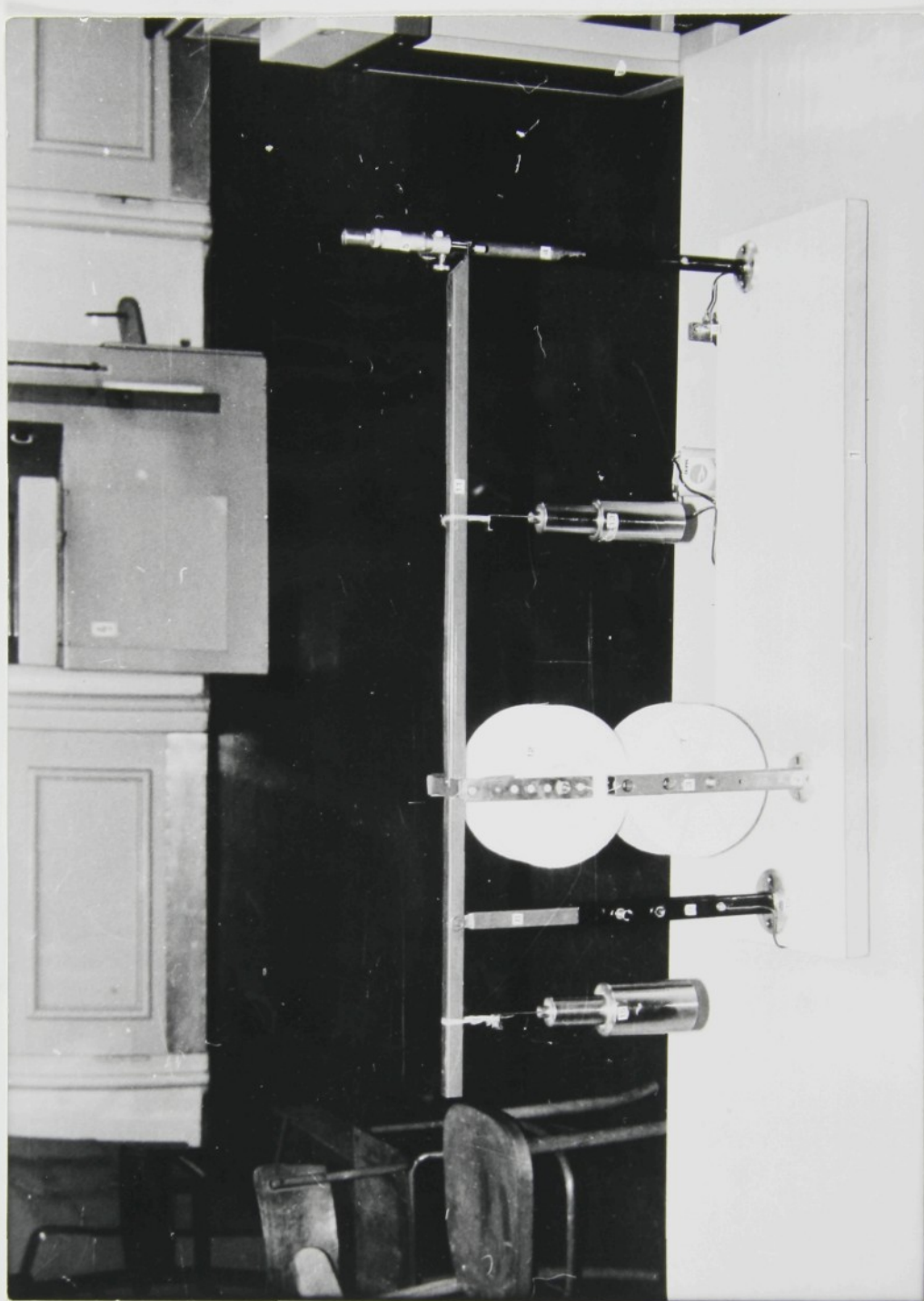
$$\sqrt{r h_v - \frac{h_v^2}{4}} = 1,52 \sqrt{\frac{P r}{E l}} \quad (58)$$

Zo vzťahu (58) po úprave vypočítame modul pružnosti:

$$E_r = \frac{2,314 \cdot P \cdot r}{l \cdot h_v \cdot \left(r - \frac{h_v}{4}\right)} \quad (59)$$

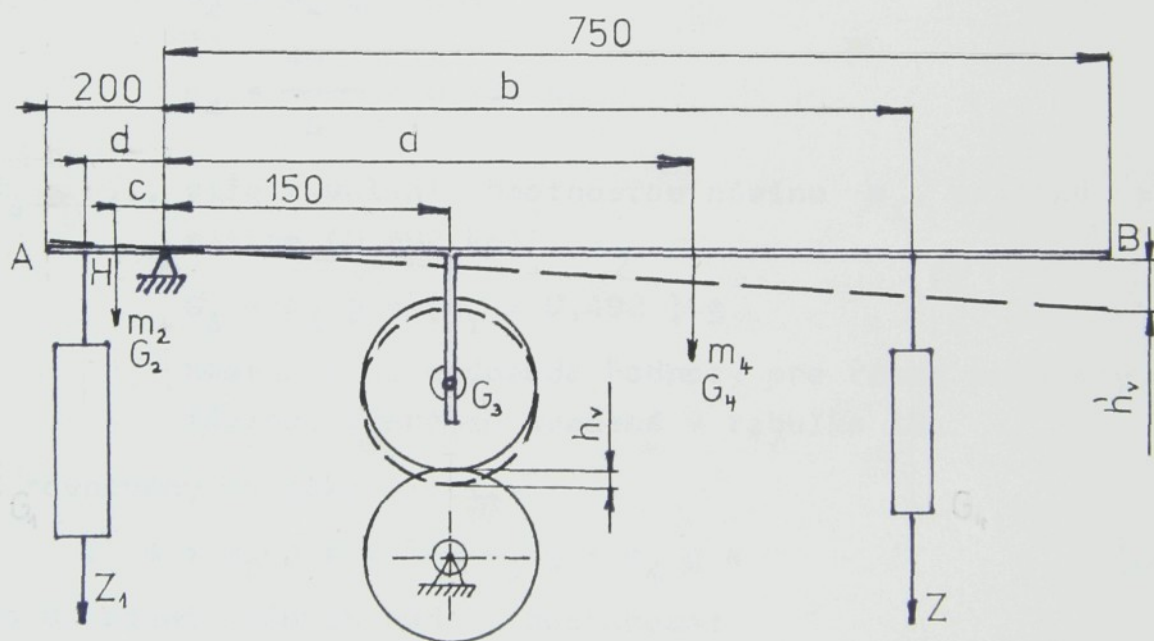
10. 3. 2. 1. 1. Meranie modulu pružnosti v radiálnom smere vo valcovej cievke s krížovým vinutím

K meraniu modulu pružnosti v radiálnom smere koncového návinu som použila prístroj, ktorý je znázornený na obr. 20. a popísaný podľa práce [5].



Obr. 20: Prístroj na meranie radiálneho modulu pružnosti E_r .

Na základnej doske 1 je upevnený stojan 2, na ktorom je upevnený stojan 9. Meranú cievku drží držiak 3, držiak 4 nesie mikrometer 5, z ktorého odčítame hodnotu s absolútnou presnosťou 0,002 mm. Nastavenie požadovanej výšky tlakového stojanu umožňuje vnútorná pohyblivá časť stojanu 8, ktorý je umiestnený v stojane 9. Nastavená výška stojanu sa fixuje šróbmi 10. Pri meraní postupujeme tak, že na páku 11, na ktorej je upevnená horná cievka 12, sa zavesí závažie 13. Na ľavej strane páky je zavesené protizávažie 15 slúžiace k vyrovnaní síl na páke, ktoré sú vyvolané tiažou páky, hornej cievky a ostatných prídavných telies na pravej strane páky. V okamžiku dotyku mikrometra s pákou pri meraní sa uzavrie elektrický obvod a zažije kontrolná žiarovka 6, čo vylučuje subjektívny faktor pri meraní s mikrometrom. Pre presné stanovenie rovnováhy na páke možno meniť vzdialenosť protizávažia od otočného bodu H.



Obr. 21: Princíp prístroja pre určovanie modulu pružnosti E_r

- ——— ... stav merania bez zaťaženia
 ---- ... stav merania pri zaťažení
 Z ... závažie, $Z = 20 \text{ N}$
 Z_1 ... sila vyvolaná protizávažím, $Z_1 = 30 \text{ N}$
 a, c ... vzdialenosť ťažiska ľavej a pravej časti páky od otočného bodu H
 $a = 310 \text{ mm}; c = 100 \text{ mm}$
 b ... vzdialenosť závažia od otočného bodu H [mm]
 m ... celková hmotnosť páky AB; $m = 0,980 \text{ kg}$
 g ... gravitačné zrýchlenie; $g = 9,8066 \text{ ms}^{-2}$
 G_2 ... sila vyvolaná hmotnosťou páky od bodu H do A;
 $G_2 = m_2 g \quad [\text{N}]$
 $m_2 = \frac{m}{5} = 0,196 \text{ kg}$
 G_4 ... sila vyvolaná hmotnosťou páky od bodu H do bodu B;
 $G_4 = m_4 g \quad [\text{N}]$
 $m_4 = \frac{4m}{5} = 0,784 \text{ kg}$
 G_3 ... sila vyvolaná hmotnosťou návinu m_i , valčeku a matice (0,492 kg)
 $G_3 = m_3 g = (m_i + 0,492) \cdot g$
 hmotnosť m_3 nadobúda hodnoty pre rôzne polomery r_i návinu, ktoré sú uvedené v tabuľke 18.

Z rovnováhy na páke platí:

$$Z_1 \cdot d + m_2 \cdot g \cdot c = 150 \cdot m_3 \cdot g + m_4 \cdot g \cdot a \quad (60)$$

Po dosadení známych hodnôt dostaneme:

$$30 \cdot d + 9,80665 \cdot 0,196 = 150 m_3 \cdot 9,80665 + 0,784 \cdot 9,80665 \cdot 3 \quad (61)$$

Po úprave vzdialenosť d protizávažia Z_1 od bodu H stanovíme nasledujúcim vzťahom:

$$d = 9,80665 (5 \cdot m_3 + 7,488) \quad (62)$$

Tlaková sila pôsobiaca cez horné teleso na spodné sa určí vzťahom:

$$P = \frac{b \cdot Z}{150} \quad (63)$$

Tab. 18: Hodnoty vzdialenosti protizávažia od bodu H

r_i [mm]	36	48	68	86
m_3 [kg]	0,585	0,717	0,981	1,244
d [mm]	102	108	121	134

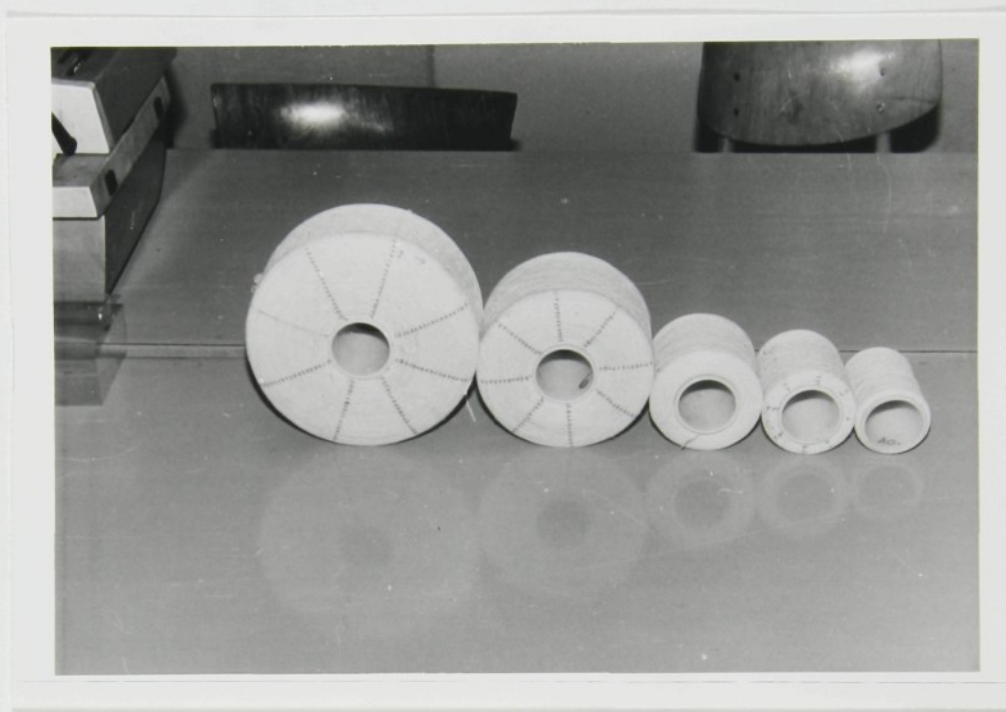
r_i ... príslušné vonkajšie polomery cievok, na ktorých bolo prevádzané meranie

Radiálny modul pružnosti E_{r_i} navinutých vrstiev sa mení následkom tlaku vonkajších vrstiev, preto je dôležité ho zmerať v závislosti na polomere návinu. Odviníme cievky s predpokladom, že trvalá deformácia anizotropného telesa vplyvom tlaku vonkajších vrstiev ešte zostáva na odvinutej cievke. Tým môžeme veľmi približne sledovať závislosť $E_r = f(r_i)$.

Pri zaťažení sa prejaví chyba z rôznych deformácii namáhaných časti prístroja (priehyb páky, zmeny v uložení páky, upevnenie hornej cievky atď). Tieto chyby sa určia tzv. slepým pokusom, čo znamená, že namiesto pružnej cievky sa upevní materiál považovaný za dokonale pružný, v našom prípade

pevné valce a určia sa príslušné chyby h_s pre také zaťaženie aké sa bude používať pri meraní.

K meraniu som zvolila závažie $Z = 20\text{ N}$, vzdialenosť $b = 450\text{ mm}$ a potom podľa vzťahu (63) sa tlaková sila $P = 60\text{ N}$



Obr. 22: Odvinuté cievky

Hodnoty získané slepým pokusom uvádzam v tabuľke 19.

Po slepom pokuse som prevádzkala samotné meranie cievok o rovnakom polomere r_i a to tak, že som na seba tlačila dve cievky o rovnakom polomere namiesto pevných valcov, ako to bolo u slepého pokusu. Celkom som premerala štyri dvojice cievok o polomeroch uvedených v tabuľke 18. Na každom polomere som previedla štyri merania a to na rôznych miestach príslušného polomeru. Na mikrometri som najskôr odčítala hodnotu pri nulovom zaťažení h_0 . Potom som v zodpovedajúcej vzdialenosti od bodu H zavesila závažie

$Z = 20 \text{ N}$ a odčítala hodnotu, ktorá predstavovala päťnásobok prieniku h_1' cievok do seba. K presnejšiemu určeniu hodnoty pri nulovom zaťažení som ešte po odľahčení odčítala hodnotu h_0 . Obidve hodnoty som spriemerovala.

Tab. 19: Hodnoty získané slepým pokusom

pred zaťažením [mm]	po zaťažení [mm]	h_s [mm]	$\bar{h}_s$ [mm]
12,09	10,76	1,33	0,985
12,38	11,89	0,49	
13,28	11,79	1,13	
13,36	12,37	0,99	

10. 3. 2. 1. 2. Spracovanie nameraných hodnôt

Dosiaľ získané hodnoty ($h_s, h_0, h_1', P, r_i, l$) už umožňujú podľa vzťahu (59) určiť modul pružnosti v radiálnom smere cievky.

Z dĺžkových pomerov na páke sa určí hĺbka prieniku cievok do seba podľa vzťahu:

$$h_v = \frac{150 h_v'}{750} = \frac{h_v'}{5} \quad (64)$$

$$\dot{h}_v = h_1 - \bar{h}_s \quad (65)$$

$$h_1 = h_0 - \dot{h}_1 \quad (66)$$

kde h_1 ... pätnásobok prieniku cievok do seba
 $\dot{h}_v$... pätnásobok deformácie cievky zahrňujúci v sebe
i chyby prístroja zmerané slepým pokusom
 h_v ... skutočný prienik cievok do seba

Priemerné hodnoty modulu pružnosti v radiálnom smere cievky na danom polomere vypočítame zo vzťahu:

$$\bar{E}_r(r) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k E_{r_j}(r) \quad (67)$$

k ... počet meraní na jednom polomere

Získané hodnoty (namerané a vypočítané) uvádzam v prílohe 5. Výsledné hodnoty modulu pružnosti v radiálnom smere koncového návinu na príslušných polomeroch uvádzam v tabuľke 20.

Tab. 20

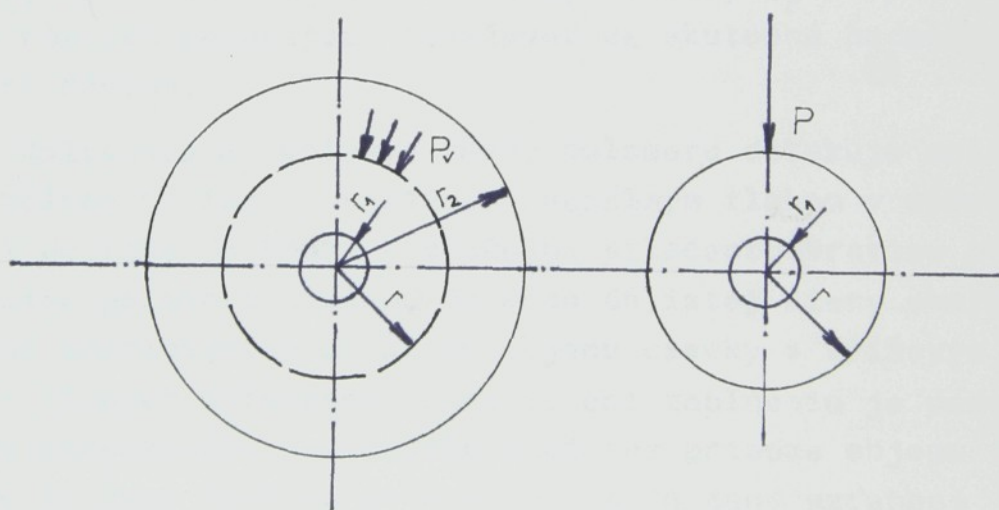
r [mm]	E_r [MPa]	s_{E_r} [MPa]	v_{E_r} [%]
34	1,7273	0,1300	7,5262
48	1,1780	0,4069	34,5416
68	0,9603	0,6714	69,9157
86	0,5275	0,1816	34,4265

kde r ... polomery cievky
 E_r ... modul pružnosti v radiálnom smere cievky
 s_{E_r} ... smerodatná odchylka modulu pružnosti
 v_{E_r} ... variačný koeficient modulu pružnosti

10. 3. 2. 1. 3. Zhodnotenie merania modulu pružnosti E_r

Hertzová teória tlakov, ktorá tvorí základ odvodenia merania vychádza z lineárnej závislosti medzi napätím a deformáciou, pričom modul pružnosti v radiálnom smere cievky je funkciou jej polomeru. U experimentálneho merania používam tlakové napätie $\frac{P}{S_p}$ vyvolávajúce deformáciu cievky $\frac{h_v}{2}$

ktoré vlastne nahrádza tlak P_v , čo je tlak spôsobený vonkajšími vrstvami cievky na polomere $r_2 \approx r$ ako zobrazuje obr. 23, keby nedošlo k odvinutiu návinu.



Obr. 23: Meranie E_r na menších polomeroch cievky

Pred odvinutím na obecný polomer cievky r pôsobí tlak p_v a po odvinutí $\frac{P}{Sp}$. Potom z Hookovho zákona sa dá stano-

viť skutočná deformácia návinu podľa vzťahu:

$$H_v = \frac{p_v \cdot \frac{h_v}{2}}{\frac{P}{Sp}} \quad (68)$$

kde H_v ... skutočná deformácia cievky na obecnom polomere r , spôsobená tlakom p_v

$\frac{h_v}{2}$... deformácia cievky spôsobená tlakovou silou P

P_v ... tlak vyvolaný vonkajšími vrstvami cievky

Sp ... styková plocha cievok

Z toho vyplýva, že pre obidva tlaky ($\frac{P}{Sp}$, P_v) existuje

na danom polomere zhodný modul pružnosti v radiálnom smere cievky E_r . Preto môžeme z meranej hodnoty E_r na povrchu cievky o rôznych polomeroch považovať za skutočné hodnoty E_r vo vnútri návinu.

Kolísanie E_r vplyvom zmeny polomeru dokazuje anizotropiu telesa návinu. S rastúcim radiálnym tlakom v cievke smerom k dutinke dochádza k značnému stlačeniu vrstiev priadze na malom polomere návinu, čo máme do istej miery charakterizované koeficientom zaplnenia objemu cievky s krížovým vynutím o rôznych polomeroch. Koeficient zaplnenia je pomer objemu kompaktného navinutého množstva priadze objemu cievky, ktorý priadza zaujíma po navinutí a je daný vzťahom:

$$\alpha_i = \frac{m_i \cdot 10^6}{\pi \bar{l}_i \cdot (r_2^2 - r_1^2) \rho} \quad (69)$$

kde α_i ... koeficient zaplnenia na i-tom polomere
 m_i ... hmotnosť cievky
 $\bar{l}_i$... priemerná dĺžka telesa návinu

$$\bar{l}_i = \frac{1}{j} \sum_{j=1}^j l_j \quad (70)$$

j ... počet meraných dĺžok
 $\sum l_j$... súčet meraných dĺžok

ρ ... merná hmotnosť bavlny
 r_1 ... vnútorný polomer cievky
 r_2 ... vonkajší polomer cievky
 π ... Ludolfovo číslo

Hodnoty pre stanovenie koeficientu zaplnenia a samotné hodnoty koeficientu zaplnenia uvádzam v tabuľke 21.

Tab. 21

j	r_2 [mm]	l_j [mm]	$\bar{l}_i$ [mm]	m_i [g]	α_i [1]
1	34	90	90	58,5	0,268
2	48	94	92	219	0,254
3	68	92	92	556	0,251
4	86	91	91,75	850	0,244

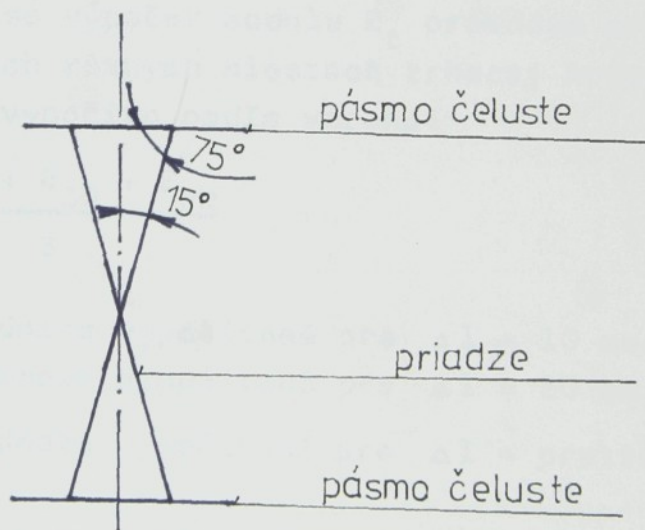
Smerom k menšiemu polomeru rastie koeficient zaplnenia, to znamená, že stlačenie návinu je väčšie na menších polomeroch.

10. 3. 2. 2. Zisťovanie modulu pružnosti v obvodovom smere E_t

Modul pružnosti v obvodovom smere sa stanoví z modulu pružnosti niťového materiálu, ktorý sa zistí ťahovou skúškou.

10. 3. 2. 2. 1. Stanovenie E_t pomocou ťahovej skúšky

K stanoveniu E_t pre lepšie stimulovanie podmienok navíjania priadze pri navíjacom procese sa používa upravená ťahová, resp. trhacia skúška a to tak, že materiál sa namáha pod rovnakým uhlom ako sa navíjal, čo charakterizuje obrázok 24.



Obr. 24: Schéma upnutia priadze pri trhacej skúške

Pri stanovení E_t z trhacej skúšky sa vychádza z grafického záznamu závislosti $F - \Delta l$, pričom sa podľa Hookovho zákona sila a príslušné predĺženie odčíta v tom mieste, kde končí lineárna časť grafického záznamu. Potom E_t sa vypočíta podľa vzťahu:

$$E_t = \frac{F \cdot L \cdot \rho \cdot \cos 15^\circ}{n \cdot T \cdot \Delta L} \quad (71)$$

kde F ... sila odčítaná z grafického záznamu
 L ... upínacia dĺžka; $L = 500$ mm
 ρ ... merná hmotnosť bavlny; $\rho = 15\,200$ kg m⁻³
 $\cos 15^\circ$... uhol, pod ktorým sa mení prierez priadze z kruhového na elipsovitý v ose trhacieho prístroja
 ΔL ... predĺženie nite
 T ... jemnosť skúšanej priadze
 n ... počet nití pri jednom pokuse; $n = 2$

Pre obtiažne určovanie lineárneho tvaru z celkovej trhacej krivky sa výpočet modulu E_t prevádza približným výpočtom na troch rôznych miestach trhacej krivky. Výsledné E_t sa potom vypočíta podľa vzťahu:

$$E_t = \frac{E_{10} + E_{30} + E_{PR}}{3} \quad (72)$$

kde E_{10} ... hodnota vypočítaná pre $\Delta l = 10$ mm
 E_{30} ... hodnota vypočítaná pre $\Delta l = 30$ mm
 E_{PR} ... hodnota vypočítaná pre $\Delta l =$ pretrhnutie priadze

Priemerná hodnota E_t podľa práce [7] činí 1 094 MPa.

10. 3. 2. 3. Výpočet miery anizotropie

Miera anizotropie sa vypočíta podľa vzťahu (5), ale tento vzťah nie je úplný, pretože nezahrňa rozdielne podmienky merania E_r a E_t . Modul pružnosti v radiálnom smere E_r je meraný priamo na cievke, ktorá má koeficient zaplnenia objemu α a modul pružnosti v obvodovom smere E_t bol meraný na kompaktnej jednotlivej priadzi.

Z dôvodu aspoň približného stanovenia miery anizotropie sa vzťah (5) upravuje pomocou koeficientu zaplnenia objemu α a potom má vzťah (5) tvar:

$$k = \sqrt{\frac{E_t \cdot \alpha}{E_r}} \quad (73)$$

Tým sa docieli toho, že E_t nie je tvorený len kompaktným priadzovým materiálom.

Vypočítané hodnoty miery anizotropie sú uvedené v tabuľke 22.

Tab. 22

r_2 [mm]	E_r [MPa]	α [1]	E_t [MPa]	k [1]
34	1,7273	0,268	1094	13,027
48	1,1780	0,254	1094	15,359
68	0,9603	0,251	1094	16,910
86	0,5275	0,244	1094	22,495

Takto určená miera anizotropie k dokazuje anizotropiu valcového návinu s krížovým vinutím.

10. 3. 3. Zhodnotenie metód určovania miery anizotropie

Obidve metódy stanovenia miery anizotropie telesa návinu majú zhodný charakter priebehu. Miera anizotropie telesa návinu sa zväčšuje od jeho dutinky smerom k povrchu návinu, ale samotné číselné hodnoty sa nezhodujú. Hodnota miery anizotropie zistená porovnaním grafov je menšia než hodnota miery anizotropie, ktorá sa stanoví z merania modulov pružnosti E_r a E_t . Tento rozdiel hodnôt miery anizotropie telesa stanovenej obidvoma metódami je zapríčinený:

- teoretické poňatie riešenia sa vymedzuje na základe zjednodušených predpokladov,
- namerané hodnoty σ_r^+ sú väčšie než v skutočnosti,
- pri meraní sú určité nepresnosti (napr. chyba prístroja)

Podľa práce [5] sa môže tvrdiť, že hodnota miery anizotropie valcového návinu zistená približným porovnaním nameraných hodnôt rádiálneho napätia σ_r^+ s teoretickými hodnotami σ_r presnejšie odráža zmeny miery anizotropie telesa návinu od jeho dutinky k povrchu.

11. ZÁVER

Princíp riešenia vychádza z teórie pružnosti a pevnosti pre stav napätosti valcových hrubostenných nádob. Jeho výsledky spočívajú v zistení priebehu napätí v závislosti na nasledujúcich faktoroch: miera anizotropie telesa k , Poissonovom čísle μ_{rt} , navíjacím napätím, koeficientom zaplnenia κ , geometrických rozmerov (r_1 , r_2) cievok a tiež na druhu spracovanej suroviny a použitej jemnosti vypriadanej priadze.

V prvej časti som sa zaoberala, či prístroj E-KVÚ má vplyv na pevnosť a ťažnosť priadze. Ako vyplýva z kapitoly 7, kde som previedla štatistické vyhodnotenie, môžem konštatovať, že prístroj E-KVÚ nemá podstatný vplyv na uvedené vlastnosti priadze.

V druhej časti som sa zaoberala zistením radiálneho napätia, kde z výsledkov z kapitoly 10. je vidno, že v návine cievky je najväčší radiálny tlak na povrchu dutinky cievky. Výsledky experimentálneho merania radiálneho tlaku v návine sú približne rovnaké s výsledkami dosiahnutými teoreticky.

Touto diplomovou prácou som sa snažila prispieť k rozšíreniu informácií o štruktúre náviny a ich využití v praxi.

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

A	... merací bod (miesto vpichnutia hrotu)
A^2	... konštanta [mm^{2k}]
B	... operný bod prístroja
C_1	... konštanta [Nmm^{-k-1}]
C_2	... konštanta [Nmm^{k-1}]
Cs	... ťažisko páky
E_r	... modul pružnosti v radiálnom smere [MPa]
$\bar{E}_r$	... priemerná hodnota modulu pružnosti v radiálnom smere cievky [MPa]
E_t	... modul pružnosti v obvodovom smere [MPa]
$\bar{E}_t$	... priemerná hodnota modulu pružnosti v obvodovom smere cievky [MPa]
E_{10}	... hodnota modulu pružnosti v obvodovom smere pre $\Delta l = 10 \text{ mm}$
E_{30}	... hodnota modulu pružnosti v obvodovom smere pre $\Delta l = 30 \text{ mm}$
E_{pr}	... hodnota modulu pružnosti v obvodovom smere pre $\Delta l = \text{pretrhnutie priadze}$
$\widehat{EF}$	... dĺžka oblúka [mm]
F	... testová charakteristika F - test
F	... sila odčítaná z grafického záznamu z ťahovej skúšky [N]
$F_{\frac{\alpha}{2}}$	... kritická hodnota F-testu
F_i	... sila pôsobiaca na hrot prístroja E-KVÚ
$F(r_x)$	... napínacia sila pri navíjaní [N]
G	... ťiažová sila páky [N]
G_2	... sila vyvolaná hmotnosťou páky od bodu H do bodu A [N]
G_3	... sila vyvolaná hmotnosťou návinu, válčeka, matice [N]
G_4	... sila vyvolaná hmotnosťou páky od bodu H do bodu B [N]
H_0	... nulová hypotéza
H_1	... alternatívna hypotéza

H_v	... skutočná deformácia cievky na obecnom polomere r , spôsobená tlakom p_v
L	... upínacia dĺžka [mm]
ΔL	... predĺženie nite [mm]
P	... prítlačná sila [N]
S	... plocha priečného rezu nite [mm ²]
S_h	... tretia plocha hrotu [mm ²]
S_M	... plocha plášťa kužela [mm ²]
S_p	... styková plocha cievok [mm ²]
S_1	... dĺžka strany kužela hrotu [mm]
Z	... sila vyvolaná závažím [N]
Z_1	... sila vyvolaná protizávažím [N]
$a, c,$	... vzdialenosť ťažiska ľavej a pravej časti páky od otočného bodu H [mm]
b	... vzdialenosť závažia od otočného bodu H [mm]
d	... vzdialenosť protizávažia od bodu H [mm]
d_h	... priemer hrotu [mm]
e	... priemerná dĺžka vzniknutého otvoru v priadzovom telese návinu [mm]
a, b, f	... vzdialenosť síl k bodu B na prístroji E-KVÚ [mm]
g	... gravitačné zrýchlenie [ms ⁻²]
h_0	... hodnota na mikrometri pri nulovom zaťažení [mm]
h_1	... päťnásobok prieniku cievok do seba
h_s	... namerané hodnoty mikrometrom [mm]
$\bar{h}_s$	... priemerná hodnota nameraných hodnôt mikrometrom [mm]
h_v	... skutočný prienik cievok do seba
h'_v	... päťnásobok deformácie cievky zahrňujúci v sebe chyby prístroja zmerané slepým pokusom
h_{vp}	... hĺbka vpichu prístroja E-KVÚ [mm]
$\frac{h_v}{2}$	... deformácia cievky spôsobená tlakovou silou P
k	... miera anizotropie [1]
l	... dĺžka stykovej plochy [mm]
$\bar{l}_1$	... priemerná dĺžka telesa [mm]

Δl_{ij}	... jednotlivé hodnoty namerané prístrojom E-KVÚ [1]
$\Delta \bar{l}_i$	... priemerná hodnota počtu dielikov [1]
m	... celková hmotnosť páky AB [kg]
$2m$	... šírka stykovej plochy [mm]
m_i	... hmotnosť návinu [kg]
m_i	... hmotnosť stometrového úseku [g]
m_2	... hmotnosť páky od bodu H do bodu A [kg]
m_3	... hmotnosť návinu, valčeka, matice [kg]
m_4	... hmotnosť páky od bodu H do bodu B [kg]
m_r	... modul na ose polomeru r $\left[\frac{\text{mm}}{\text{mm}} \right]$
m_{σ^+}	... modul na ose nameraného napätia σ_r^+ $\left[\frac{\text{mm}}{\text{MPa}} \right]$
m_{σ}	... modul na ose pomeru hodnôt $\frac{\sigma_r}{q}$ $\left[\frac{\text{mm}}{1} \right]$
m_g	... hmotnosť páky [kg]
m_z	... hmotnosť závažia [kg]
n	... počet meraní [1]
p	... vnútorný tlak dutinky [MPa]
p_v	... tlak vyvolaný vonkajšími vrstvami cievky [MPa]
r	... obecný polomer návinu [mm]
r_1	... vnútorný polomer návinu [mm]
r_2	... vonkajší polomer návinu [mm]
r_x	... okamžitá hodnota polomeru [mm]
Δr	... elementárna hrúbka, ktorou sa mení polomer r_x [mm]
s	... smerodatná odchylka
$\Delta s(r_x)$	... elementárny radiálny tlak [MPa]
t	... testová charakteristika t - testu
u	... absolútny radiálny posuv priadze na polomere r [mm]
v	... variačný koeficient [%]
q_v	... vonkajší prítlak [MPa]
$q(r_x)$	... napätie pri navíjaní [MPa]
q^+	... hodnota napätia, ktorá pretrváva v cievke po dobu jej tvorby [MPa]
$q(r)$	... navíjacie napätie pri navíjaní na obecný polomer

$\bar{x}$	... priemerná hodnota pevnosti, ťažnosti
β_r	... uhol stúpania krivky navíjanej nite
β_{hvp}	... uhol stúpania cejchovacej krivky
β_{vp}	... uhol vpichu hrotom
ϵ_t	... pomerné predĺženie v obvodovom smere [1]
σ_a	... axiálne napätie [MPa]
σ_r	... radiálny tlak priadzového telesa [MPa]
σ_r^*	... namerané hodnoty radiálneho napätia v cievke [MPa]
σ_{ri}	... radiálny tlak na rôznych polomeroch návinnu [MPa]
σ_t	... obvodové napätie priadzového telesa [MPa]
σ_1^2	... rozptyl pevnosti, ťažnosti priadze z cievky, na ktorej nebolo prevádzvané vpichovanie
σ_2^2	... rozptyl pevnosti, ťažnosti priadze z cievky, na ktorej bolo prevádzvané vpichovanie
μ_{rt}	... Poissonovo číslo charakterizujúce preťaženie telesa návinnu v obvodovom smere pri stlačení v radiálnom smere na polomere r
μ_1	... aritmetický priemer pevnosti, ťažnosti priadze z cievky, na ktorej nebolo prevádzvané vpichovanie
ν	... stupeň voľnosti
2π	... uhol opásania
π	... Ludolfovo číslo
ρ	... merná hmotnosť bavlny [kg m^{-3}]
κ	... koeficient zaplnenia na i -tom polomere
$\cos 15^\circ$	... uhol, pod ktorým sa mení prierez priadze z kruhového na elipsovité v ose trhacieho prístroja

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Hes, L.; Ursíny, P.; Usenko, V. A.; Vieth, H.: Stroje a technológia tvarovania, II. diel skripta VŠST Liberec, 1982
- [2] Lechnickij, S. G.: Teorija uprugosti anizotropnovo těla, GITTL Moskva, 1950
- [3] Ursíny, P.: Teória pradenia, I. diel, skripta VŠST Liberec, 1980
- [4] Proskurjakov, S. A.; Olehla, M.; Tišer, J.: Základy numerických metód a programovania, skripta VŠST Liberec, 1982
- [5] Ninh, T. M.: Mechanické štruktúra koncových návinov, Kandidatská práca, VŠST Liberec, 1984
- [6] Černý, J.: Teória spoľahlivosti a riadenia akosti prednášky
- [7] Tomíček, L.: Mechanická štruktúra koncových návinov, Diplomová práca, VŠST Liberec, 1984

ZOZNAM PRÍLOH

1. Namerané a teoretické hodnoty radiálneho tlaku
2. Hodnoty z prístroja Multimat pre cievky, kde nebolo prevedené vpichovanie
3. Hodnoty z prístroja Multimat pre cievky, kde bolo prevádzané vpichovanie
4. Určenie počtu dieľkov pre výpočet prítlačnej sily telesa návinnu na hrot prístroja E-KVÚ v radiálnom smere
5. Hodnoty modulu pružnosti v radiálnom smere

Príloha 1: Teoretické hodnoty radiálneho a obvodového napätia pre cievku $r_2 \approx 100,5 \text{ mm}$

r_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	-1,4480 0,5306	-0,7957 0,0477	-0,4845 -0,1602	-0,3312 -0,2273	-0,2474 -0,2369	-0,1967 -0,2245	-0,1635 -0,2047	-0,1401 -0,1835	-0,1227 -0,1632	-0,1093 -0,1450
36	-1,2320 0,4763	-0,7072 -0,0308	-0,4522 -0,2143	-0,3211 -0,2469	-0,2458 -0,2290	-0,1982 -0,1996	-0,1657 -0,1716	-0,1423 -0,1481	-0,1247 -0,1292	-0,1109 -0,1142
40	-1,0620 0,4611	-0,6405 -0,042	-0,4286 -0,2124	-0,3134 -0,2377	-0,2436 -0,2180	-0,1978 -0,1896	-0,1659 -0,1636	-0,1425 -0,1421	-0,1249 -0,1249	-0,1111 -0,1112
44	-0,9232 0,4693	-0,5851 -0,0163	-0,4078 -0,1834	-0,3056 -0,2150	-0,2406 -0,2031	-0,1966 -0,1808	-0,1654 -0,1586	-0,1424 -0,1395	-0,1248 -0,1235	-0,1110 -0,1103
48	-0,8063 0,4919	-0,5359 0,0295	-0,3874 -0,1394	-0,2968 -0,1835	-0,2367 -0,1836	-0,1949 -0,1696	-0,1646 -0,1525	-0,1420 -0,1362	-0,1246 -0,1218	-0,1110 -0,1096
52	-0,7053 0,5232	-0,4902 0,0877	-0,3663 -0,0859	-0,2866 -0,1446	-0,2317 -0,1386	-0,1924 -0,1544	-0,1634 -0,1436	-0,1414 -0,1311	-0,1243 -0,1190	-0,1108 -0,1080
56	-0,6162 0,5508	-0,4467 0,1533	-0,3441 -0,0241	-0,2749 -0,0988	-0,2254 -0,1270	-0,1890 -0,1339	-0,1615 -0,1307	-0,1404 -0,1231	-0,1238 -0,1141	-0,1105 -0,1051
60	-0,5365 0,5995	-0,4043 0,2235	-0,3205 0,4345	-0,2614 -0,0450	-0,2176 -0,0880	-0,1844 -0,1067	-0,1589 -0,1122	-0,1389 -0,1109	-0,1229 -0,1061	-0,1100 -0,0998
64	-0,4642 0,6408	-0,3628 0,2968	-0,2955 0,1166	-0,2460 -0,0164	-0,2080 -0,0402	-0,1785 -0,0711	-0,1552 -0,0865	-0,1366 -0,0926	-0,1215 -0,0933	-0,1091 -0,0911
68	-0,3980 0,6828	-0,3218 0,3720	-0,2960 0,1951	-0,2285 0,0861	-0,1965 0,1173	-0,1709 -0,0255	-0,1502 -0,0513	-0,1332 -0,0651	-0,1193 -0,0735	-0,1077 -0,0765
72	-0,3368 0,7249	-0,2811 0,4486	-0,2409 0,2786	-0,2089 0,1654	-0,1828 0,0860	-0,1613 0,0322	-0,1434 -0,0041	-0,1285 -0,0282	-0,1160 -0,0437	-0,1053 -0,0533
76	-0,2798 0,7666	-0,2407 0,5261	-0,2112 0,3670	-0,1870 0,2521	-0,1666 0,1671	-0,1493 0,1043	-0,1345 0,0852	-0,1219 0,0246	-0,1111 0,0003	-0,1017 -0,0170
80	-0,2265 0,8077	-0,2004 0,6043	-0,1800 0,4604	-0,1627 0,3493	-0,1476 0,2621	-0,1344 0,1933	-0,1230 0,1363	-0,1129 0,0960	-0,1040 0,0639	-0,0962 0,0381
84	-0,1762 0,8481	-0,1602 0,6829	-0,1472 0,5587	-0,1357 0,4570	-0,1255 0,3724	-0,1163 0,3020	-0,1081 0,2433	-0,1007 0,1945	-0,9400 0,1540	-0,0880 0,1204

r_2^k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
88	- 0,1288 0,8875	- 0,1201 0,7619	- 0,1128 0,6618	- 0,1062 0,5754	- 0,1001 0,4997	- 0,0944 0,4334	- 0,0892 0,3763	- 0,0845 0,3244	- 0,0800 0,2768	- 0,0759 0,2408
92	- 0,0838 0,9260	- 0,0800 0,8411	- 0,0768 0,7697	- 0,0738 0,7050	- 0,0709 0,6456	- 0,0682 0,5911	- 0,0656 0,5410	- 0,0631 0,4950	- 0,0608 0,4527	- 0,0586 0,4139
96	- 0,0409 0,9655	- 0,0400 0,9205	- 0,0391 0,8825	- 0,0384 0,8464	- 0,0376 0,8119	- 0,0369 0,7787	- 0,0362 0,7469	- 0,0355 0,7163	- 0,0348 0,6870	- 0,0341 0,6589
100	- 0,0099 0,9910	- 0,0099 1,9803	- 0,0099 0,9704	- 0,0098 0,9607	- 0,0098 0,9510	- 0,0098 0,9801	- 0,0097 0,9320	- 0,0097 0,9226	- 0,0096 0,9133	- 0,0096 0,9041

Poznámka: 32 1,2330 ... teoretické hodnoty radiálneho napätia
0,6002 ... teoretické hodnoty **bb**vodového napätia

Príloha 1: Teoretické hodnoty radiálneho a obvodového napätia pre cievku $r_2 = 86 \text{ mm}$

K r_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	- 1,2330 0,6002	- 0,7307 0,1254	- 0,4644 0,1122	- 0,3247 0,2033	- 0,2452 0,2260	- 0,1960 0,2199	- 0,1632 0,2028	- 0,1400 0,1827	- 0,1227 0,1629	- 0,1093 0,1448
36	- 1,0320 0,5611	- 0,6396 0,06764	- 0,4281 0,1497	- 0,3121 0,2119	- 0,2423 0,2116	- 0,1968 0,1914	- 0,1652 0,1679	- 0,1421 0,1464	- 0,1246 0,1285	- 0,1109 0,1139
40	- 0,8733 0,5568	- 0,5689 0,07447	- 0,3996 0,1304	- 0,3011 0,1892	- 0,2383 0,1915	- 0,1955 0,1758	- 0,1648 0,1565	- 0,1421 0,1386	- 0,1247 0,1323	- 0,1110 0,1103
44	- 0,7427 0,5731	- 0,5087 0,1162	- 0,3732 0,0829	- 0,2893 0,1502	- 0,2329 0,1644	- 0,1929 0,1585	- 0,1636 0,1462	- 0,1415 0,1326	- 0,1244 0,1198	- 0,1108 0,1085
48	- 0,6319 0,6018	- 0,4542 0,1775	- 0,3464 0,0189	- 0,2756 0,0993	- 0,2257 0,1287	- 0,1891 0,1352	- 0,1616 0,1315	- 0,1404 0,1236	- 0,1238 0,1144	- 0,1105 0,1053
52	- 0,5357 0,6379	- 0,4029 0,2509	- 0,3184 0,0564	- 0,2598 0,0379	- 0,2166 0,08290	- 0,1838 0,1031	- 0,1585 0,1097	- 0,1386 0,1091	- 0,1128 0,1049	- 0,1099 0,0991
56	- 0,4504 0,6783	- 0,3534 0,3301	- 0,2886 0,1408	- 0,2414 0,0354	- 0,2051 0,0253	- 0,1766 0,0595	- 0,1540 0,0778	- 0,1358 0,0861	- 0,1212 0,0886	- 0,1088 0,0877
60	- 0,3737 0,7210	- 0,3059 0,4142	- 0,2570 0,2330	- 0,2202 0,1198	- 0,1908 0,04616	- 0,1669 0,0016	- 0,1479 0,0321	- 0,1314 0,0509	- 0,1180 0,0618	- 0,1068 0,0676
64	- 0,3040 0,7648	- 0,2574 0,5011	- 0,2233 0,3325	- 0,1960 0,2164	- 0,1733 0,1334	- 0,1544 0,07389	- 0,1384 0,0315	- 0,1248 0,0016	- 0,1132 0,0192	- 0,1033 0,0333
68	- 0,2398 0,8089	- 0,2102 0,5899	- 0,1875 0,4389	- 0,1686 0,3259	- 0,1523 0,2386	- 0,1382 0,1709	- 0,1259 0,1185	- 0,1153 0,0779	- 0,1059 0,0469	- 0,0977 0,0231
72	- 0,1803 0,8527	- 0,1632 0,6799	- 0,1496 0,5520	- 0,1377 0,4491	- 0,1273 0,3641	- 0,1177 0,2936	- 0,1093 0,2351	- 0,1017 0,1866	- 0,0948 0,1465	- 0,0887 0,1153
76	- 0,1248 0,8959	- 0,1165 0,7707	- 0,1095 0,6718	- 0,1033 0,5869	- 0,0975 0,5124	- 0,0922 0,4468	- 0,0873 0,3890	- 0,0127 0,3382	- 0,0785 0,2935	- 0,0796 0,2541
80	- 0,07270 0,9383	- 0,0698 0,8621	- 0,0673 0,7982	- 0,0650 0,7400	- 0,0628 0,6860	- 0,0607 0,6359	- 0,0587 0,5893	- 0,0568 0,5460	- 0,0549 0,5058	- 0,0532 0,4684
84	-0,02357 0,9797	- 0,0233 0,9540	- 0,0229 0,9511	- 0,0227 0,9091	- 0,0235 0,8877	- 0,0222 0,8668	- 0,0219 0,8464	- 0,0217 0,8264	- 0,0215 0,8070	- 0,0212 0,7879

Poznámka: 32 1,2330 ... teoretické hodnoty radiálneho napätia
0,6002 ... teoretické hodnoty obvodového napätia

RECORD OF BREAKING LOAD AND EXTENSION VALUES

NO. OF RECORD: 3

SPECIMEN:

BA

ZKOUSKA

NOM. COUNT: 29.5 TEX

RANGE: 30 N

CLAMPING LENGTH 500 MM

DET. OF BREAK: 50 %

LIMITS 1: 0.5 - 30 N

LIMITS 2: 10 - 80 MM

N = 150

	1.		2.		3.		4.		5.		6.
	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N
1.	3.38	40.0	1.68	18.8	3.10	33.4	1.20	20.4	2.66	12.4	2.58
2.	3.32	39.1	2.73	32.4	3.27	36.7	3.21	44.1	3.30	16.7	2.72
3.	3.30	39.0	2.83	35.2	3.02	35.2	3.27	42.4	1.31	13.3	2.71
4.	0.14*	41.0	2.71	32.8	3.11	32.4	3.16	40.7	3.37	16.7	2.82
5.	0.10*	58.3	2.85	34.2	2.52	30.6	2.17	31.8	3.12	15.2	2.70
6.	0.08*	44.3	3.14	36.7	2.85	35.0	2.34	34.7	3.17	15.0	2.55
7.	0.10*	57.5	2.95	36.7	2.62	33.9	0.22*	7.2*	2.74	12.2	2.61
8.	0.08*	49.1	2.59	29.0	2.65	33.4	3.34	42.1	3.46	16.3	2.70
9.	0.08*	32.7	3.56	37.4	2.83	32.4	3.04	39.9	3.48	16.7	2.82
10.	3.45	38.2	2.92	33.0	2.59	30.7	2.87	37.5	3.51	16.2	2.98
11.	3.33	38.5	3.06	34.2	2.65	32.9	3.30	40.6	3.68	19.0	0.10*
12.	3.86	42.8	2.86	32.7	2.79	32.8	2.78	38.3	3.46	16.3	0.10*
13.	3.45	38.1	3.00	32.5	3.28	37.2	2.78	38.7	3.85	19.7	0.09*
14.	2.75	34.5	2.69	29.2	3.25	35.0	3.24	42.2	3.31	14.9	0.12*
15.	3.24	37.7	3.39	36.2	3.19	35.9	3.19	41.7	3.57	16.8	0.16*
16.	2.45	29.6	2.31	26.6	2.78	32.2	2.95	39.6	0.35*	11.0	0.09*
17.	3.56	40.7	3.02	35.9	2.63	32.3	2.95	38.5	0.25*	10.9	0.10*

N = 150

MEAN = 2.86 N

STD. DEV = 0.51

VAR. COEFF = 17.86 %

CONF. INTV = +/- 2.89 %

XMIN = 0.97 N

XMAX = 3.89 N

N = 150

MEAN = 7.14 % (18.2 S)

STD. DEV = 5.13

VAR. COEFF = 14.37 %

CONF. INTV = +/- 2.32 %

XMIN = 13.3 MM

XMAX = 59.6 MM

RANGE = 102.10 %

RANGE = 129.76 %

BREAKING TENACITY = MN/TEX

ON VALUES

	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM
20.4	2.66	32.4	2.58	38.3	3.45	38.0	2.80	38.2	2.73	35.3	0.97	59.6
44.1	3.30	36.7	2.72	39.6	3.01	34.9	2.79	40.4	2.84	36.4	2.81	36.8
42.4	1.31	13.3	2.71	39.5	3.13	34.8	2.47	38.5	2.90	36.0	0.19*	55.9
40.7	3.37	36.7	2.82	40.1	3.13	35.4	0.11*	55.1	1.42	18.2	0.08*	36.9
31.8	3.12	35.2	2.70	39.5	3.57	41.0	0.11*	41.5	3.61	40.2	2.76	36.9
34.7	3.17	35.0	2.55	35.2	3.62	37.7	2.86	39.9	2.88	35.3	2.93	37.7
7.2*	2.74	32.2	2.61	39.1	2.48	29.1	1.38	24.2	2.77	32.3	2.79	36.9
42.1	3.46	36.3	2.70	41.2	3.15	35.7	2.35	37.8	2.87	34.6	2.55	33.9
39.9	3.48	36.7	2.82	42.0	2.89	35.5	2.57	37.7	2.88	35.3	2.49	34.9
37.5	3.51	36.2	2.98	42.4	2.70	33.8	1.58	27.1	3.07	37.5	2.69	38.3
40.6	3.68	39.0	0.10*	59.1	2.76	33.9	2.77	39.9	3.03	34.7	2.40	35.1
38.3	3.46	36.3	0.10*	33.5	3.09	36.8	2.68	41.9	3.31	38.6	2.68	34.5
38.7	3.85	39.7	0.09*	40.0	3.15	37.5	1.54	26.6	2.98	34.0	2.48	32.8
42.2	3.31	34.9	0.12*	45.0	3.17	35.4	2.51	38.9	2.74	32.6	2.63	34.5
41.7	3.57	36.8	0.16*	56.3	3.89	38.7	2.56	38.0	2.92	36.2	1.60	22.2
39.6	0.35*	41.0	0.09*	41.9	3.22	36.1	2.39	37.3	2.61	34.5	2.19	32.0
38.5	0.25*	50.9	0.10*	51.9	2.85	35.4	2.84	41.6	2.43	30.7	2.55	35.3

150
7.14 % (18.2 S)
5.13
14.37 %
2.32 %
13.3 MM
59.6 MM

129.76 %

RECORD OF BREAKING LOAD AND EXTENSION VALUES

NO. OF RECORD: 2

SPECIMEN:
BA

ZKOUSKA

NOM. COUNT: 29.5 TEX

RANGE: 30 N
CLAMPING LENGTH 500 MM
DET. OF BREAK: 50 %
LIMITS 1: 0.5 - 30 N
LIMITS 2: 10 - 80 MM
N = 150

	1.		2.		3.		4.		5.		6.
	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N
1.	3.13	38.6	2.93	36.2	1.55	19.4	2.98	41.5	0.37*	45.8	1.98
2.	0.15*	54.0	2.67	33.3	3.37	38.2	3.04	41.1	3.64	35.4	2.69
3.	2.59	36.2	2.27	27.6	3.19	36.0	0.15*	55.1	3.26	33.8	2.42
4.	2.94	39.3	2.89	34.0	3.73	40.4	2.99	43.0	3.65	36.9	2.55
5.	0.15*	53.2	1.60	19.3	1.39	15.9	3.13	41.9	3.49	36.1	2.76
6.	3.05	40.7	2.90	35.8	2.42	30.5	3.17	41.5	3.40	36.6	2.37
7.	2.66	35.3	3.04	35.2	3.09	34.7	3.01	41.7	2.80	32.0	2.74
8.	2.95	38.4	2.64	32.1	3.01	33.8	3.13	39.2	2.79	32.2	2.67
9.	3.42	40.9	2.73	32.6	3.18	35.9	3.52	41.2	3.00	33.5	2.42
10.	3.49	39.9	2.90	35.3	2.99	33.7	1.42	19.8	3.02	34.7	2.47
11.	3.31	36.8	2.59	30.9	3.34	36.0	3.03	38.8	3.11	35.8	2.32
12.	2.87	35.7	2.46	31.2	3.38	36.6	3.43	40.6	3.37	35.4	2.30
13.	3.07	39.0	1.98	25.3	2.87	35.1	3.45	41.6	2.53	27.4	2.78
14.	3.02	37.4	2.41	28.1	3.01	36.9	2.90	37.0	3.66	38.6	2.75
15.	3.34	38.3	2.71	30.6	3.15	37.9	3.43	41.6	2.64	28.7	2.60
16.	3.13	37.3	2.96	32.6	2.91	33.0	2.98	41.5	3.17	34.5	2.26

N = 150
MEAN = 2.90 N
STD.DEV = 0.48
VAR.COEFF = 16.67 %
CONF.INTV = +/- 2.69 %
XMIN = 1.27 N
XMAX = 3.98 N
RANGE = 93.45 %

N = 150
MEAN = 7.23 % (19.0 S)
STD.DEV = 5.47
VAR.COEFF = 15.13 %
CONF.INTV = +/- 2.45 %
XMIN = 13.4 MM
XMAX = 48.8 MM
RANGE = 97.93 %

BREAKING TENACITY = MN/TEX

VALUES

	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM
.5	0.37*	45.8	1.98	31.9	3.48	38.9	2.87	44.9	1.27	16.3	0.11*	57.4
.1	3.64	35.4	2.69	40.7	3.11	34.0	2.99	42.5	3.27	38.8	0.07*	36.9
.1	3.26	33.8	2.42	41.0	3.31	35.1	3.10	44.5	2.56	33.3	2.84	35.4
.0	3.65	36.9	2.55	40.0	3.24	36.3	3.14	42.4	2.76	36.1	2.84	35.9
.9	3.49	36.1	2.76	42.2	2.83	35.4	2.92	42.2	2.24	31.0	3.09	36.3
.5	3.40	36.6	2.37	37.2	3.33	36.4	3.25	42.9	2.19	29.7	0.17*	45.8
.7	2.80	32.0	2.74	42.1	3.29	35.9	3.03	42.4	2.54	34.3	2.73	32.5
.2	2.79	32.2	2.67	43.1	3.58	36.6	2.60	37.4	2.53	34.3	0.15*	54.6
.2	3.00	33.5	2.42	41.3	3.66	36.8	2.80	40.5	2.70	34.6	0.12*	55.6
.8	3.02	34.7	2.47	40.7	3.67	37.2	2.67	40.4	2.69	37.7	2.61	35.0
.8	3.11	35.8	2.32	37.5	3.81	36.2	1.70	29.3	2.76	35.8	2.69	35.3
.6	3.37	35.4	2.30	36.8	3.98	39.7	2.65	39.1	2.59	35.7	2.24	13.4
.6	2.53	27.4	2.78	41.8	3.76	39.2	3.01	39.5	2.68	36.0	2.71	37.2
.0	3.66	38.6	2.75	38.5	3.59	37.4	3.02	42.4	2.51	35.2	3.11	41.8
.6	2.64	28.7	2.60	38.3	3.17	35.6	3.65	48.8	2.79	34.5	2.91	41.0
.5	3.17	34.5	2.26	35.1	3.09	33.4	3.03	40.6	2.64	32.2		

150

.23 % (19.0 S)

.47

.13 %

.45 %

3.4 MM

8.8 MM

.93 %

DET. OF BREAK: 50 %
LIMITS 1: 0.5 - 30 N
LIMITS 2: 10 - 80 MM
N = 150 (2.5 mhosv) .5 mhosv

	1.		2.		3.		4.		5.		6.
	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N
1.	3.32	36.8	2.38	29.0	2.64	46.2	3.45	42.6	0.22*	44.3	2.39
2.	2.31	23.7	2.50	27.7	2.71	35.7	3.15	38.6	3.41	36.7	1.07
3.	2.99	33.1	2.86	30.5	2.71	33.4	3.07	39.1	3.24	34.0	1.10
4.	3.10	33.8	2.86	31.5	2.65	32.1	2.61	34.2	3.37	32.1	2.87
5.	2.89	33.9	3.32	36.4	2.88	34.2	2.95	36.3	3.32	35.9	2.73
6.	3.07	35.6	2.91	34.0	3.23	36.6	3.04	36.2	3.64	38.8	2.68
7.	3.10	34.7	2.68	31.8	3.16	35.1	3.68	41.0	1.01	10.0	2.67
8.	2.98	33.3	1.44	16.1	3.05	37.4	1.73	22.5	3.24	34.4	2.98
9.	3.10	35.0	3.03	33.6	2.99	34.0	2.73	34.8	3.03	33.7	2.59
10.	2.62	29.8	3.03	33.8	2.82	36.2	2.97	39.4	3.01	34.2	2.89
11.	3.32	35.2	1.05	10.8	3.06	36.6	3.05	40.4	3.07	34.4	1.96
12.	3.24	36.4	3.11	35.5	3.12	36.6	2.92	36.6	3.19	35.6	2.88
13.	2.84	32.5	2.92	32.7	3.18	36.7	2.63	38.4	1.05	9.7*	2.62
14.	2.89	33.3	2.48	30.3	3.02	34.2	3.07	41.9	2.98	34.6	2.58
15.	2.83	32.3	1.01	10.8	3.02	37.4	3.14	40.5	3.66	38.5	2.56
16.	2.83	33.5	3.18	35.2	3.15	37.5					

N =	150	N =	150
MEAN =	2.94 N	MEAN =	7.20 % (21.1 S)
STD.DEV =	0.61	STD.DEV =	6.22
VAR.COEFF =	20.75 %	VAR.COEFF =	17.27 %
CONF.INTV = +/-	3.35 %	CONF.INTV = +/-	2.79 %
XMIN =	1.01 N	XMIN =	10.0 MM
XMAX =	6.74 N	XMAX =	47.7 MM
RANGE =	194.90 %	RANGE =	104.72 %

BREAKING TENACITY = MN/TEX

LIBEREC 27.9

TKI COMPUTING TECHNIQUE

4.

5.

6.

7.

8.

9.

10.

MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM
42.6	0.22*	44.3	2.39	39.9	3.28	42.9	6.74	39.4	4.88	37.6	2.80	40.1
38.6	3.41	36.7	1.07	17.0	3.31	41.2	2.79	37.6	2.66	39.1	2.85	40.2
39.1	3.24	34.0	1.10	16.5	3.06	36.0	2.98	41.1	2.98	41.1	2.91	41.1
34.2	3.37	32.1	2.87	40.8	2.98	35.4	3.20	41.2	2.97	40.0	3.37	47.7
36.3	3.32	35.9	2.73	37.2	3.44	36.5	3.35	44.5	3.31	41.3	0.08*	0.0*
36.2	3.64	38.8	2.68	37.5	3.26	36.6	2.86	38.5	3.33	39.2	2.95	41.7
41.0	1.01	10.0	2.67	37.9	3.72	38.5	3.11	38.9	3.20	37.9	2.92	40.9
22.5	3.24	34.4	2.98	41.1	3.54	37.8	2.93	42.8	2.76	37.5	2.86	41.8
34.8	3.03	33.7	2.59	38.6	3.41	36.2	2.67	38.7	2.83	37.5	3.16	44.4
39.4	3.01	34.2	2.89	41.6	3.70	39.2	2.29	33.2	2.77	36.9	2.80	42.1
40.4	3.07	34.4	1.96	29.7	3.23	34.9	3.19	43.2	3.01	39.8	3.34	46.3
36.6	3.19	35.6	2.88	40.9	3.65	36.6	3.11	41.1	2.98	38.3	2.43	35.3
38.4	1.05	9.7*	2.62	38.7	1.54	18.1	2.80	36.9	2.78	37.5	2.71	40.3
41.9	2.98	34.6	2.58	38.7	3.42	35.9	3.21	40.7	3.13	38.9	2.96	41.1
40.5	3.66	38.5	2.56	37.7	3.33	37.6	2.67	37.1	2.77	35.0	2.67	38.9

150

7.20 % (21.1 S)

6.22

17.27 %

2.79 %

10.0 MM

47.7 MM

104.72 %

(Přiloženo 3. výzvě) 3. 10. 1979

RECORD OF BREAKING LOAD AND EXTENSION VALUES

NO. OF RECORD: 2

SPECIMEN:
BA

ZKOUSKA

NOM. COUNT: 29.5 TEX

RANGE: 30 N
CLAMPING LENGTH: 500 MM
DET. OF BREAK: 50 %
LIMITS 1: 0.5 - 30 N
LIMITS 2: 10 - 80 MM
N = 150

	1.		2.		3.		4.		5.		6.
	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N
1.	2.44	29.1	2.72	31.2	2.98	36.6	3.17	40.4	3.40	36.0	2.33
2.	2.69	32.3	2.76	32.8	2.88	33.9	3.02	39.3	3.30	34.1	2.41
3.	2.68	32.6	3.08	35.5	3.11	36.8	3.20	44.8	2.89	20.8	2.61
4.	2.88	33.4	2.47	30.8	3.09	37.0	1.04	15.9	3.46	38.5	1.20
5.	3.12	34.7	2.29	27.4	2.74	34.1	3.26	40.6	3.18	34.6	2.90
6.	1.97	22.8	2.68	29.8	3.03	36.5	3.41	41.6	3.17	34.4	2.92
7.	3.24	35.9	3.25	35.5	2.50	32.3	3.36	40.1	3.67	38.7	2.68
8.	3.45	36.1	3.04	33.6	2.99	35.7	1.38	18.8	3.29	34.4	3.11
9.	2.81	31.6	3.23	33.9	3.47	38.3	3.15	37.5	3.26	33.4	2.83
10.	3.57	37.9	2.74	30.3	3.45	37.1	2.98	38.9	3.22	36.0	3.04
11.	3.38	37.6	2.85	31.9	3.50	38.0	3.03	40.3	2.75	30.8	3.00
12.	3.05	34.9	2.75	31.4	3.04	37.4	2.36	31.9	3.18	32.7	2.93
13.	3.37	36.1	3.05	34.4	3.00	35.4	3.14	38.5	3.13	33.7	3.55
14.	2.75	35.5	2.76	31.9	3.24	38.7	3.30	39.6	3.23	33.0	3.15
15.	3.32	39.9	3.00	35.8	2.58	33.2	3.54	41.0	3.72	38.2	2.79

N = 150
MEAN = 2.96 N
STD. DEV = 0.48
VAR. COEFF = 16.20 %
CONF. INTV = +/- 2.62 %
XMIN = 1.04 N
XMAX = 3.72 N
RANGE = 90.54 %

N = 150
MEAN = 7.23 % (20.1 S)
STD. DEV = 5.10
VAR. COEFF = 14.12 %
CONF. INTV = +/- 2.28 %
XMIN = 15.9 MM
XMAX = 45.0 MM
RANGE = 80.52 %

BREAKING TENACITY = MN/TEX

VALUES

	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM
40.4	3.40	36.0	2.33	36.2	3.32	36.8	3.07	37.0	3.00	37.8	2.63	39.9
39.3	3.30	34.1	2.41	38.3	3.15	36.3	2.92	38.7	2.45	34.0	2.32	34.5
44.8	2.89	20.8	2.61	39.7	3.20	36.0	3.07	40.0	3.30	41.3	3.07	41.9
15.9	3.46	38.5	1.20	19.6	3.42	38.6	3.21	40.1	3.61	41.6	2.68	37.8
40.6	3.18	34.6	2.90	39.9	2.87	33.4	2.77	36.1	1.37	19.6	2.84	41.8
41.6	3.17	34.4	2.92	41.0	3.21	36.6	1.58	24.3	3.31	40.0	2.63	38.3
40.1	3.67	38.7	2.68	38.5	3.17	36.1	2.22	33.3	3.24	41.1	3.32	44.0
18.8	3.29	34.4	3.11	41.7	3.15	37.1	2.28	32.8	3.36	41.6	1.71	26.7
37.5	3.26	33.4	2.83	38.8	3.13	34.3	2.50	33.8	3.70	43.8	2.93	41.9
38.9	3.22	36.0	3.04	39.1	3.18	36.4	3.17	39.0	3.42	41.1	2.91	39.3
40.3	2.75	30.8	3.00	40.1	3.19	34.1	3.00	37.9	3.31	39.2	3.09	42.6
31.9	3.18	32.7	2.93	40.3	3.32	34.6	3.04	39.9	3.38	39.9	3.09	41.6
38.5	3.13	33.7	3.55	43.9	3.69	40.2	2.87	36.7	3.50	42.8	2.35	34.7
39.6	3.23	33.0	3.15	42.2	3.23	36.0	2.92	38.9	2.93	35.8	2.76	40.4
41.0	3.72	38.2	2.79	39.6	3.34	36.4	3.34	45.0	3.25	39.4	1.64	25.4

150
 7.23 % (20.1 S)
 5.10
 14.12 %
 2.28 %
 15.9 MM
 45.0 MM
 80.52 %

RANGE: 30 N
 CLAMPING LENGTH 500 MM
 DET. OF BREAK: 50 %
 LIMITS 1: 0.5 - 30 N
 LIMITS 2: 10 - 80 MM
 N = 150

	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM
	42.8	2.93	34.2	2.95	41.5	3.19	37.7	6.83	42.0	2.72	35.3	3.0
2.	3.48	41.6	3.38	35.5	2.87	33.4	3.45	41.9	3.26	37.2	3.11	
3.	3.73	41.2	2.79	33.9	3.05	37.2	1.90	25.3	3.11	34.5	2.52	
4.	3.69	39.7	2.29	28.6	2.91	36.4	2.77	36.4	3.33	39.3	2.65	
5.	3.39	41.2	2.50	31.7	2.93	35.9	3.09	39.0	3.17	26.9	2.82	
6.	3.32	39.3	2.18	28.3	3.19	38.0	3.20	39.5	3.15	36.9	2.69	
7.	1.16	17.2	2.39	26.6	3.31	41.6	1.10	17.1	1.10	12.4	2.41	
8.	3.22	39.3	1.35	13.0	3.02	38.4	3.03	39.2	0.29*	46.8	2.80	
9.	3.49	39.9	2.93	32.2	3.02	37.2	3.20	39.2	0.24*	40.3	2.72	
10.	3.08	37.1	2.21	27.8	3.24	39.6	3.25	41.3	0.23*	40.8	3.09	
11.	3.18	38.6	2.38	27.4	2.54	33.6	3.35	40.8	3.15	34.0	1.19	
12.	3.14	36.0	2.65	31.6	2.78	35.8	2.77	35.3	2.89	33.2	2.53	
13.	3.48	39.7	3.13	32.4	3.31	36.9	3.06	35.9	3.18	35.0	2.79	
14.	3.15	37.2	2.65	28.6	3.33	38.1	3.09	36.5	3.04	35.0	2.83	
15.	3.28	37.5	3.02	33.3	3.10	36.6	3.30	38.5	2.89	28.5	2.78	
16.	2.33	27.5	3.11	33.2	3.09	37.6	3.71	42.3	3.45	38.1	2.71	

N = 150
 MEAN = 2.88 N
 STD.DEV = 0.65
 VAR.COEFF = 22.39 %
 CONF.INTV = +/- 3.62 %
 XMIN = 1.10 N
 XMAX = 6.83 N
 RANGE = 198.96 %

N = 150
 MEAN = 7.16 % (19.6 S)
 STD.DEV = 6.67
 VAR.COEFF = 18.62 %
 CONF.INTV = +/- 3.01 %
 XMIN = 12.4 MM
 XMAX = 45.2 MM
 RANGE = 91.65 %

BREAKING TENACITY = MN/TEX

LIBEREC C

TKI COMPUTING TECHNIQUE

5.		6.		7.		8.		9.		10.	
N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM
0	2.72	35.3	3.01	42.0							
3.26	37.2	3.11	43.7	3.02	35.1	2.60	37.9	2.71	33.9	2.86	43.0
3.11	34.5	2.52	36.9	3.38	39.9	2.69	39.5	2.93	37.0	2.85	41.0
3.33	39.3	2.65	39.4	3.31	37.2	2.45	36.0	2.92	35.7	3.23	45.2
3.17	26.9	2.82	41.4	1.23	15.9	2.20	34.1	2.56	32.5	0.25*	56.0
3.15	36.9	2.69	39.6	3.27	37.6	3.32	43.0	2.66	33.2	3.00	42.2
1.10	12.4	2.41	38.3	3.08	34.5	1.53	22.8	2.90	35.2	2.68	36.9
0.29*	46.8	2.80	39.3	2.71	35.2	3.47	43.5	2.81	35.8	3.02	42.5
0.24*	40.3	2.72	39.7	3.28	37.9	3.15	39.3	2.50	35.0	2.99	38.9
0.23*	40.8	3.09	42.0	3.42	39.2	0.24*	33.0	2.60	33.8	3.45	44.0
3.15	34.0	1.19	19.5	3.61	40.4	2.95	40.9	2.58	34.1	3.24	42.4
2.89	33.2	2.53	40.6	3.73	40.3	0.23*	9.8*	2.62	33.1	3.27	42.6
3.18	35.0	2.79	43.7	2.92	33.1	2.75	37.8	3.13	37.1	2.86	40.2
3.04	35.0	2.83	42.0	1.27	15.4	2.59	36.1	2.85	35.4	3.00	42.3
2.89	28.5	2.78	43.2	1.39	15.7	3.05	44.5	2.72	33.6	1.45	24.7
3.45	38.1	2.71	42.0								

% (19.6 S)

%
%
MM
MM
%

(2. úroveň) .2. úroveň

RECORD OF BREAKING LOAD AND EXTENSION VALUES

NO. OF RECORD: 3

SPECIMEN:

BA

ZK

NOM. COUNT: 29.5 TEX

RANGE: 30 N
CLAMPING LENGTH 500 MM
DET. OF BREAK: 50 %
LIMITS 1: 0.5 - 30 N
LIMITS 2: 10 - 80 MM
N = 150

	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM
1.	3.63	39.8	3.27	34.6	3.16	35.3	3.90	42.2	3.39	36.9	2.71	40
2.	2.72	32.8	3.45	36.4	3.15	35.5	3.10	35.9	3.05	36.9	2.84	40
3.	3.53	41.9	3.33	33.0	3.30	38.3	3.50	41.4	3.35	43.2	3.02	43
4.	2.96	38.3	3.06	29.5	2.54	30.8	3.17	39.0	0.33*	43.1	2.63	39
5.	3.12	39.5	3.41	34.2	3.03	34.6	2.37	30.6	0.21*	40.3	2.70	40
6.	2.94	36.9	2.34	25.9	3.07	36.4	3.26	40.1	0.19*	39.7	3.12	40
7.	2.99	36.2	2.67	30.7	3.06	35.9	2.97	37.4	0.21*	50.1	2.89	41
8.	1.70	22.8	2.81	33.2	2.80	33.8	3.48	41.6	2.95	34.2	2.96	42
9.	3.11	40.0	3.05	31.5	3.15	38.1	2.98	38.1	3.39	37.3	2.80	42
10.	3.24	40.6	2.76	31.3	2.85	35.9	3.05	40.2	2.99	34.1	1.24	22
11.	2.99	39.5	1.72	18.5	3.17	37.4	3.29	42.4	3.18	35.1	2.52	40
12.	2.77	37.9	2.98	30.3	2.80	33.5	3.52	43.0	1.00	10.7	2.56	40
13.	0.33*	39.5	2.79	31.1	3.30	37.7	3.12	40.2	2.93	32.6	2.69	41
14.	2.67	37.3	2.55	28.8	3.75	40.6	3.54	41.1	0.29*	58.9	2.33	12
15.	2.55	33.3	3.06	33.6	3.73	39.9	2.72	34.8	0.26*	39.5	1.39	57
16.	1.70	22.1	2.91	31.0	3.59	38.7	3.22	38.9	2.94	35.2	2.79	40
17.	2.88	36.1										

N = 150
MEAN = 2.89 N
STD. DEV = 0.52
VAR. COEFF = 17.85 %
CONF. INTV = +/- 2.88 %
XMIN = 1.00 N

N = 150
MEAN = 7.26 % (18.8 S)
STD. DEV = 6.19
VAR. COEFF = 17.05 %
CONF. INTV = +/- 2.76 %
XMIN = 10.7 MM

XMAX = 3.90 N
RANGE = 100.35 %

XMAX = 57.6 MM
RANGE = 129.13 %

BREAKING TENACITY = MN/TEX

5.		6.		7.		8.		9.		10.	
N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM
39	36.9	2.71	40.4	3.68	39.5	0.19*	50.2	3.02	39.3	2.74	43.1
05	36.9	2.84	40.8	3.58	39.1	1.47	27.7	2.84	36.7	1.70	27.8
35	43.2	3.02	43.7	3.29	35.9	2.46	36.9	2.72	35.6	2.48	37.1
33*	43.1	2.63	39.0	3.17	37.9	2.83	41.3	2.88	34.6	0.09*	24.4
21*	40.3	2.70	40.2	3.23	39.2	2.20	34.6	3.11	36.4	2.94	41.5
19*	39.7	3.12	40.9	2.57	31.7	0.16*	56.3	3.03	37.0	2.83	39.6
21*	50.1	2.89	41.6	3.00	38.5	2.31	35.9	2.74	33.8	2.75	40.5
95	34.2	2.96	42.2	3.33	37.6	2.17	33.6	2.91	36.8	2.98	39.8
39	37.3	2.80	42.1	3.26	36.8	2.60	38.3	3.25	38.2	3.26	41.7
99	34.1	1.24	22.0	3.24	36.2	3.02	44.7	3.02	37.4	3.51	45.0
18	35.1	2.52	40.4	2.93	34.5	3.04	41.7	2.56	31.6	3.54	43.3
00	10.7	2.56	40.5	2.89	35.2	0.17*	35.8	2.65	34.1	3.41	42.4
93	32.6	2.69	41.2	1.09	13.4	2.60	36.5	2.87	35.5	2.87	40.7
29*	58.9	2.33	12.1	2.89	35.2	2.49	38.6	3.20	36.0	3.07	43.4
26*	39.5	1.39	57.6	1.27	15.0	2.35	35.6	3.19	36.7	2.75	40.2
94	35.2	2.79	40.0	3.30	35.8	2.54	38.6	3.12	36.7	2.81	41.0

(18.8 S)

BREAKING TENACITY = MN/TEX

VALUES

5.		6.		7.		8.		9.		10.	
MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N
37.8	3.09	35.3	2.57	39.7	2.81	34.6	2.28	35.1	8.38	29.5	2.94
36.5	3.40	38.4	3.11	45.9	3.18	36.2	1.13	22.0	3.30	40.7	2.77
1.9	2.87	32.3	3.10	43.8	3.43	40.2	2.34	36.5	3.34	40.3	2.86
41.7	2.94	33.6	3.11	42.1	3.52	40.3	3.07	42.4	1.86	25.2	2.73
41.2	3.32	36.4	2.99	40.6	0.26*	37.5	2.81	42.3	3.27	39.6	3.19
43.1	3.66	38.0	3.02	42.6	3.28	37.4	3.19	42.5	3.06	37.6	3.21
40.7	3.12	35.3	3.02	43.0	3.20	38.2	2.75	38.1	2.90	36.8	1.45
41.9	6.86	39.2	3.12	44.5	3.34	37.9	2.72	39.6	2.98	37.5	3.47
39.8	3.38	36.7	2.84	40.7	3.27	40.7	3.29	43.7	3.39	39.3	2.93
36.9	3.68	40.7	3.04	45.6	3.61	41.6	3.42	45.9	3.98	43.7	2.81
40.6	3.33	36.2	3.27	46.7	3.26	34.7	2.98	42.9	2.92	35.7	2.79
35.2	3.01	35.1	2.90	43.2	3.41	40.5	3.03	40.6	2.41	32.5	2.83
36.2	3.30	38.2	2.88	42.8	3.61	39.1	3.01	37.5	3.28	39.1	3.15
40.1	3.32	39.9	2.94	43.8	2.89	35.6	3.57	45.8	3.46	40.0	3.33
43.7	2.57	31.1	2.87	43.5	3.32	39.1	3.24	42.3	3.18	38.4	2.91
42.2	3.23	35.9									

150
7.56 % (24.2 S)
5.55
14.68 %
2.37 %
14.5 MM
48.2 MM

89.15 %

Príloha 4: Určenie počtu dielikov pre výpočet prítlačnej sily telesa návinu na hrot
prístroja E-KVÚ v radiálnom smere

i	r_i [mm]	Δl_{i1}	Δl_{i2}	Δl_{i3}	Δl_{i4}	Δl_{i5}	Δl_{i6}	Δl_{i7}	Δl_{i8}	$\bar{\Delta l}_i$ [1]
1	32	5,6	5,8	7,2	5,5	6,6	7,5	7,4	7,1	6,575
2	36	3,5	4,6	5,0	5,4	3,7	6,0	4,9	5,5	4,825
3	40	2,9	3,9	3,7	3,3	4,0	4,6	4,9	3,8	3,888
4	44	3,0	3,2	3,7	3,5	2,9	4,0	3,2	3,2	3,338
5	48	3,2	2,4	2,8	3,2	2,9	3,4	2,6	3,5	3,000
6	52	3,2	3,0	2,5	3,0	2,2	3,4	3,2	3,3	2,975
7	56	2,4	3,0	2,5	2,7	2,3	3,1	3,0	2,3	2,663
8	60	2,3	2,6	2,5	2,7	2,5	2,8	2,2	2,5	2,513
9	64	2,3	2,6	2,3	2,7	2,2	2,5	2,3	2,7	2,450
10	68	2,2	2,6	2,2	2,5	2,4	2,7	2,2	2,7	2,438
11	72	2,2	2,1	2,2	2,0	2,4	2,7	2,5	2,3	2,300
12	76	2,0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,7	2,0	2,3	2,250
13	80	1,9	2,3	1,9	2,0	2,2	2,0	2,2	2,1	2,075
14	84	1,8	2,5	2,2	2,2	2,3	2,3	1,9	2,0	2,150
15	88	1,7	1,7	2,2	2,1	2,3	2,1	1,9	2,0	2,000
16	92	2,0	1,7	2,0	2,1	1,6	1,9	1,8	1,5	1,825
17	96	1,5	1,7	1,6	1,7	1,4	1,8	1,5	1,5	1,588

Data cievky: $r_2 = 100,5$ mm $\beta_{vp} = 90^\circ$ $T = 29,79$ tex
 $h_{vp} = 34$ mm $\Delta r = 4$ mm $MN = 108$ zbov
 $d_{vp} = 1,8$ mm

(8. únor) 8. únor

RECORD OF BREAKING LOAD AND EXTENSION VALUES

NO. OF RECORD: 2

SPECIMEN:
BA

ZKOUSKA 7

NOM. COUNT: 29.5 TEX

RANGE: 30 N
CLAMPING LENGTH 500 MM
DET. OF BREAK: 50 %
LIMITS 1: 0.5 - 30 N
LIMITS 2: 10 - 80 MM
N = 150

	1.		2.		3.		4.		5.		6.
	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N
1.	3.05	33.9	3.30	34.5	3.51	41.5	3.41	43.5	3.41	35.1	1.07
2.	3.32	36.5	3.33	34.1	2.75	35.8	2.92	37.8	3.40	35.8	2.33
3.	2.82	32.9	3.00	29.6	2.70	36.8	2.97	39.1	3.33	35.0	3.04
4.	2.95	35.1	2.76	29.1	3.00	38.3	3.22	40.1	3.45	36.0	2.94
5.	3.15	35.7	1.05	9.6*	2.82	36.2	3.07	39.7	3.09	35.9	3.03
6.	3.63	38.1	3.15	34.2	3.14	38.7	2.85	40.1	3.49	38.7	3.03
7.	3.55	38.8	2.97	33.3	2.97	38.1	3.17	41.0	3.00	34.2	2.98
8.	1.78	19.6	3.00	32.4	2.81	35.8	3.04	42.6	3.39	39.2	2.65
9.	3.32	36.3	2.61	28.3	3.36	39.6	3.35	43.1	3.70	40.1	2.91
10.	3.17	37.5	3.09	33.7	3.26	39.7	3.20	40.3	3.64	37.9	2.34
11.	2.04	19.8	3.04	32.7	3.44	40.8	3.40	42.7	3.68	40.9	2.66
12.	2.60	32.1	3.06	31.9	3.15	38.6	3.49	42.2	3.62	38.4	2.88
13.	2.73	31.7	3.21	28.9	2.72	34.6	3.68	41.7	3.43	35.6	2.90
14.	3.36	35.9	2.69	27.2	3.20	40.4	3.85	43.1	3.17	35.8	2.83
15.	1.73	18.8	3.28	35.2	3.35	40.3	2.09	27.7	3.45	35.6	3.00
16.	3.62	36.7	3.20	34.8							

N = 150
MEAN = 3.00 N
STD.DEV = 0.50
VAR.COEFF = 16.73 %
CONF.INTV = +/- 2.70 %
XMIN = 1.07 N
XMAX = 4.01 N

N = 150
MEAN = 7.51 % (22.3 S)
STD.DEV = 5.99
VAR.COEFF = 15.94 %
CONF.INTV = +/- 2.58 %
XMIN = 14.9 MM
XMAX = 49.9 MM

RANGE = 98.00 %

RANGE = 93.16 %

N VALUES

	5.		6.		7.		8.		9.		10.	
	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM	N	MM
5	3.41	35.1	1.07	18.6	3.08	36.7	2.93	42.2	2.20	49.9	2.98	41.1
8	3.40	35.8	2.33	34.7	2.94	34.9	2.59	38.4	3.79	43.4	3.02	44.0
1	3.33	35.0	3.04	43.3	3.06	36.0	2.65	39.7	3.47	39.7	0.22*	46.2
1	3.45	36.0	2.94	46.4	2.68	35.7	2.83	40.8	3.62	42.4	1.30	22.3
7	3.09	35.9	3.03	45.6	3.02	38.2	2.58	38.8	3.69	41.0	3.32	46.4
1	3.49	38.7	3.03	45.0	3.02	36.5	3.24	45.9	3.93	42.8	2.91	41.4
0	3.00	34.2	2.98	41.8	2.92	38.7	2.79	40.3	4.01	42.2	2.95	42.2
6	3.39	39.2	2.65	40.2	3.18	40.4	2.97	41.9	3.55	41.4	2.62	37.6
1	3.70	40.1	2.91	40.4	1.51	20.6	3.23	45.7	3.00	35.8	2.61	40.5
3	3.64	37.9	2.34	33.2	3.01	36.8	2.99	44.3	3.39	39.4	2.92	44.5
7	3.68	40.9	2.66	38.5	1.14	14.9	2.90	42.0	3.48	41.1	1.28	21.6
2	3.62	38.4	2.88	43.9	2.58	32.5	2.60	38.7	2.82	33.5	2.99	42.8
7	3.43	35.6	2.90	45.1	3.33	39.5	2.69	40.9	3.39	41.1	2.72	40.2
1	3.17	35.8	2.83	46.2	3.37	38.6	3.02	43.3	2.87	37.4	2.81	42.8
7	3.45	35.6	3.00	45.8	3.08	35.7	2.84	36.5	2.80	36.3	2.56	43.2

50
51 % (22.3 S)

99
24 %
58 %
9 MM
9 MM

6 %

Príloha 4: Určenie počtu dielikov pre výpočet prítlačnej sily telesa návinu na hrot
prístroja E-KVÚ v radiálnom smere

i	r_i [mm]	Δl_{i1}	Δl_{i2}	Δl_{i3}	Δl_{i4}	Δl_{i5}	Δl_{i6}	Δl_{i7}	Δl_{i8}	$\bar{\Delta l}_i$ [1]
1	32	4,3	4,6	6,0	7,0	7,6	5,6	7,5	6,0	6,0750
2	36	3,8	3,8	4,2	4,2	4,3	4,3	5,0	5,9	4,4375
3	40	3,8	2,6	3,3	3,4	3,2	3,0	4,5	3,7	3,4375
4	44	3,2	2,6	2,5	2,8	2,8	2,4	2,7	3,1	2,7625
5	48	3,0	2,6	2,5	2,6	2,4	2,4	2,7	2,8	2,6250
6	52	2,8	2,0	2,3	2,2	2,2	2,4	2,5	2,3	2,3375
7	56	2,7	2,4	2,0	2,2	2,2	2,4	2,0	2,3	2,2750
8	60	2,3	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	1,8	2,3	2,1250
9	64	2,2	1,8	2,0	2,1	2,3	2,2	1,8	2,1	2,0625
10	68	1,8	1,6	1,8	2,3	1,8	2,0	1,8	1,9	1,8750
11	72	1,4	1,6	1,9	1,8	2,0	1,8	1,7	1,9	1,7652
12	76	1,3	1,6	1,3	1,8	1,8	1,4	1,6	1,6	1,5500
13	80	1,3	1,2	1,3	1,4	1,4	1,3	1,6	1,4	1,3625
14	84	0,4	0,8	0,8	1,0	0,8	0,9	1,0	0,7	0,8000

Data cievky:
 $r_2 = 86,5$ mm
 $h_{vp} = 34$ mm
 $d_{vp} = 1,8$ mm

$\beta_{vp} = 90$
 $\Delta r = 4$ mm
 $T = 29,79$ tex
MN = 108 zubov

Príloha 4: Určenie počtu dielikov pre výpočet prítlačnej sily telesa náviny na hrot
prístroja E-KVÚ v radiálnom smere

i	r_i [mm]	Δl_{i1}	Δl_{i2}	Δl_{i3}	Δl_{i4}	Δl_{i5}	Δl_{i6}	Δl_{i7}	Δl_{i8}	$\bar{\Delta l}_i$ [1]
1	32	8,9	11,2	10,9	9,5	8,2	10,2	9,1	9,5	9,6875
2	36	7,6	7,2	5,8	6,8	6,8	5,9	5,9	6,5	6,5025
3	40	5,4	5,9	3,5	4,4	5,8	4,1	4,5	5,0	4,8250
4	44	9,3	9,5	3,3	3,2	3,4	3,9	3,9	4,1	3,8250
5	48	3,0	3,9	3,1	3,2	3,4	3,3	3,8	3,0	3,3375
6	52	3,0	2,4	2,8	2,8	3,2	3,2	3,0	3,0	2,9250
7	56	3,0	2,6	2,3	3,2	3,3	2,9	3,2	3,0	2,9357
8	60	3,0	2,5	2,0	2,0	2,1	2,4	2,7	2,8	2,4375
9	64	1,9	2,5	2,3	2,2	2,1	2,4	2,6	2,2	2,2750
10	68	1,7	2,3	2,2	2,2	1,8	2,2	2,2	2,0	2,0750
11	72	1,7	2,3	1,5	2,2	2,2	2,2	2,0	1,7	1,9750
12	76	1,6	2,0	1,4	1,5	2,0	1,7	1,8	1,7	1,7185
13	80	1,5	1,7	1,4	1,5	2,0	1,6	1,0	1,7	1,5500
14	84	0,7	1,0	0,8	0,9	1,1	1,0	0,9	1,2	0,9500

Data cievky: $r_2 = 86$ mm
 $h_{vp} = 34$ mm
 $d_{vp} = 1,8$ mm

$$\beta_{vp} = 90^\circ$$

$\Delta r = 4$ mm
 $T = 29,79$ tex
 $MN = 108$ zubov

Príloha 5: Hodnoty modulu pružnosti v radiálnom smere

r_i [mm]	l [mm]	h_0 [mm]	h_1 [mm]	h_2 [mm]	h_3 [mm]	h_4 [mm]	E_r [MPa]
34	89	20,13	14,79	5,34	4,355	0,871	1,799
		20,73	15,41	5,32	4,335	0,867	1,808
		31,65	15,55	6,10	5,115	1,023	1,534
		21,77	16,35	5,42	4,435	0,887	1,768
48	87	14,53	5,17	9,36	8,375	1,675	0,959
		17,14	6,38	10,76	9,775	1,955	0,823
		11,74	3,98	7,76	6,775	1,355	1,184
		10,51	4,94	5,57	4,585	0,917	1,746
68	84	17,85	7,72	10,13	9,145	1,829	1,958
		23,83	6,68	17,15	16,165	3,233	0,517
		21,67	7,35	14,32	13,335	2,667	0,625
		20,03	7,82	12,21	11,225	2,245	0,741
86	82	22,96	5,94	17,02	16,035	3,207	0,532
		21,08	2,60	18,48	17,035	3,407	0,501
		19,91	2,99	16,92	15,935	3,187	0,535
		18,75	2,02	16,73	15,745	3,149	0,542