

Technická univerzita Liberec

Katedra oděvnictví

Diplomová práce

2001

Hana Vlasáková

Technická univerzita v Liberci

fakulta textilní

obor: 3113 - 8

Oděvní technologie

zaměření: Projektování konfekčních výrobků

Katedra oděvnictví

Hodnocení vlastností délkových a plošných textilií součinitelem tření a vnitřního tlumení

Evaluation characteristics of lengthy and area textiles by coefficient of friction and
internal damping

Hana Vlasáková

KOD 512

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Lubomír Sodomka, DrSc, MDFABI

Konzultant:

Rozsah práce:

počet stran 52

počet tabulek 8

počet obrázků 20

počet příloh 3

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Katedra oděvnictví

Školní rok: 2000/2001

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro: **Hanu Vlasákovou**

Obor: 3113-8 Oděvní technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Hodnocení vlastností délkových a plošných textilií součinitelem tření a vnitřního tlumení**

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te průzkum literatury zadaného tématu, shrňte dosavadní poznatky, proved'te rešerši literatury a její zhodnocení
2. Upravte stávající zařízení pro měření součinitele tření délkových textilií
3. Vyberte typické délkové textilie a změřte jejich součinitel tření
4. Vyberte typické plošné textilie a změřte jejich součinitel tření a jeho anizotropii
5. Zhodnoťte výsledky měření ekonomicky

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: 50 stran

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce: Prof. RNDr. Ing. Lubomír Sodomka, DrSc. MDFABI

Konzultant:

Zadání diplomové práce: 31.10.2000

Termín odevzdání diplomové práce: 31.5.2001

L.S.

Doc. Dr. Ing. Zdeněk Kůs
vedoucí katedry

Prof. Ing. Radko Kovář, Csc.
děkan

V Liberci dne: 31.10.2000

Anotace:

V této diplomové práci jsou shrnuty poznatky o objektivním hodnocení některých mechanických vlastností oděvních textilií.

První část se zabývá pojmem „tření“, popisuje měřicí přístroje používané při zjišťování jednotlivých mechanických vlastností textilií.

Druhá část je zaměřena experimentálně. Obsahuje popis měřících zařízení a metod použitých při zjišťování součinitele tření délkových a plošných textilií a vnitřního tlumení vláken.

V závěrečné části jsou uvedeny výsledky, jejich vyhodnocení a ekonomické zhodnocení nákladů potřebných k realizaci této práce.

Annotation

In this diploma are summarized knowledges of objective evaluation some mechanical characteristics of clothing textiles.

The first part of thesis deals with the notion of „friction“, this part describes measuring instruments used at evaluation of individual mechanical characteristics of textiles.

The second part is focused experimentally. It contains description of measuring devices and methods are used at evaluation coefficient of friction of linear and area textiles and evaluation coefficient of internal dumping of threads.

In the last part are states results, evaluate of results and economical evaluation of expenses which are necessary to realize this diploma in the last part.

Prohlášení:

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci dne2001

.....

Hana Vlasáková

Poděkování:

Děkuji vedoucímu a zároveň konzultantovi své diplomové práce Prof. Ing. Sodomkovi, DrSc, MDFABI za zadání zajímavé práce a za účinnou pomoc a vedení při jejím vypracování. Dále děkuji zaměstnancům školy, jmenovitě panu Kavanovi a panu Geislerovi, za pomoc při úpravách měřicího zařízení.

V Liberci dne2001

.....

Hana Vlasáková

| | |
|--|----|
| Úvodní list | |
| Zadání diplomové práce | |
| Anotace | |
| Prohlášení | |
| Poděkování | |
| Obsah..... | 6 |
| Seznam použitých zkratk a symbolů..... | 8 |
| 1. Úvod..... | 11 |
| 2. Teoretická část..... | 12 |
| 2.1. Textilie a kompozitní materiály..... | 12 |
| 2.1.1. Charakteristika délkové textilie..... | 12 |
| 2.1.1.1. Teorie potřebná k rozboru příze..... | 12 |
| 2.1.2. Charakteristika tkaniny..... | 16 |
| 2.1.2.1. Teorie potřebná k rozboru tkanin..... | 16 |
| 2.1.2.2. Základní vazby..... | 18 |
| 2.2. Anizotropie mechanických vlastností plošných textilií..... | 20 |
| 2.3. Shrnutí poznatků o tření..... | 20 |
| 2.3.1. Základní zákony tření textilií..... | 24 |
| 2.3.1.1. Tření plošných textilií..... | 25 |
| 2.3.1.2. Tření délkových textilií..... | 27 |
| 2.4. Shrnutí poznatků o vnitřním tlumení..... | 29 |
| 3. Praktická část..... | 32 |
| 3.1. Rozbor vzorků..... | 32 |
| 3.1.1. Rozbor vzorků tkanin..... | 32 |
| 3.1.2. Rozbor vzorků příze..... | 33 |
| 3.2. Měření součinitele tření..... | 33 |
| 3.2.1. Popis a úprava stávajícího zařízení..... | 33 |
| 3.2.2. Návrh metodiky měření statického koeficientu tření..... | 37 |
| 3.2.3. Návrh metodiky měření dynamického koeficientu tření..... | 38 |
| 3.2.4. Naměřené a vypočtené hodnoty součinitele tření plošných textilií..... | 39 |
| 3.2.5. Vyhodnocení naměřených hodnot plošných textilií..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 3.2.6. Naměřené a vypočtené hodnoty součinitele tření délkových textilií..... | 43 |
| 3.2.7. Vyhodnocení naměřených hodnot délkových textilií..... | 43 |
| 3.3. Měření vnitřního tlumení..... | 45 |
| 3.3.1. Metodika měření součinitele vnitřního tlumení..... | 45 |
| 3.3.2. Naměřené a vypočtené hodnoty součinitele vnitřního tlumení..... | 46 |
| 3.3.3. Vyhodnocení naměřených hodnot..... | 47 |
| 4. Ekonomické zhodnocení..... | 48 |
| 5. Závěr..... | 49 |
| Seznam literatury..... | 51 |
| Seznam a rozsah příloh..... | 52 |

Seznam použitých zkratk a symbolů

45° - směr tkaniny pod úhlem 45 stupňů

A - amplituda...[°]

a - součinitel vnitřního tlumení...[1]

α - úhel naklonění roviny, kdy se těleso začne pohybovat ...[°]

A₁ - amplituda v čase t₁...[°]

A₂ - amplituda v čase t₂...[°]

α_o - úhel opásání...[°]

a_p - průměrná hodnota součinitele vnitřního tlumení...[1]

α_p - průměrná hodnota úhlu α ...[°]

a_{pk} - hloubka protlačení kola...[m]

α_{po} - počáteční úhel...[°]

α_r - úhel naklonění roviny...[°]

atd. – a tak dále

β - úhel naklonění roviny, kdy se těleso zastaví...[°]

β_p - průměrná hodnota úhlu β ...[°]

cos - cosinus

d_n - průměr nitě...[m]

D_o - délková hustota osnovy...[cm⁻¹]

D_u - délková hustota útku...[cm⁻¹]

exp - exponenciální funkce

f - koeficient tření...[1]

F - třecí síla za třecím tělesem...[N]

f_d - součinitel tření dynamický...[1]

f_{dp} - průměrná hodnota součinitele tření dynamického...[1]

F_o - napínací síla před třecím tělesem...[N]

F_p - síla způsobující pohyb tělesa...[N]

f_s - součinitel tření statický...[1]

f_{sp} - průměrná hodnota součinitele tření statického...[1]

G - tíže hmotnosti vlečného tělesa...[N]

γ - úhel mezi povrchovými vlákny a osou příze...[°]
 l - délka na níž se počítá délková hustota...[cm]
 L - upínací délka příze...[m]
 l_n - délka nitě...[m]
 \ln - přirozený logaritmus...[1]
 L_o - délka osnovní nitě...[mm]
 L_{tk} - délka tkaniny...[mm]
 L_u - délka útkové nitě...[mm]
 m_k - hmotnost kyvadla...[kg]
 m_n - hmotnost nitě...[kg]
 M_{tk} - hmotnost tkaniny...[g]
 N - normálová síla...[N]
 n - počet nití...[1]
 např. - například
 o - směr osnovy
 obr. - obrázek
 π - Ludolfovo číslo...3,141592
 R - poloměr kola...[m]
 r - poloměr upnuté příze...[m]
 ρ_n - měrná hmotnost nitě...[g cm⁻³]
 s - směrodatná odchylka...[°]
 \sin - sinus
 S_o - setkání osnovy...[%]
 S_u - setkání útku...[%]
 t - čas...[s]
 T - třecí síla...[N]
 T_d - třecí síla dynamická...[N]
 tg - tangens
 tj. - to je
 T_k - doba kmitu kyvadla...[s]
 T_n - délková hmotnost nitě (jemnost)...[tex]
 T_o - délková hmotnost osnovní nitě...[tex]

- T_s - statická třecí síla...[N]
 T_u - délková hmotnost útkové nitě...[tex]
TU - Technická univerzita
tzv. - takzvaně
ú - směr útku
u - úhlová výchylka...[°]
V - rychlost pohybu...[m s⁻¹]
v - variační koeficient...[%]
 ω - úhlová rychlost...[rad s⁻¹]
 x_p - aritmetický průměr
 Z_n - zákrut nitě...[z m⁻¹]

1. Úvod

Výroba textilií patří mezi nejstarší a nejrozšířenější oblasti lidských činností na světě. Toto se týká především textilních materiálů vyrobených za účelem odívání. Vždyť objevy tkaných i pletených oděvů dokazují, že historie odívání sahá daleko do starověku.

Díky technickému rozvoji se využití textilních materiálů rozšířilo i do jiných než jen oděvních sfér. Některé materiály svými specifickými vlastnostmi umožňují jejich technické využití tam, kde ostatní materiály a jejich vlastnosti nevyhovují požadovaným nárokům. K rozhodnutí, zda je technická textilie vhodná pro použití k dané technologii či technickému účelu, je zapotřebí prozkoumat její fyzikální, chemické, strukturální a jiné vlastnosti i vzhledem na jejich směr působení.

Směrová závislost mechanických vlastností se nazývá anizotropie. Anizotropie textilií je obor, který je teprve na počátku vývoje. Nebyla tedy ještě dostatečně publikována a každý poznatek z tohoto oboru je cenný.

Úkolem této diplomové práce je zjistit, jak vazba tkaniny ovlivňuje anizotropii součinitele tření dané textilie. Je známo, že existuje velké množství různých vazeb a měření by bylo velmi časově náročné. Proto se tato práce zabývá pouze základními vazbami. Aby bylo možné výsledky jednotlivých měření mezi sebou porovnávat, bylo podmínkou zajistit vzorky tkanin ze stejného materiálu. Díky Katedře mechanických technologií TU Liberec se podařilo zajistit vzorky třech základních vazeb: plátno, kepr a atlas a příze, ze které jsou vzorky utkány.

V této práci se zjišťování anizotropie textilií provádí pomocí měření součinitele tření, je zde předpoklad, že jím lze anizotropii textilie poměrně přesně určit.

Jak již bylo uvedeno, zjišťování anizotropie má význam především v oblasti technického použití textilií než u textilií používaných k oděvním účelům. Cílem této práce je však ověřit, zda je teorie anizotropie textilií v souladu s experimentálním zjištěním.

2. Teoretická část

2.1 Textilie a kompozitní materiály

Kompozitní materiály jsou materiály tvořené nejméně dvěma složkami, konstituenty, z nichž alespoň jedna je tuhá a jejichž vlastnosti a výsledné vlastnosti se odlišují od vlastností původních konstituentů a vlastností získaných jejich adicí. Vlastnosti kompozitů jsou silně ovlivňovány vlastnostmi svých materiálových složek, jejich distribucí a orientací.

Textilie je plošný nebo lineární útvar složený z vláken, přízí, nití či kombinací textilních plošných útvarů s útvary netextilními. Textilie jsou tedy zvláštním případem kompozitních materiálů, v nichž alespoň jednu složku tvoří vlákna stejného typu a druhým konstituentem je vzduch. [1]

2.1.1 Charakteristika délkové textilie [2]

Mezi délkové textilie zahrnujeme všechny délkové útvary složené z vláken, tedy kabel, kabílek, hedvábí, monofil, pramen, přást, příze. Rozdělujeme je na přádelnické poloproducty (kabel, pramen, přást) a produkty, jejichž společné označení je nit.

Konstrukce těchto útvarů sleduje použitý technologický princip zpracování vlákenné suroviny, kde jednotlivá vlákna mají převážně axiálně spirálovou polohu. Protože principem předení je získat útvar přízi, jejíž délková hmotnost je v každém jednotkovém úseku zhruba konstantní, jsou mechanické vlastnosti tohoto útvaru dány nejen vlastnostmi vláken, ale též třecími silami mezi nimi.

2.1.1.1 Teorie potřebná k rozboru příze

U nití jako útvarů zakončujících přádelnickou technologii, rozdělujeme jejich vlastnosti do dvou skupin:

1. Vlastnosti tvaru - délková hmotnost (jemnost)

- průměr
- zákrut
- objemnost
- nestejnomyěrnost hmotnosti

2. mechanické vlastnosti - pevnost v tahu

- pevnost v rázu
- tažnost
- pružnost

Dále se již budeme zabývat jen vlastnostmi tvaru, kterými lze, pro naše účely, dostatečně použitou přízi charakterizovat.

Délková hmotnost (jemnost)

Při zjišťování délkové hmotnosti se postupuje tak, že odměřenou délku nitě zvážíme na přesných vahách a její hmotnost dosadíme do vztahu:

$$T_n = \frac{10^6 \cdot m_n}{l_n} \quad [\text{tex}] = [10^{-6} \text{ kg m}^{-1}] = [\text{mg m}^{-1}] \quad (1)$$

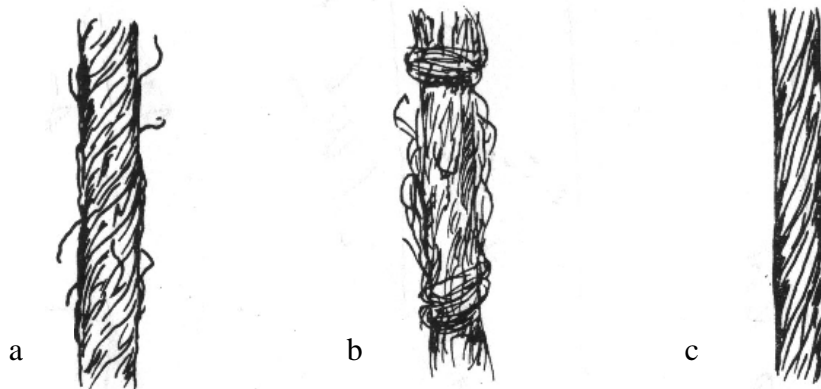
kde m_n je hmotnost nitě [kg]

l_n je délka nitě [m]

Odvinuté množství nitě se odměří na vijáku, jehož obvod je přesně 1 m. Vzhledem k částečné pružnosti nitě je zapotřebí navinutí provést pod určitým předpětím, jež se na vijáku nastaví.

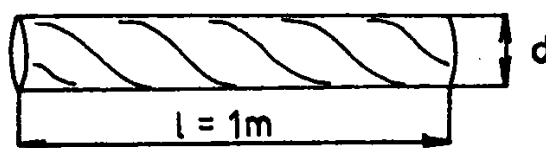
Průměr nitě

Za průměr nitě d_n lze považovat průměr určitého nejmenšího válce, ve kterém je soustředěna podstatná část vláken, tvořících hmotu nitě. To znamená, že určitá malá část vláken v daném úseku tento tvar opouští jako volné konce či smyčky a vytváří tak chlupatost nitě (jen u přízi). Při porovnání příze a hedvábí se ukázalo, že definování průměru nitě není jednoduché (obr.1).



Obr.1. Povrchy nití: a - prstencová příze, b – rotorová příze, c – hladké hedvábí

Odstávající vlákna znesnadňují určení průměru. Hustota vláken a jejich rozložení v příčném průřezu nitě není stejné, navíc dochází k migraci vláken s vyšší tuhostí k obvodu nitě. Řez od řezu je rozdílný co do polohy průřezu i co do průměru. Z těchto důvodů existují vztahy pro výpočet průměru nitě z její délkové hmotnosti. Vychází se z představy, že nit má válcový tvar, délku $l_n = 1 \text{ m}$ (obr.2).



Obr. 2. Idealizovaný tvar nitě

Pro definování hmotnosti tohoto útvaru platí:

$$2) \quad m_n = \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \cdot l_n \cdot \rho_n \quad ($$

kde ρ_n je měrná hmotnost nitě.

Literatura [14] uvádí $\rho_{bavlny} = 1,52 \text{ g cm}^{-3}$.

Z toho průměr nitě bude:

$$d_n^2 = \frac{4 \cdot m_n}{\pi \cdot l_n \cdot \rho_n} = \frac{4}{\pi \cdot \rho_n} \cdot \frac{m_n}{l_n} \cdot 10^6 \quad (3)$$

a po dosazení:

$$d_n^2 = k \cdot \frac{T_n}{10^6} \quad (4) \quad \text{a potom} \quad d_n = k \cdot \frac{\sqrt{T_n}}{10^3} \text{ [m]} \quad (5)$$

Zákrut nitě

Pojem zákrut vyjadřuje počet otáček, ke kterým dojde při zakrucování v poslední operaci a je číselně vyjádřen na délku 1 m výsledné nitě. Zákrut má v niti dvě funkce: drží vláknenný útvar pohromadě a na základě vzniklých třecích sil mezi jednotlivými vlákny dává těmto nitím mechanické vlastnosti (pevnost, pružnost, deformaci, ohebnost atd.). Směry zákrutů jsou dva: levý - S zákrut

pravý - Z zákrut

Příze, z níž jsou zkoumané tkaniny vyrobeny, je rotorová a určování zákrutu je odlišné od prstencové. Rotorová příze má povrchová vlákna, která mají jiný charakter a zejména jiný zákrut než vlákna v jádru příze, proto proces zakrucování není vratný v plném slova smyslu. Uvolňování zakrouceného přástku vláken je nerovnoměrné a většinou se nedosáhne paratelného uložení všech vláken, toto je příčina potíží při aplikaci běžných metod zjišťování zákrutu příze. Některé používané metody jsou uvedeny níže.

Optická - měří se úhel γ mezi povrchovými vlákny a osou příze, průměr příze d_n . Měření je náročné a zatížené chybou. Zákrut se pak vypočte ze vztahu:

$$Z_n = (10^3 \text{ tg } \gamma) / (\pi d_n) \quad (6)$$

Přímá metoda rozkrucování - nedoporučuje se. Měření zákrutu má při krátké upínací délce a problematické rovnoběžnosti vláken velkou nestejnouměrnost.

Nepřímá s napínačem - zjištěný zákrut je menší než zákrut nastavený na stroji.

Při určování zákrutu rotorové příze se přihlíží k nastavenému zákrutu na bezvřetenovém dopřádacím stroji. Pro přízi jemnosti 20 tex odpovídá zákrut 1 100 - 1 200 z / m. [3]

2.1.2 Charakteristika tkaniny [4]

Tkanina je definována vazbou, materiálem, dostavou a délkovou hmotností příze jíž je tvořena. Z těchto údajů se určuje tzv. plošná geometrie tkaniny. Důležitá je též tzv. prostorová geometrie tkaniny, kterou ovlivňuje typ a seřízení tkacího stroje. Vztahy mezi strukturou, tkacím procesem a výslednými vlastnostmi tkaniny jsou dosti složité, za výsledné vlastnosti považujeme např. poddajnost neboli omak, podélnou pružnost, vzhled tkaniny, setkání nití, zakrytí, hmotnost tkaniny a podobně.

2.1.2.1 Teorie potřebná k rozboru tkanin

Účelem rozboru tkaniny je určit její základní strukturu:

Určení líce a rubu tkaniny

Líc má z pravidla lepší vzhled než rub, je lépe vyvzorován ať vazbou, tištěným vzorem nebo leskem, působí dojmem větší plnosti, je hladší a má méně nestejnouměrností.

Určení směru osnovy a útku

Platí tyto zásady: pevný kraj je ve směru osnovy, osnova je zpravidla hustší než útek, osnovu tvoří jakostnější nebo jemnější příze, skané příze se vyskytují častěji v osnově.

Druh použitých přízí

U každého druhu příze ve tkanině zjišťujeme surovinovou skupinu (bavlna, vlna, len atd.), a to buď mikroskopicky nebo chemickou zkouškou.

Pro určení délkové hmotnosti, neboli jemnosti příze použijeme způsob uvedený ve 2.1.1.1.

Délková hustota (dostava) tkaniny

Délková hustota tkaniny udává hustotu jednotlivých soustav nití na 10 mm, v praxi se však běžně udává na 1 cm. Při vyjádření formou zlomku je první hodnota pro osnovu a druhá pro útek. Platí vztah:

$$D_{o(u)} = n / l \quad (7)$$

kde $D_{o(u)}$ je délková hustota osnovy (útku) [cm^{-1}]

n je počet nití zjištěných na úseku délky l

l je délka, na níž byly nitě spočítány [cm]

Setkání osnovy a útku

Setkání (zkrácení) je rozdíl mezi směrem tkaniny a délkou nití vytažené ze tkaniny. Vliv na velikost setkání má vazba tkaniny, délková hmotnost a délková hustota. Setkání se počítá dle vztahu:

$$S_{o(u)} = \frac{(L_{o(u)} - L_{tk})}{L_{tk}} \cdot 100 \quad (8)$$

kde $S_{o(u)}$ je setkání osnovy (útku) [%]

$L_{o(u)}$ je délka osnovní (útkové) nitě vytažené ze tkaniny [mm]

L_{tk} je délka tkaniny [mm]

Hmotnost 1 m² tkaniny

Hmotnost tkaniny je hmotností všech nití obou soustav včetně setkání

$$M_{tk} = \frac{D_o \cdot (1 + S_o / 100) \cdot T_o}{10} + \frac{D_u \cdot (1 + S_u / 100) \cdot T_u}{10} \quad (9)$$

kde M_{tk} je hmotnost 1 m² tkaniny [g]

$D_{o(u)}$ je délková hustota osnovy (útku) [cm⁻¹]

$S_{o(u)}$ je setkání osnovy (útku) [%]

$T_{o(u)}$ je délková hmotnost osnovních (útkových) nití [tex]

Tuto hmotnost lze také určit vážením vzorku o známé ploše a přepočítat na plochu 1 m².

Určení druhu tkaniny podle hmotnosti

Bavlnářské a hedvábnické tkaniny se určují podle hmotnosti na 1 m² a vlnářské výrobky podle hmotnosti délkového metru tkaniny v šířce 140 až 160 cm.

Bavlnářské tkaniny do 120 · 10⁻³ kg / m² jsou označovány za lehké, od 120 do 220 · 10⁻³ kg / m² za středně těžké a nad 220 · 10⁻³ kg / m² za těžké. [2]

2.1.2.2 Základní vazby - charakteristika [4]

Základní pojmy:

Vazba tkaniny je způsob vzájemného provázání osnovní a útkové soustavy nití.

Vazní bod je každé překřížení osnovní nitě s útkem. Osnovní vazní body vznikají položením osnovní nitě nad útek, v útkovém vazním bodě leží útek nad osnovní nití .

Osnovní vazba má převahu osnovních vazních bodů nad útkovými.

Útková vazba má převahu vazních bodů útkových nad osnovními.

Oboustranná vazba má stejný počet vazních bodů útkových i osnovních.

Střída vazby je ta část vazby ve tvaru čtverce nebo obdélníku, která se v celé ploše tkaniny s výjimkou krajů pravidelně opakuje.

Plátnová vazba

- je oboustranná vazba (obr. 3a) s hustým provázáním osnovních i útkových nití. Střída vazby je na dvě nitě osnovní a na dvě nitě útkové. Tká se nejčastěji ve čtyřech listech vačkovým prošlupním ústrojím.

Keprová vazba

- je buď osnovní (obr. 3b) nebo útková (obr. 3c). Tvoří šikmé úhlopříčné řádkování levého nebo pravého směru.

Střída vazby je do čtverce na tři a více nití. Kepry označujeme jako třívazné, čtyřvazné atd. Tkáme je s hladkým návodem do brda s použitím listového stroje.

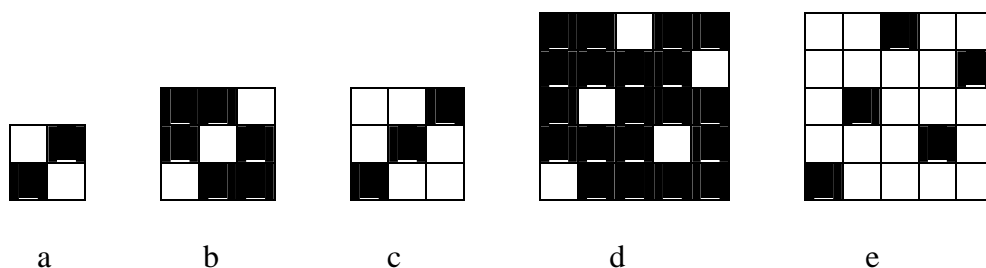
Atlasová vazba

- je buď osnovní (obr. 3d) nebo útková (obr. 3e). Má nevýrazné šikmé řádkování ve více směrech. Vazné body jsou pravidelně rozsazeny tak, aby se nedotýkaly. Střída vazby je do čtverce. Sestavují se na základě postupného (vzestupného) čísla, které určuje, kolikátá další osnovní nit (útek) tvoří na následujícím útku (osnovní niti) vazný bod osnovní (útkový). Postupné číslo se určuje pro útkové vazby a vzestupné pro osnovní vazby.

Tato čísla musí vyhovovat těmto podmínkám:

- ◆ je nejméně o dvě čísla menší než střída vazby
- ◆ je větší než jedna
- ◆ není soudělitelné se střídou vazby

Nejmenší atlas je pětivazný. Atlasy se tkají s hladkým návodem listovým strojem. Tkanina je podstatně hustší a těžší než v plátnové vazbě.



obr. 3 Základní vazby:

a - plátno

b - kepr osnovní třívazný

c - kepr útkový třívazný

d - atlas osnovní pětivazný

e - atlas útkový pětivazný

2.2 Anizotropie mechanických vlastností plošných textilií [5]

Mechanické vlastnosti plošných textilií jsou ovlivněny vlastnostmi nití, ze kterých je textilie vyrobena a její vnitřní strukturou.

Anizotropie mechanických vlastností plošných textilií vyjadřuje směrovou závislost těchto vlastností. Dobře je popsána polárními diagramy. Sestavují se z naměřených nebo vypočítaných hodnot mechanických vlastností zjištěných v různých směrech vzhledem k jedné (hlavní) ose. Protáhlejší polární diagramy popisují vyšší stupeň anizotropie, než diagramy méně protáhlé. Izotropní plošná textilie má polární diagram blížící se kruhu.

2.3. Shrnutí poznatků o tření

Tření je fyzikální jev, se kterým se setkáváme ve všech našich činnostech - při chůzi, ve sportu, při jízdě automobilem, při soudržnosti nejrůznějších látek, zvláště pak textilií, při jejich zpracování - tedy všude tam, kde je pohyb. Tření, jako většina jevů, je v mnoha případech žádoucí a požadujeme je co největší (brzdy, spojka, ...), jindy je jevem nežádoucím a je třeba je minimalizovat (v ložiscích, válkách, ...).

Vznik tření je vysvětlován nerovností styčných ploch. Při styku těles nerovnosti zapadají do sebe, a tak vzniká odpor proti pohybu, dochází ke ztrátě energie a tím například ke snížení rychlosti. Dá se říci, že čím hladší povrchy se stýkají, tím menší je ztráta energie a tím menší je i koeficient tření.

Tření je kvantitativní míra vzájemného působení těles.

Na textiliích se tření projevuje velmi výrazně. Ovlivňuje spotřebitelskou životnost výrobků, protože dlouhodobé tření způsobuje takové efekty jako je žmolkovitost, plstnatění, oděr, otěr, apod. což samozřejmě snižuje kvalitu výrobků a ovlivňuje také výrobu textilií. Tření se projevuje ve všech etapách zpracování textilních materiálů. Surovina, poloproduct i konečný výrobek je při nich v neustálém pohybu a tak dochází ke vzájemnému posunu vláken, ale také se projevuje při stříhu a dalším zpracování, například při šití. Nejen pro uvedené příklady je nevyhnutelně nutné znát třecí síly, abychom se při výrobě vyhnuli problémům z něho vyplývajících, případně abychom třecích sil využili v náš prospěch.

Tři zákony tření:

1. Třecí síla T je přímo úměrná kolmému zatížení silou N a koeficientem úměrnosti je právě koeficient tření f , který je konstantní pro styk daných ploch:

$$f = T / N \quad (10)$$

2. velikost koeficientu tření je nezávislá na ploše styku mezi dvěma povrchy

3. kinetické tření (síla bránící pohybu) je v podstatě nižší než statické (síla, kterou je nutno překonat, aby se daná hmota dostala do pohybu) a je nezávislé na rychlosti pohybu.

Jak již bylo uvedeno třecí síly jsou kvantifikovány součinitelem tření, což je složitá veličina, která musí být pro většinu technických podmínek určována měřením.

Měření součinitele tření textilních materiálů je založeno na principu nakloněné roviny.

Obr. 4 znázorňuje působení sil na těleso pohybující se po nakloněné rovině, kde platí tyto vztahy:

$$G = N + F_p \quad ($$

11)

$$N = G \cdot \cos \alpha_r \quad (12)$$

$$F_p = T = G \cdot \sin \alpha_r \quad (13)$$

$$T = f \cdot N \quad (14)$$

$$f = \sin \alpha_r / \cos \alpha_r = \operatorname{tg} \alpha_r \quad (15)$$

kde G je tíže hmotnosti vlečného tělesa [N]

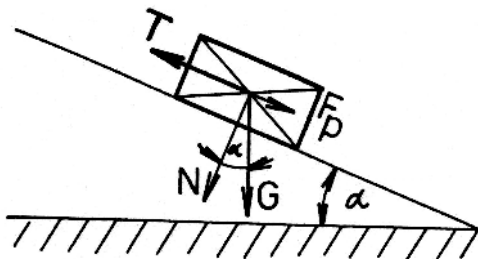
N je normálová složka síly [N]

F_p je síla způsobující pohyb tělesa [N]

T je třecí síla [N]

α_r je úhel naklonění roviny [°]

f je součinitel tření [1]



Obr. 4. Smykové tření na nakloněné rovině – rozklad sil

Součinitel tření f závisí na materiálu stýkajících se ploch (mazání olejem, vlhkost plochy atd.).

Výše již bylo uvedeno, že hodnota tření je menší než největší hodnota tření dotýkajících se těles za relativního klidu. Proto je třeba rozlišovat tření v klidu (statické) T_s a tření za pohybu (dynamické) T_d .

Statické tření

Síla statického tření T_s je rovna absolutní hodnotě síly F právě v okamžiku, kdy se těleso z klidové polohy začne pohybovat. Pro statický součinitel tření f_s platí:

$$f_s = \operatorname{tg} \alpha \quad (16)$$

kde α je úhel nakloněné roviny, při kterém se těleso začalo pohybovat [°]

Dynamické tření

Síla dynamického tření T_d je rovna absolutní hodnotě síly F právě v okamžiku, kdy se těleso přestane pohybovat. Pro dynamický součinitel tření platí:

$$f_d = \operatorname{tg} \beta \quad (17)$$

kde β je úhel nakloněné roviny, při kterém se těleso zastaví [°]

Úhly α a β se zjišťují experimentálně.

K uvedení tělesa do smykového pohybu je zapotřebí větší síly než na to, aby se těleso udrželo v rovnoměrném pohybu. Je to proto, že klidová třecí síla T_s je větší než třecí síla za pohybu T_d , $T_s > T_d$.

Platí také, že součinitel tření za klidu f_s je větší, než součinitel tření za pohybu f_d , $f_s > f_d$.

2.3.1 Základní zákony tření textilií [6]

Předmětem zkoumání této diplomové práce je součinitel tření v textilních a jim příbuzných oborech, budeme se zabývat pouze třením dvojic pevných látek. Půjde nám o případy statické a kvazistatické. Pro tato tření byly zjištěny makroskopické zákony, z nichž budeme v dalším vycházet. Jde o Coulombův zákon vlečného tření, kterým je definován součinitel tření, o zákonitosti tření valivého a tření při opásání, nazýváme též Eulerovo. Tření se projevuje silami působícími při dotyku dvou povrchů a působícími proti pohybu. Součinitel tření f je definován Coulombovým zákonem (14), tento zákon platí pro tření vlečné.

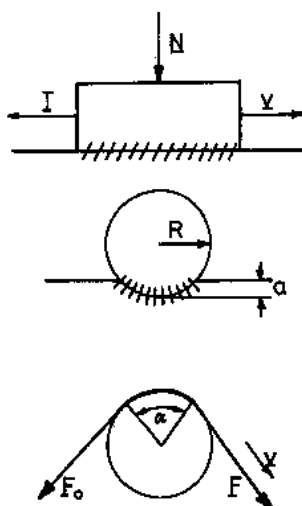
Pro tření valivé je součinitel tření f roven:

$$f = a_p / R \quad (18)$$

kde a_p je hloubka protlačení kola o poloměru R do povrchu. Další kvantitativní vztah užívaný při tření opáсанých předmětů kruhového průřezu je Eulerův vztah:

$$F = F_0 \cdot \exp (f \alpha_0) \quad (19)$$

kde F_0 je napínací síla před třecím tělesem, F je třecí síla za třecím tělesem a α_0 je úhel opásání. Situaci jednotlivých vztahů ilustruje obr.5.



Obr. 5. K výkladu vlečného, valivého a Eulerova tření

2.3.1.1. Tření plošných textilií

Pro měření součinitele tření plošných textilií byla vypracována celá řada metod, některé jsou uvedeny níže. Jde o tribometry sestavené ing. Hanou Hejzlarovou, prof. Lubomírem Sodomkou a Lenkou Valáškovou. Všechny uvedené přístroje pracují na principu nakloněné roviny, po které se pohybuje třecí element.

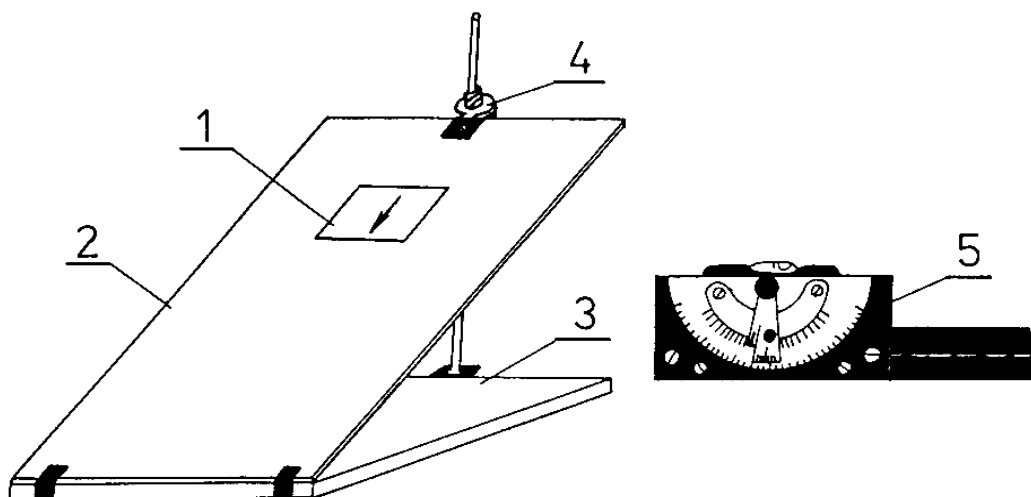
Tribometr dle Hejzlarové

Pro stanovení statického a dynamického koeficientu tření je použito nakloněné roviny s rovnoměrným přímočarým pohybem třecího elementu.

Na zařízení je možno zkoumat součinitele tření plošných i délkových textilií. Cílem je užívat tuto metodiku pro hodnocení povrchových a zpracovatelských vlastností speciálních vláken. [7]

Tribometr dle Sodomky (obr.6.)

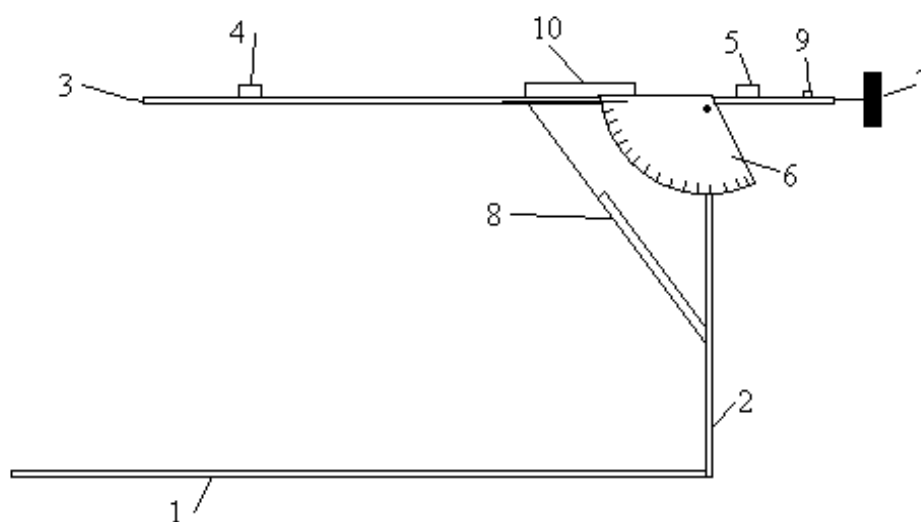
Jedná se o nakloněnou rovinu s regulovatelným úhlem sklonu. Jeho základní součásti tvoří horizontální ocelová deska nastavitelná do roviny dvěma stavěcími šrouby a nakloněná rovina z plexitu, jejíž úhel je možno měnit šroubem s jemným stoupáním. Úhel nakloněné roviny se měří sklonoměrem (libelou). [8]



Obr. 6. Příklad přístroje na měření součinitele tření: 1 – kovová destička (jezdec), 2 – sklopná deska, 3 – pevná deska, 4 – regulační šroub, 5 – úhломěr s libelou

Tribometr dle Valáškové (obr.7.)

Měřicí přístroj se skládá z pevné a sklopné části. Pevnou část tvoří kovová konstrukce tvaru „ L „, k níž jsou přišroubovány dvě dřevěné lakované desky, základní a boční. Sklopnou částí přístroje je horní deska, která je připevněna k boční desce pomocí závěsného pantu.



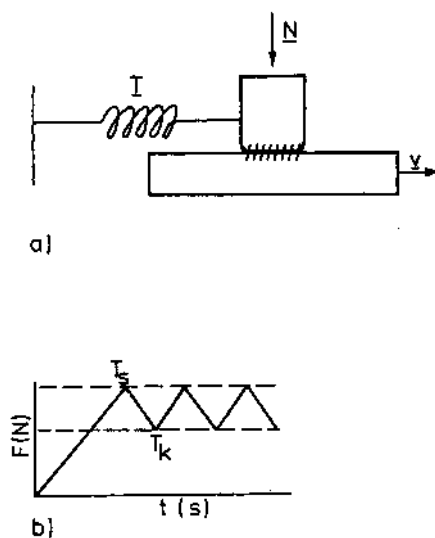
Obr. 7. Tribometr sestavený Valáškovou: 1 - spodní deska, 2 – boční deska, 3 – sklopná deska, 4 ,5 – upevňovací lišta, 6 – úhломěr s ukazatelem, 7 – závaží, 8 – píst, 9 – kontrolka sepnutí elektrického obvodu, 10 – třecí element s magnetem

Součinitel tření se zjišťuje mezi povrchy dvou zkušebních vzorků, které mohou být z téhož i odlišného materiálu. Jeden vzorek je upnut mezi lištami sklopné desky a druhý obaluje třecí tělíčko.

U zařízení je využíváno magnetického pole a magnetu umístěného v třecím elementu. Při pohybu třecího tělíčka dojde k rozepnutí elektrického obvodu a zastavení sklápění desky a následnému odečtení úhlu na ukazateli. [9]

2.3.1.2. Tření délkových textilií [6]

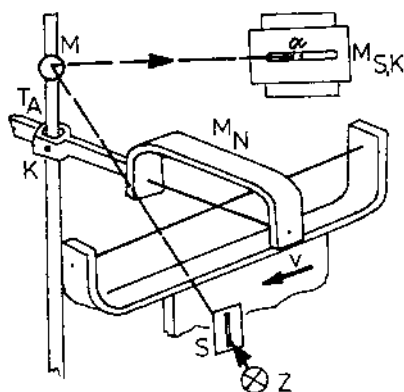
Pro měření součinitele tření délkových útvarů jako jsou vlákna a dráty byly vypracovány různé metody, které jsou shrnuty v publikaci [10], nejpodstatnější jsou uvedeny níže. Některé z nich jsou použitelné i pro strojírenské materiály. Jde o tribometr Bowdena a Levena, jehož schéma je na obr.8. Do kontaktu se uvedou dvě třecí tělesa, z nichž spodní je pohyblivé a vrchní je spojeno se spirálou, realizující měření třecí síly T . Pohybem spodního tělesa rychlostí V dojde k napínání pružiny až k dosažení třecí síly T_s , obr. 8b. Pak následuje prokluz a pokles síly F až do hodnoty T_k a dále již se děj periodicky opakuje.



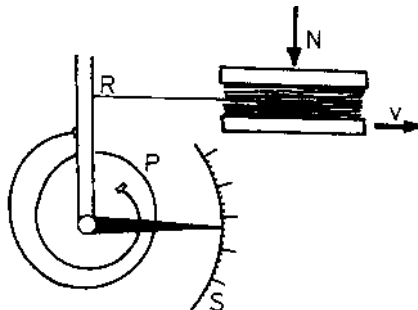
Obr.8a - Princip tribometru podle Bowdena a Levena: N - přítláčná síla, T – síla tření, V – rychlost pohybu,
b - Průběh síly pružiny v závislosti na čase

Další celou skupinu tribometrů používáme výhradně pro měření součinitele tření délkových útvarů, jako jsou vlákna. Jde o měření součinitelů tření vláken v kolmém a paralelním uspořádání. Jako zástupci obou uspořádání jsou uvedeny principy tribometrů podle Guthriea, Olivera na obr.9 a podle Postlea, Inghama a Coxe na obr.10. V prvním případě (obr.9.) se součinitel tření určí z momentu síly stočení nosné tyče A opatřené

zrcátkem, z jeho stočení se určí síla T a přitlačná síla se určí z momentu přitlaku rámečku. Při paralelním uspořádání vláken (obr.10.) je třené vlákno vloženo ve vrstvě paralelních vláken s přitlačnou silou N . Třené vlákno je spojeno s ramenem R ovládaným pružinou P . Druhá část ramene R indikuje na stupnici S třecí moment nebo přímo třecí sílu T .



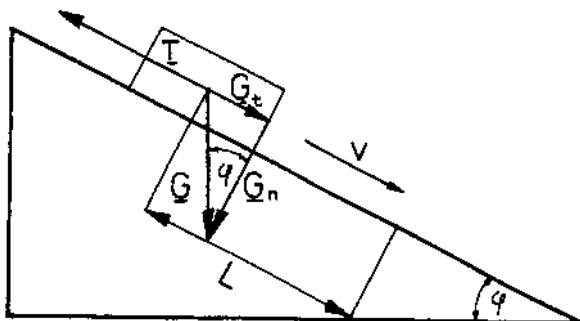
Obr.9. Princip tribometru pro měření součinitele tření vzájemně kolmých vláken: A – otáčivá osa, M - zrcátko, K – kloub, Z – zdroj světla, S – štěrбина, V – rychlost pohybu spodního držáku vlákna, MN – přitlačný moment, α – úhel stočení určující statický a kinetický moment tření



Obr.10. Princip tribometru pro měření součinitele tření paralelních vláken: N - přitlačná síla, R – rameno síly, V – rychlost pohybu vláknové vrstvy, P, S – stupnice pro určení úhlu stočení a statického a kinetického momentu třecí plochy

Výše uvedené tribometry mají nevýhodu, že je třeba k realizaci třecí síly mít k dispozici pohyblivé části zařízení. Mnohem jednodušší je uskutečnit silové působení pro tření použitím nakloněné roviny, jak je běžně známé z mechaniky.

K realizaci měření součinitele tření délkových textilií byl zvolen tribometr založený na principu nakloněné roviny, jak je znázorněno na obr.11.



Obr. 11. Podstata tribometru na principu nakloněné roviny: G – tíha třecího tělesa, $G_t = mg \sin \varphi$ složka tíhy do směru pohybu po nakloněné rovině, $G_n = mg \cos \varphi$ složka síly ve směru normály k nakloněné rovině, realizující přítlačovou sílu N , T – třecí síla, φ – úhel nakloněné roviny, L – délka pohybu po nakloněné rovině, V – rychlost po nakloněné rovině

Jeho základní součásti tvoří horizontální ocelová deska nastavitelná do roviny dvěma stavěcími šrouby a nakloněná rovina z plexitu, jejíž úhel je možno měnit šroubem s jemným stoupáním. Úhel nakloněné roviny se měří sklonoměrem. Souběžně jsou po stranách nakloněné roviny zhotoveny úchytky vláken (přízí), takže je možné měřit i součinitele tření vláken (přízí) ve vzájemném kolmém uspořádání. V tomto případě se na napnuté vlákno (přízí) opásá vlákno druhé s úhlem opásání 180° se zatížením závažím M . Stejně jako při tření ploch určíme příslušné součinitele tření. Výhodou takto pojatého tribometru jsou jednoduché a všeobecně známé vztahy pro určení třecí síly a dalších veličin potřebných ke kvantifikaci součinitele tření pro statické, kvazistatické a kinetické součinitele tření.

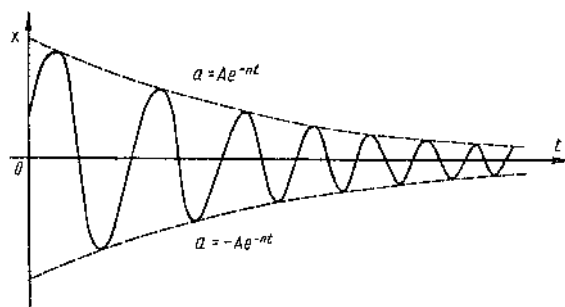
2.4. Shrnutí poznatků o vnitřním tlumení [11]

Tlumené kmity - působí-li na kmitající těleso tření, pak energie soustavy a spolu s ní rovněž maximální výchylky a rychlosti nezůstávají konstantní, ale zmenšují se, neboť je

vydávána energie na překonání sil tření, která se přeměňuje v teplo. Dochází k postupnému tlumení kmitů.

Takovéto kmity nejsou harmonické.

Tlumené kmity jsou kmity, jejichž amplitudy ubývá s časem. Zákon ubývání amplitudy závisí na charakteru sil tření, které působí na těleso.

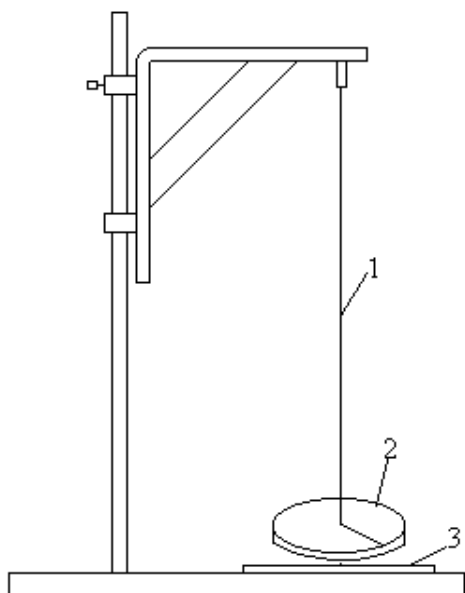


Obr.12. Graf tlumeného kmitání pro jeden určitý typ sil tření

Tlumené kmity nejsou periodický proces. „Periodou“ tlumených kmitů se nazývá doba T_1 , během níž soustava projde dvakrát rovnovážnou polohou v téže směru, neboli doba, během níž výchylky v jednom směru dosáhnou dvakrát maximální hodnoty.

Síly tření zpomalují pohyb soustavy. Perioda tlumených kmitů je proto stále o něco delší než perioda těch vlastních kmitů, které by soustava vykonávala, kdyby nebylo tření. Je-li však tření malé, potom toto tření působí velmi málo na periodu tlumených kmitů.

Pro měření součinitele tlumení a bylo využito torzního kyvadla obr. 13. [12]



Obr. 14. Torzní kyvadlo: 1 - upnutá příze, upínací délka L , průměr příze R , 2 - válcové

těleso hmotnosti m_k a poloměru r , 3 – otočná úhlová stupnice 360°

Torzní kyvadlo s válcovým tělesem o hmotnosti 0,61 kg a poloměrem 50 mm a upínací délkou vlákna 0,5 m.

Součinitel tlumení a je určen dvěma po sobě jdoucími amplitudami A_1 , A_2 úhlů torzního kyvadla a dobou kmitu T výrazem (25).

$$u = u (t)$$

$$A = A (t)$$

$$u = A \cdot \exp (- a \cdot t) \cdot \sin (\omega t + \alpha_{po}) \quad (21)$$

$$A_1: u_1 (t_1) = A \cdot \exp (- a \cdot t_1) \cdot \sin (\omega t_1 + \alpha_{po}) \quad (22)$$

$$A_2: u_2 (t_1 + T) = A \cdot \exp (- a (t_1 + T)) \cdot \sin (\omega (t_1 + T) + \alpha_{po}) \quad (23)$$

$$A_1 / A_2 = \exp (- a \cdot t_1) / \exp (- a (t_1 + T)) \quad (24)$$

$$A_1 / A_2 = 1 / \exp (- a \cdot T) =$$

$$A_1 / A_2 = \exp (a \cdot T)$$

$$\ln (A_1 / A_2) = a \cdot T$$

$$a = \ln (A_1 / A_2) / T \quad (25)$$

kde u je úhlová výchylka [$^\circ$]

α_{po} je počáteční úhel [$^\circ$]

3. Praktická část

Předmětem zkoumání této diplomové práce je určení anizotropie součinitele tření tkanin vyrobených z bavlněných přízí, a určení jaký vliv má na jeho anizotropii vazba tkaniny. Dalším úkolem je určení součinitele vnitřního tlumení vláken. Z tohoto důvodu byly zkoušky prováděny na tkaninách vyrobených ze stejných surovin, za stejných podmínek na jednom tkacím stroji. Vzorčky vyrobila tkalcovna Katedry mechanických textilií TU Liberec.

3.1 Rozbor vzorků

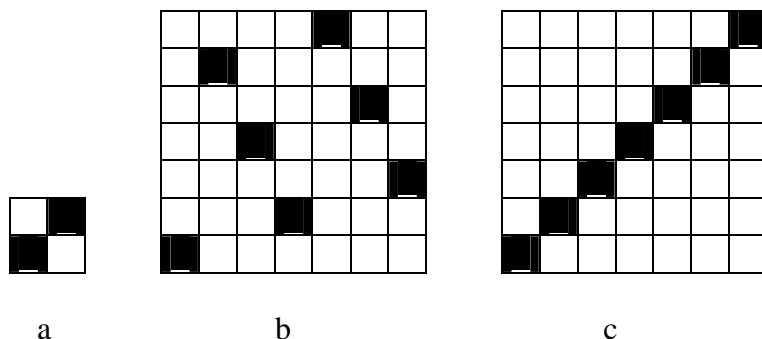
3.1.1 Rozbor vzorků tkanin

V tabulce 2 je přehled parametrů jednotlivých vzorků tkanin.

Tabulka 2. Parametry vzorků tkanin

| Vzorek číslo | 1 | 2 | 3 |
|--|---------------------|-------|--------|
| Vazba tkaniny | plátno | atlas | kepr |
| Materiál v osnově | 20 tex 100 % bavlna | | |
| Materiál v útku | 20 tex 100 % bavlna | | |
| Hmotnost 1 m ² [g] | 116,2 | 116 | 116,25 |
| Délková hustota osnovy [m ⁻¹] | 2 800 | 2 800 | 2 800 |
| Délková hustota útku [m ⁻¹] | 2 700 | 2 700 | 2 700 |
| Setkání osnovy [%] | 11 | 7 | 8 |
| Setkání útku [%] | 8 | 3 | 5 |
| Druh tkaniny dle hmotnosti | lehká | lehká | lehká |

Vazby vzorků tkanin jsou na obrázku 15.



obr.15. Vazby vzorků:

a - plátno

b - atlas útkový sedmivazný, vzestupné číslo - 3

c - kepr útkový sedmivazný, úhlopříčné řádkování - pravý směr

3.1.2 Rozbor vzorků příze

V tabulce 1 jsou uvedeny zjištěné vlastnosti příze.

Tabulka 1.

| | |
|------------------------------|--|
| Délková hmotnost (jemnost) | 20 tex |
| Průměr | 0,12 mm |
| Zákrut | 1 100 - 1 200 z / m , směr zákrutu - z |

3.2. Měření součinitele tření

3.2.1 Popis a úprava stávajícího zařízení

Měřicí přístroj se skládá z pevné a sklopné části. Pevnou část tvoří kovová konstrukce tvaru „L“, k níž jsou přišroubovány dvě dřevěné lakované desky, základní a

boční. Sklopnou částí přístroje je horní deska, která je připevněna k boční desce pomocí závěsného pantu.

Na vrchní části sklopné desky jsou umístěny dvě dřevěné lišty pro upevnění zkušební vzorku. Spodní strana lišt je opatřena plstí, zamezující prokluzu vzorku. Lišty jsou připevněny na sklopnou desku pomocí dlouhých šroubů s křídlovými maticemi. Povoláním matice se lišta uvolní, zasune se zkušební vzorek. V pravé části sklopné desky je vedle lišty zabudován magnetický spínač propojený s relé, které je přišroubováno k boční desce a napájeno elektrickým proudem ze zdroje.

Pohyb sklopné desky je regulován nastavitelným protizávažím a ovládán rozvaděčem propojeným pístem. Píst je připevněn ke spodní straně sklopné desky a k boční desce. Při maximálním vysunutí pístnice vytváří desky pravý úhel. Velikost úhlu sklopení je znázorňována na úhloměru pomocí kovového ukazatele upevněného na čelní části sklopné desky.

Součástí přístroje je třecí element v podobě dřevěné destičky o rozměrech 60 x 60 x 10 mm. Do boční části destičky je vsazen magnetický hranolek. Správné umístění třecí destičky signalizovala kontrolka umístěná v pravé části sklopné desky.

Protizávaží se nastavilo do takové polohy, aby pohyb desky dolů byl plynulý a pomalý. Třecí element se položí magnetem na magnetický spínač na sklopné desce. Tím se vytvoří magnetické pole (rozsvítí se kontrolka). Tlakem na levou stranu sklopné desky dochází k jejímu sklápění směrem dolů. V okamžiku, kdy se dá třecí element do pohybu se magnetický obvod přeruší a relé sepnutím uzavře elektrický obvod. Nyní rozvaděč přestane propouštět vzduch a dojde k zastavení pohybu pístu , v této fázi se odečte úhel a deska se obrátí do vodorovné polohy.

Provedení přístroje viz obr.7.

Jak sama návrhářka zařízení uvádí v závěru své diplomové práce [9], je řízení pístu pneumatickým obvodem v praxi neproveditelné. Nejen z tohoto důvodu bylo nutné pro tuto diplomovou práci stávající zařízení upravit (obr.16):

1. Původní, nefunkční, pneumatické ovládání bylo nahrazeno elektromotorem poháněným řemenem, který umožňuje pomalé a plynulé sklápění desky. Pohyb sklopné desky je řízen ovládacím panelem na němž jsou:

- bílé tlačítko pro zastavení sklopné desky v libovolné poloze při pohybu dolů a pro zastavení sklopné desky v libovolné poloze při pohybu vzhůru
- červené tlačítko pro sklápění a zdvihání sklopné desky
- dvupolohový přepínač - umožňuje měření s využitím magnetického obvodu nebo bez magnetického obvodu

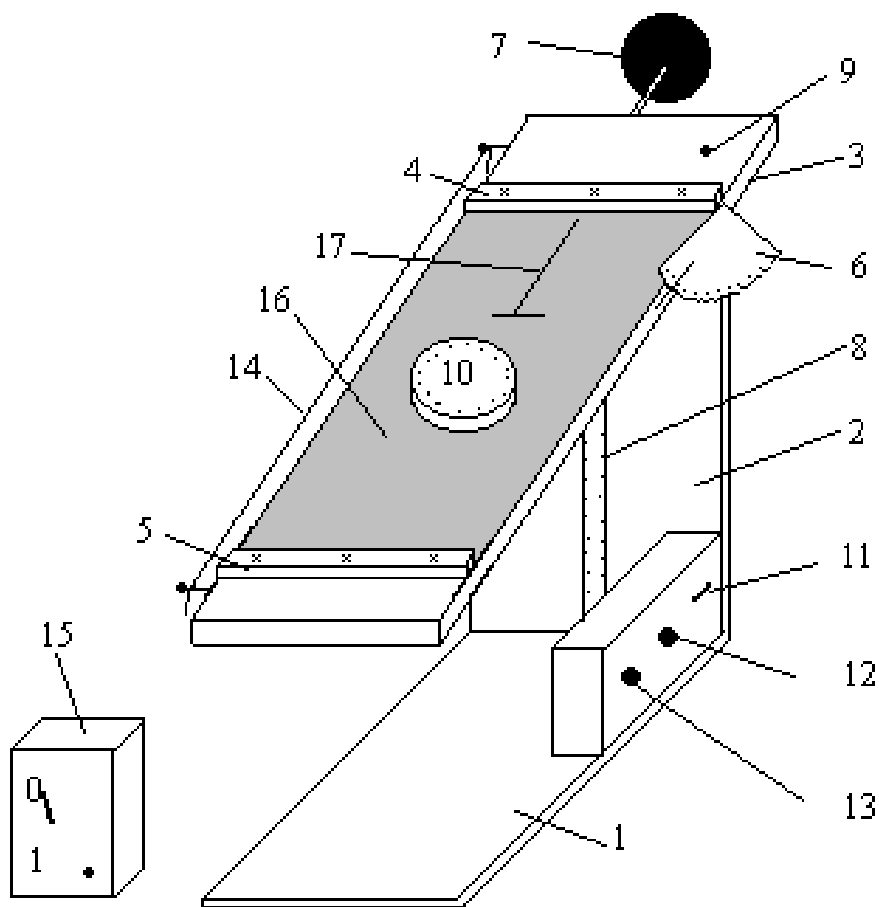
2. Stávající třecí element čtvercového tvaru o rozměrech 60 x 60 x 10 mm, se zabudovaným magnetem byl nahrazen kruhovým tělískem z dřevotřísky o průměru 100 mm, tloušťce 12 mm a hmotnosti 70 g. Jeho vrchní část je opatřena stupnicí od 0° do 360°.

3. Změnilo se tím i upínání vzorku na třecí tělísko - původně se obdélníkový vzorek lepil izolepou, nyní je kruhový vzorek o průměru 140 mm upínán pomocí 10 mm široké pruženky.

4. Protože předmětem zkoumání této diplomové práce je i součinitel tření délkových textilií musela se sklopná deska doplnit zařízením pro jeho měření. Tomuto účelu posloužily dvě ocelové úchytky upevněné v boční části sklopné desky, tak aby ocelová struna průměru 0,38 mm, napnutá mezi nimi, přesně kopírovala hranu sklopné desky.

5. Další součástí zařízení je ocelový plech o rozměrech 570 x 200 x 0,5 mm, který je při zjišťování koeficientu tření plošných textilií použit jako referenční povrch. Na jeho povrchu je vyznačena svislá linie, která slouží k přesnému ukládání třecího elementu.

6. Jako referenční povrch slouží u délkových textilií ocelová struna upnutá po straně sklopné desky.



Obr.16. Upravené zařízení na měření součinitele tření: 1 - spodní deska, 2 – boční deska, 3 – sklopná deska, 4 ,5 – upevňovací lišta, 6 – úhломěr s ukazatelem, 7 – závaží, 8 – řemen, 9 – kontrolka sepnutí elektrického obvodu, 10 – třecí element s magnetem, 11 – přepínač měření s magnetem / bez magnetu, 12 – bílé tlačítko, 13 – červené tlačítko, 14 - ocelový drát, 15 – zdroj napětí, 16 – ocelový plech, 17 – linie naznačená na ocelovém plechu

Při měření součinitele tření bylo upřednostněno ovládání přístroje manuálně před použitím automatického zastavení pomocí magnetického spínače. K tomuto rozhodnutí vedlo proměření chyby, kterou vytváří při měření přístroj při použití magnetu, a kterou vytváří lidský faktor při měření bez pomoci magnetu.

Bylo provedeno 10 měření s použitím magnetu, kdy přístroj sám díky rozpojení elektrického obvodu zastavil sklápění desky, a 10 měření bez použití magnetu, kdy byl

pozorován třecí element a v okamžiku, kdy byl okem zaznamenán pohyb, došlo k ručnímu zastavení sklápění.

Zjištěné hodnoty, spolu s vypočtenou chybou, jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3.

| Způsob měření | S magnetem | Bez magnetu |
|--|------------|-------------|
| 1 | 18 | 18,5 |
| 2 | 19 | 19 |
| 3 | 21,5 | 19 |
| 4 | 21 | 19,5 |
| 5 | 15 | 18 |
| 6 | 21 | 19 |
| 7 | 15,5 | 20,5 |
| 8 | 17 | 18,5 |
| 9 | 22,5 | 19 |
| 10 | 20,5 | 17,5 |
| Směrodatná odchylka s [°] | 2,622 | 0,815 |
| Aritmetický průměr x_p [°] | 19,1 | 18,85 |
| Variační koeficient v $v = (s / x_p) \cdot 100$ [%] | 13,7 | 4,3 |

Z tabulky je zřejmé, že přístroj sám o sobě vytváří chybu, která je nepřijatelná (větší než 10 %). U magnetického spínače dochází totiž k časové prodlevě při přerušení magnetického působení, které způsobuje pozvolné (nikoli okamžité) slábnutí vytvořeného magnetického pole. Tím pádem spínač nezastaví sklápění plošiny přesně v okamžiku, kdy se třecí element rozpohyboval, ale se zpožděním, které způsobuje značnou nepřesnost měření.

3.2.2. Návrh metodiky měření - statického koeficientu tření f_s

Princip přístroje spočívá v pohybu třecího elementu po nakloněné rovině. Cílem je zjištění úhlu, při němž dojde k pohybu, respektive k zastavení třecího elementu.

Součinitel tření se zjišťuje mezi povrchem referenčním, v tomto případě ocelová deska (ocelová struna), a povrchem zkoumané plošné (délkové) textilie.

Pro plošné textilie platí tento postup: na sklopnou desku se pomocí lišt upevní ocelový plech o rozměrech 200 x 570 x 0,5 mm. Vzorek textilie se upne pomocí pruženky na kruhovou destičku o průměru 100 mm tak, aby směr osnovy vzorku souhlasil z údajem 0° na úhломěru připevněném na opačné straně třecího tělíska. Třecí element se položí na ocelový plech tak, aby úhel 0° souhlasil s linií vyznačenou na ocelovém plechu. Zapne se zdroj elektrického napětí, červeným tlačítkem na ovládacím panelu se uvede do chodu sklápění desky. V okamžiku, kdy se třecí tělísko dá do pohybu, zastaví se bílým tlačítkem sklápění desky, odečte se velikost úhlu na stupnici úhломěru. Po té se červeným tlačítkem vrátí sklápěcí deska do původní polohy. Třecí element se pootočí o 10° a popsany postup se opakuje až do 360°. Poté se vymění vzorek na třecím tělísku a měření se opakuje.

Pro délkové textilie byl zvolen tento postup: vzorek příze o délce 120 mm se opásá kolem ocelového drátu a na koncích se zatíží závaží 1g, 3 g a 5g

Zapne se zdroj elektrického napětí, červeným tlačítkem na ovládacím panelu se uvede do chodu sklápění desky. V okamžiku, kdy se příze dá do pohybu, zastaví se bílým tlačítkem sklápění desky, odečte se velikost úhlu na stupnici úhломěru. Poté se červeným tlačítkem vrátí sklápěcí deska do původní polohy. Následuje výměna vzorku příze a měření se opakuje.

3.2.3. Návrh metodiky měření - dynamického koeficientu tření f_d

Pro oba druhy textilií je postup změněn tím způsobem, že při začátku měření není sklopná deska ve své výchozí poloze (nesvírá s boční deskou pravý úhel), ale je sklopena tak, aby se po ní třecí element (vzorek příze) pohyboval. Nyní se červeným tlačítkem začne sklopná deska pohybovat vzhůru, v okamžiku, kdy dojde k zastavení třecího elementu (vzorku příze) se stiskem bílého tlačítka zastaví pohyb desky a je možno odečíst velikost úhlu na stupnici.

Ve všech případech bylo měření opakováno 3×. To z důvodu dosažení větší přesnosti měření.

3.2.4. Naměřené a vypočtené hodnoty součinitele tření plošných textilií

Ze získaných hodnot byly vypočítány průměrné hodnoty, hodnoty statického i dynamického součinitele tření, také statistické charakteristiky: směrodatná odchylka s [°] a variační koeficient v [%] (vyjadřuje relativní chybu, se kterou bylo měření provedeno). Všechny vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách založených v příloze 2.

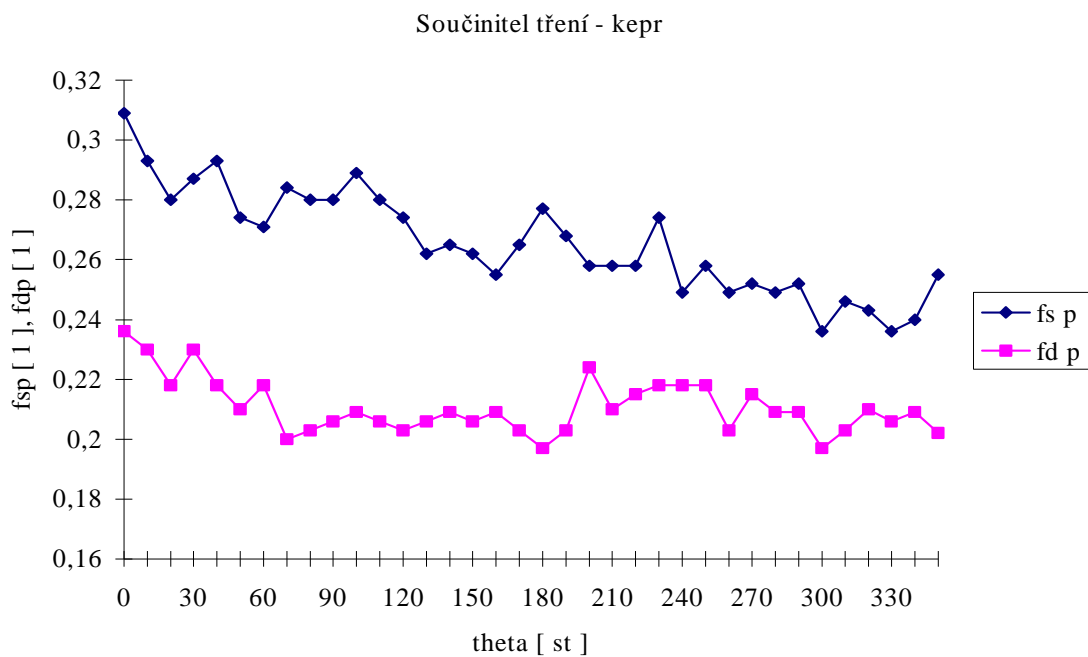
3.2.5. Vyhodnocení naměřených hodnot plošných textilií

Tyto hodnoty statických a dynamických součinitelů tření slouží k porovnání tření textilie na oceli, součinitel tření oceli je totiž znám z literatury např. [15] a proto s ním lze porovnávat naměřené hodnoty.

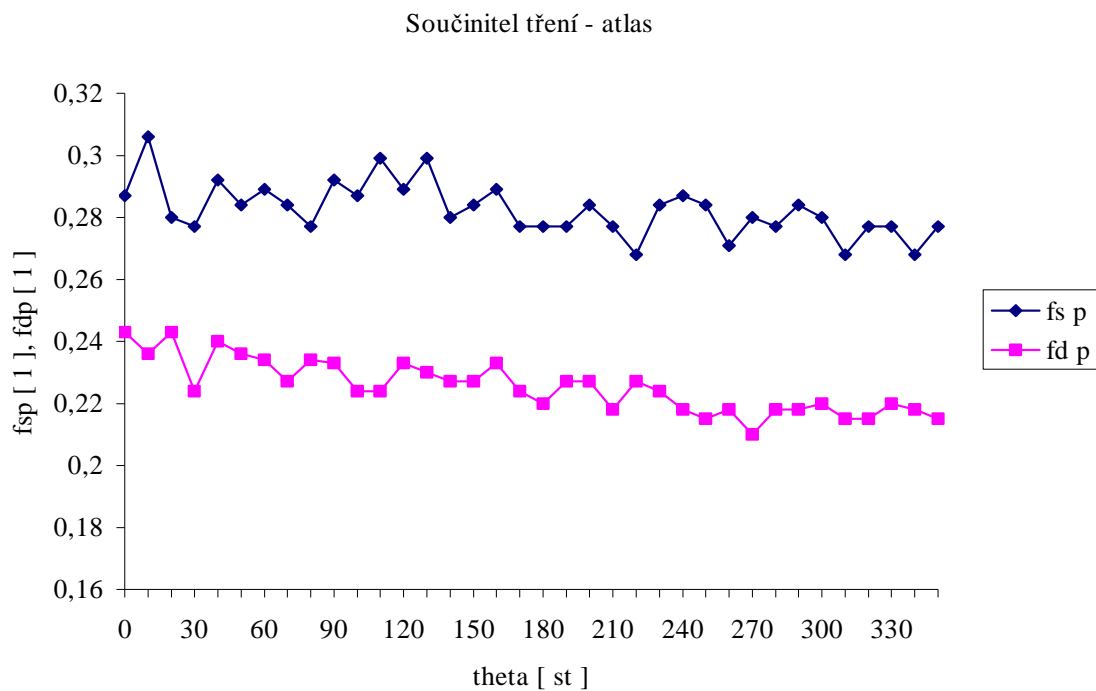
Nutno však připustit určitou nepřesnost měření. Tkanina napnutá na třecím tělísku se opakovaným klouzáním po nakloněné rovině mohla ohladit a tím mohlo dojít ke snížení odporu při pohybu. Vlivem struktury tkaniny docházelo ke změně pohybu třecí destičky o malý úhel.

Pro přehlednější hodnocení byly výsledky zaneseny do grafů na obr. 17, 18, 19. Z těchto grafů je patrné, že směrová závislost obou součinitelů tření všech vzorků je minimální. Můžeme tedy říci, že všechny zkoumané vzorky jsou izotropní. Izotropie je ještě zřetelnější při znázornění v polárním diagramu. Tyto diagramy jsou založeny v příloze 3.

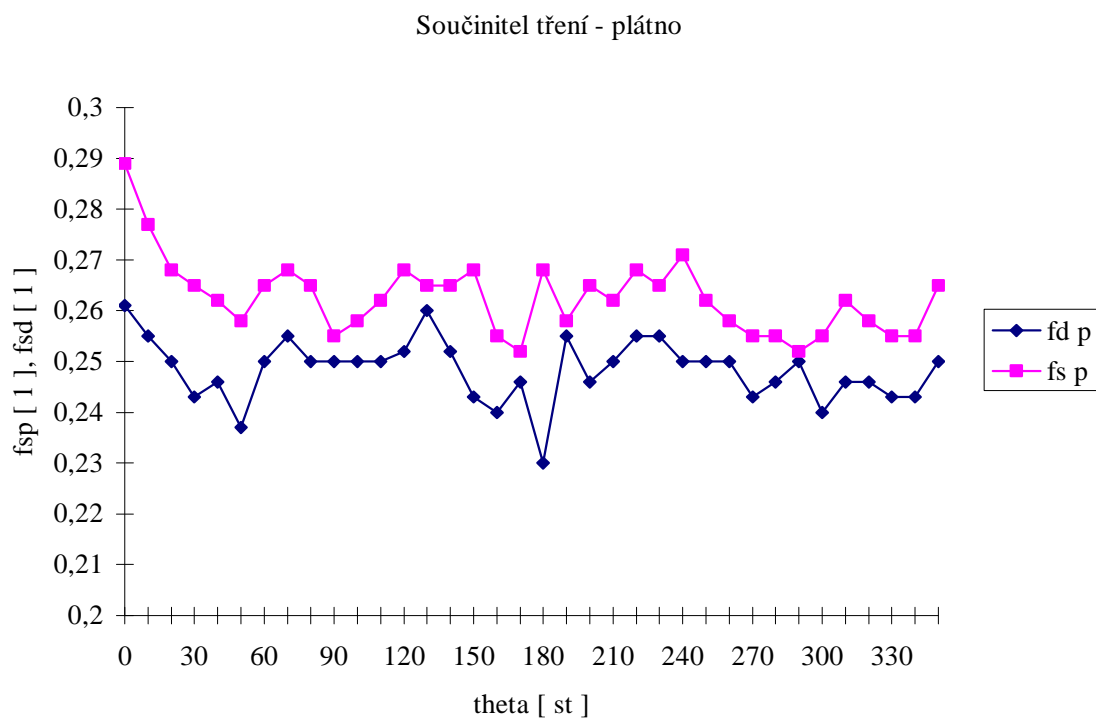
Hodnoty vzorků jednotlivých vazeb se liší jen nepatrně, o málo vyšší hodnoty vykazuje atlas, hodnoty naměřené u kepru jsou nepatrně nižší, plátno se svými hodnotami řadí mezi atlas a kepr.



Obr.17. Graf



Obr.18. Graf



Obr.19. Graf

Další měření součinitele tření bylo provedeno mezi vzorky tkanin a plechem z nerezové oceli. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4.

| plátno | α_1 [°] | α_2 [°] | α_3 [°] | α_p [°] | s [°] | v [%] | f _{sp} | β_1 [°] | β_2 [°] | β_3 [°] | β_p [°] | s [°] | v [%] | f _{dp} |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|-------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|-------|-----------------|
| o | 22 | 23,5 | 23,5 | 23 | 0,87 | 3,8 | 0,42 | 21 | 22 | 22,5 | 21,8 | 0,76 | 3,5 | 0,41 |
| 45° | 25,5 | 24,5 | 25 | 25 | 0,5 | 2 | 0,47 | 24 | 23 | 23,5 | 23,5 | 0,5 | 2,1 | 0,43 |
| ú | 27 | 25 | 25 | 25,7 | 1,15 | 4,5 | 0,48 | 26,5 | 23,5 | 24 | 24,7 | 1,6 | 6,5 | 0,46 |
| kepr | | | | | | | | | | | | | | |
| o | 25 | 25 | 25,5 | 25,2 | 0,29 | 1,14 | 0,47 | 22,5 | 23 | 23,5 | 23 | 0,5 | 2 | 0,42 |
| 45° | 26 | 26 | 26,5 | 26,2 | 0,29 | 1,1 | 0,49 | 23,5 | 24 | 23,5 | 23,7 | 0,29 | 1,2 | 0,44 |
| ú | 25,5 | 26 | 26 | 25,8 | 0,29 | 1,1 | 0,48 | 24 | 23,5 | 24 | 23,8 | 0,29 | 1,2 | 0,44 |
| atlas | | | | | | | | | | | | | | |
| o | 23,5 | 24,5 | 24 | 24 | 0,5 | 2,08 | 0,45 | 22 | 22 | 21 | 21,7 | 0,58 | 2,7 | 0,4 |
| 45° | 24 | 25 | 25,5 | 24,8 | 0,76 | 3,1 | 0,46 | 21 | 21,5 | 22 | 21,5 | 0,5 | 2,3 | 0,39 |
| ú | 24 | 24 | 24,5 | 24,2 | 0,29 | 1,2 | 0,45 | 21 | 22 | 23 | 22 | 1 | 4,5 | 0,4 |

Byly proměřeny tři základní směry: osnova, útek a úhel 45°. Protože nerezový plech se vyznačuje hladším povrchem než plech použitý pro předchozí měření, dalo by se předpokládat (podle kapitoly 2.3), že součinitel tření bude nižší. Měření naopak ukázalo, že součinitel tření vykazuje vyšší hodnoty.

Tento jev je připisován tomu, že použité textilie jsou utkány z jemné příze a proto je možné, že vzorky textilií přilnuly více k hladkému povrchu (větší interakce mezi povrchy) a tím bylo třeba pro uvedení třecího elementu do pohybu většího úhlu sklopení nakloněné roviny.

Dalším vysvětlením je, že hladký povrch nerezového plechu pojal vlhkost z okolí, která zapříčinila jeho přilnutí.

Abychom ověřili, zda se chování textilních materiálů liší od strojnických, bylo provedeno další měření, jehož výsledky jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5.

| | ocel na ocel | | ocel na nerez | |
|--|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | α_i [°] | β_i [°] | α_i [°] | β_i [°] |
| | | | | |

| | | | | |
|------------------------------|------|------|-------|-------|
| 1 | 10,5 | 10 | 16,5 | 14,5 |
| 2 | 10 | 9 | 16 | 14 |
| 3 | 10,5 | 9,5 | 16,5 | 14,5 |
| 4 | 9,5 | 9 | 16 | 14 |
| 5 | 10,5 | 9 | 17 | 16 |
| 6 | 10 | 9 | 16,5 | 14 |
| 7 | 11,5 | 10 | 17 | 16 |
| 8 | 10,5 | 9,5 | 16,5 | 13 |
| 9 | 10,5 | 9 | 15,5 | 15,5 |
| 10 | 10,5 | 10 | 17 | 15 |
| α_p (β_p) [°] | 10,4 | 9,4 | 16,45 | 14,65 |
| s [°] | 0,52 | 0,45 | 0,49 | 0,97 |
| v[%] | 4,9 | 4,9 | 3,02 | 6,6 |
| fsp (fdp) | 0,18 | 0,17 | 0,29 | 0,26 |

Bylo provedeno měření statického a dynamického součinitele tření mezi ocelovým závažím a ocelovým plechem a mezi ocelovým závažím a plechem z nerezavějící oceli. Všechna měření byla provedena desetkrát kvůli dosažení větší přesnosti měření.

Z hodnot uvedených v tabulce 5 je zřejmé, že, stejně tak jako textilie, i ocel k nerezovému plechu více přilne.

Zjištěné hodnoty statického a dynamického součinitele tření mezi ocelovým závažím a ocelovým plechem se shodují z hodnotami uváděnými v literatuře [např. 13]. Součinitel tření statický dosahuje hodnot 0,11 – 0,3 a dynamický 0,07 – 0,25.

Hodnoty zjištěné mezi závažím a nerezovým plechem se dají přirovnat ke kovu na dřevě. Literatura [13] uvádí hodnoty součinitele tření statického 0,2 – 0,55 a pro součinitel tření dynamický 0,2 – 0,5.

3.2.6. Naměřené a vypočtené hodnoty součinitele tření délkových textilií

Ze získaných hodnot byly vypočítány průměrné hodnoty, hodnoty statického a dynamického součinitele tření a statistické charakteristiky. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6.

3.2.7. Vyhodnocení naměřených hodnot délkových textilií

Měření součinitele tření délkových textilií se provádí mimo jiné opásáním. Tato měření bývají na komerčních zařízeních zatížena velkou chybou. Měření bylo nahrazeno opásáním příze kolem ocelové struny. Pro určení součinitele tření se vychází z Coulombova zákona a tento se vypočítá ze vztahů (16), (17).

Určitá nepřesnost měření vznikla vlivem nerovností povrchu drátu. Těžko se dalo odhadnout vždy stejné místo, na které se vzorek příze zavěšoval a také zavěšování stále stejného úseku příze bylo problematické.

Pro měření statického a dynamického součinitele tření délkových textilií byla použita tato metoda: vzorek příze délky 120 mm byl opásán pod úhlem 180° kolem ocelové struny a na koncích zatěžován závažími různých hmotností.

Z tabulky 6. je zřejmé, že naměřené hodnoty při různých zatíženích se příliš neliší, tedy součinitel tření není závislý na tíži měřeného tělesa.

Tabulka 6.

| Závaží | 1g | | 3g | | 5g | |
|------------------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | α_i [°] | β_i [°] | α_i [°] | β_i [°] | α_i [°] | β_i [°] |
| 1 | 33 | 32 | 34 | 33 | 33 | 31,5 |
| 2 | 33,5 | 32 | 45 | 43 | 40 | 39 |
| 3 | 33 | 30 | 36 | 34 | 32 | 31 |
| 4 | 34 | 33 | 39 | 37,5 | 38 | 37 |
| 5 | 36 | 33 | 39,5 | 39 | 31,5 | 31 |
| 6 | 36 | 34 | 42 | 40 | 35 | 33 |
| 7 | 41 | 39 | 40 | 38,5 | 31 | 30 |
| 8 | 41 | 39 | 38,5 | 37 | 36 | 34,5 |
| 9 | 39 | 37 | 43 | 42 | 31 | 30 |
| 10 | 34 | 32 | 36 | 34,5 | 35 | 33,5 |
| α_p (β_p) [°] | 36,05 | 34,1 | 39,3 | 37,85 | 34,25 | 33,05 |
| s [°] | 3,18 | 3,14 | 3,4 | 3,34 | 3,1 | 3,03 |
| v[%] | 8,8 | 9,2 | 8,67 | 8,82 | 9,06 | 9,17 |
| f _{sp} (f _{dp}) | 0,73 | 0,68 | 0,82 | 0,78 | 0,68 | 0,65 |

Další metoda použitá ke zjišťování součinitele tření je taková, kdy se na třecí element ze dřeva o rozměrech 50 x 50 x 10 mm navinula hustě v jedné vrstvě zkoumaná příze. Takto připravená příze se pak nechala klouzat po nakloněné rovině. Bylo provedeno deset měření v podélném a deset měření v příčném směru. Naměřené hodnoty jsou v tabulce 7.

Získané hodnoty se nejvíce blíží koeficientu tření vzorku v plátňové vazbě. Při měření touto metodou dosáhl součinitel tření příze podstatně nižších hodnot, než metodou opásáním.

Tabulka 7.

| Směr | Podélný | | Příčný | |
|------------------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | α_i [°] | β_i [°] | α_i [°] | β_i [°] |
| 1 | 15 | 14 | 14,5 | 14 |
| 2 | 13,5 | 13 | 14,5 | 14 |
| 3 | 13,5 | 13 | 14 | 13 |
| 4 | 15 | 14 | 13,5 | 13 |
| 5 | 15 | 14,5 | 13,5 | 12,5 |
| 6 | 15,5 | 14 | 13 | 12 |
| 7 | 15 | 14,5 | 13 | 12,5 |
| 8 | 15 | 13 | 13 | 12,5 |
| 9 | 14,5 | 14 | 13 | 12 |
| 10 | 13,5 | 13 | 13,5 | 12 |
| α_p (β_p) [°] | 14,55 | 13,7 | 13,55 | 12,75 |
| s [°] | 0,76 | 0,63 | 0,59 | 0,75 |
| v[%] | 5,2 | 4,6 | 4,4 | 5,9 |
| f _{sp} (f _{dp}) | 0,25 | 0,24 | 0,24 | 0,23 |

3.3. Měření vnitřního tlumení

3.3.1 Metodika měření součinitele vnitřního tlumení

Měření vnitřního tlumení bylo provedeno na torzním kyvadle.

Na torzní kyvadlo byl upnut svazek 6 přízí, svazek přízí bylo nutno použít z důvodu velké hmotnosti válcového tělesa, které se zavěsilo na konec svazku. Při nižším počtu přízí docházelo k jejich přetrhu a nebylo tedy možné zkoušku provést.

Po ustálení válcového tělesa do rovnovážné polohy, se kyvadlo vykývlo (z pravidla o $3\ 600^\circ$) a nechalo se kmitat, při pátém kmitu se začal měřit čas a velikost amplitudy, takto se změřilo deset amplitud, aby zpracování výsledků bylo co nejpřesnější.

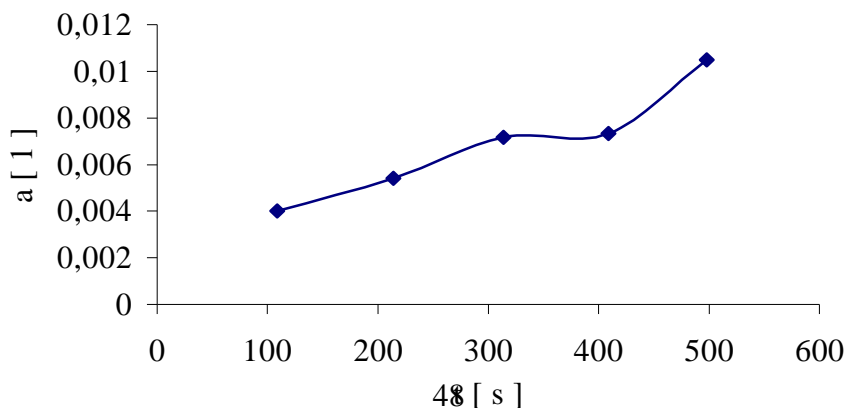
3.3.2 Naměřené a vypočtené hodnoty součinitele vnitřního tlumení

Výsledky měření jsou v tabulce 8.

Tabulka 8.

| | $A_1 [^\circ]$ | $T_1 [s]$ | a_1 | $A_2 [^\circ]$ | $T_2 [s]$ | a_2 | a_p | $s [^\circ]$ | $v [\%]$ |
|---|----------------|-----------|----------------------|----------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| 1 | 2232 | | | 1925 | | | | | |
| 2 | 1440 | 109 | $4,02 \cdot 10^{-3}$ | 1235 | 108 | $4,10 \cdot 10^{-3}$ | $4,06 \cdot 10^{-3}$ | $0,56 \cdot 10^{-4}$ | 1,4 |
| 3 | 809 | 105 | $5,40 \cdot 10^{-3}$ | 695 | 103 | $5,59 \cdot 10^{-3}$ | $5,49 \cdot 10^{-3}$ | $1,34 \cdot 10^{-4}$ | 2,4 |
| 4 | 395 | 100 | $7,17 \cdot 10^{-3}$ | 332 | 99 | $7,46 \cdot 10^{-3}$ | $7,31 \cdot 10^{-3}$ | $2,05 \cdot 10^{-4}$ | 2,8 |
| 5 | 197 | 95 | $7,32 \cdot 10^{-3}$ | 163 | 92 | $7,70 \cdot 10^{-3}$ | $7,51 \cdot 10^{-3}$ | $2,68 \cdot 10^{-4}$ | 3,57 |
| 6 | 77 | 89 | $10,5 \cdot 10^{-3}$ | 62 | 88 | $10,9 \cdot 10^{-3}$ | $10,7 \cdot 10^{-3}$ | $2,80 \cdot 10^{-4}$ | 2,64 |

Závislost vnitřního tlumení příze v čase



Obr. 20 a, b Graf

3.3.3 Vyhodnocení naměřených hodnot součinitele vnitřního tlumení

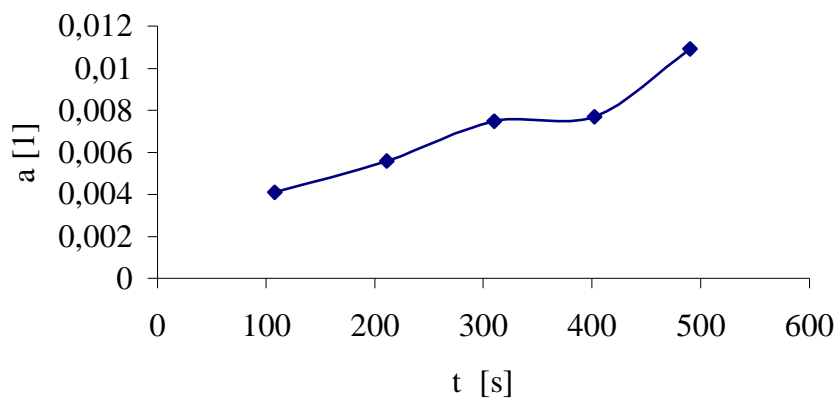
Z grafů 20 a, b je zřejmé, že součinitel vnitřního tlumení zkoumané bavlněné příze v závislosti na čase roste.

Protože toto měření bylo realizováno poprvé, nelze tuto závislost s určitostí vysvětlit.

Toto je důvod zabývat se součinitelem vnitřního tlumení přízí i v budoucnosti.

Pro porovnání uvádíme hodnoty součinitele vnitřního tlumení naměřené u uhlíkových vláken. Literatura [12] uvádí hodnoty $a = 6 \cdot 10^{-4}$, řádově jsou tedy hodnoty

Závislost vnitřního tlumení příze na čase



zjištěné u bavlněné příze vyšší.

4. Ekonomické zhodnocení

Diplomová práce měla převážně výzkumný charakter, kdy byla zkoumána anizotropie součinitele tření délkových a plošných textilií z bavlny.

Ekonomické zhodnocení:

| | |
|---|-----------|
| Teoretická příprava a vyhodnocování: | 190 hodin |
| Měření součinitele tření: | 60 hodin |
| Měření vnitřního tlumení: | 5 hodin |

Celkem odpracovaných hodin:

| | |
|-----------------|-----------|
| Hana Vlasáková | 255 hodin |
| Lubomír Sodomka | 85 hodin |

| | |
|-----------------|----------------|
| Mzda pracovníka | 100,- Kč / hod |
| Mzda vedoucího | 200,- Kč / hod |

5. Závěr:

V diplomové práci jsou shrnuty poznatky o anizotropii mechanických vlastností tkanin vyrobených z bavlněných přízí. Byly provedeny zkoušky vedoucí ke zjištění statického a dynamického součinitele tření a vnitřního tlumení.

Měření bylo prováděno na vzorcích v plátnové, keprové a atlasové vazbě. Výsledky byly mezi sebou porovnány. Naměřené hodnoty byly zaneseny do polárních diagramů uvedených v přílohové části.

Nejprve byl zjišťován statický a dynamický součinitel tření plošných textilií. Anizotropie se v tomto případě neprojevila. Při porovnání vzorků vzhledem k vazebnímu provázání byla tedy zjištěna u všech vzorků izotropie součinitele tření.

Hodnoty statického a dynamického součinitele tření jsou u vzorků v keprové vazbě nižší než u plátnové vazby. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u vzorků v atlasové vazbě. Lze tedy říci, že vazba tkaniny v tomto případě, neovlivňuje anizotropii součinitele tření.

Dalším úkolem této diplomové práce bylo zjišťování statického a dynamického součinitele tření délkových textilií. Byl proměřován dvěma metodami: opásáním příze okolo ocelové struny a navinutím příze do plochy na třecí element. V obou případech se určení součinitele tření provádělo stejně jako u tření ploch.

Podstatně vyšší hodnoty součinitele tření byly naměřeny první metodou (opásáním). Součinitel tření zjištěný druhou metodou se blíží hodnotám naměřeným u vzorků tkaniny v plátňové vazbě.

Měření vnitřního tlumení bavlněné příze bylo uskutečněno na torzním kyvadle. Došlo ke zkreslení výsledků, protože nebylo možné proměřit jednotlivou přízi. Z důvodu značné hmotnosti válcového tělesa a jemnosti příze musel být proměřován svazek přízí.

Zjištěné hodnoty v porovnání např. s hodnotami naměřenými u uhlíkových vláken, byly řádově vyšší. Vypočtené hodnoty vnitřního tlumení byly zaneseny do grafu v závislosti na čase. Ukázalo se, že vnitřní tlumení s časem roste. Tento problém by mohl být předmětem dalšího výzkumu.

Seznam literatury

- [1] Sodomka, L.: Textilie jako ortotropní kompozitní materiály. Textil. 40. 1985.
- [2] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech díl.1, část.4, Vlastnosti délkových a plošných textilií. VŠST. Liberec. 1988.
- [3] Rohlena, V.: Bezvřetenové předení. SNTL. Praha. 1974.
- [4] Tavalášek, O.: Tkalcovská příručka. SNTL. Praha. 1980.
- [5] Sodomka, L.: Anizotropie netkaných textilií. Textil. 35. 1980.
- [6] Sodomka, L.: Tribometr délkových a plošných útvarů. Jemná mechanika a optika. 7 – 8. 1993.
- [7] Strutex – 7. Národní konference 2000.
- [8] Richterová, J.: Anizotropie 1996.
- [9] Valášková, L.: Metodika objektivního hodnocení užitečných vlastností – diplomová práce. TU. Liberec. 2000.
- [10] Howell, H. C., ET AL.: Friction in textiles. Butterworth scientific publications. London. 1959.
- [11] Karjakin, N. I., Bystrov, K. N., Kirejev, P.S.: Přehled fyziky. SNTL. Praha. 1970.

- [12] Sodomka, L.: Uhlíková vlákna, jejich struktura, technologie, vlastnosti a použití
– výzkumná zpráva. VŠST. 1980.
- [13] Horák, Z., Krupka, F., Šindelář, V.: Technická fyzika. SNTL. Praha. 1960.
- [14] Foltýn, J.: Příruční tabulky pro chemiky – vláknaře. SNTL. Praha. 1975.

Seznam a rozsah příloh

Příloha 1

Vzorky tkanin a přízí použitých k měření

(1 strana)

Příloha 2

Naměřené hodnoty úhlu α a β , výpočty statického a dynamického součinitele tření tkanin

(6 stran)

Příloha 3

Polární diagramy součinitele tření

(5 stran)

Přílohová část

Příloha 1.

Vzorky tkanin a přízí použitých k měření

(1 strana)

Tkanina č.1

Atlasová vazba

$$A \frac{1}{6} \quad (3)$$

Tkanina č.2

Keprová vazba

$$K \frac{1}{6} \quad Z$$

Tkanina č.3

Plátňová vazba

$$P \frac{1}{1}$$

Vzorek příze

Délková hmotnost 20 tex

100% bavlna

Příloha 2.

**Naměřené hodnoty úhlu α a β , výpočty statického a dynamického
součinitele tření**

(6 stran)

| Theta[°] | α_1 [°] | α_2 [°] | α_3 [°] | α_p [°] | s [°] | v [%] | f_{sp} [1] |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|---------|--------------|
| 0 | 15 | 16 | 17 | 16 | 1 | 6,2 | 0,287 |
| 10 | 16,5 | 16,5 | 18 | 17 | 0,86 | 5,1 | 0,306 |
| 20 | 15 | 16,5 | 15,5 | 15,67 | 0,76 | 4,8 | 0,28 |
| 30 | 15 | 16 | 15,5 | 15,5 | 0,5 | 3,2 | 0,277 |
| 40 | 17 | 16,5 | 15,5 | 16,3 | 0,76 | 4,6 | 0,292 |
| 50 | 16 | 16,5 | 15 | 15,83 | 0,76 | 4,8 | 0,284 |
| 60 | 17 | 16,5 | 15 | 16,17 | 1,04 | 6,4 | 0,289 |
| 70 | 17 | 15,5 | 15 | 15,83 | 1,04 | 6,5 | 0,284 |
| 80 | 16 | 15,5 | 15 | 16,5 | 0,5 | 3 | 0,277 |
| 90 | 18 | 16 | 15 | 16,3 | 1,52 | 9,3 | 0,292 |
| 100 | 18 | 15,5 | 14,5 | 16,6 | 1,8 | 10,8 | 0,287 |
| 110 | 18,5 | 16,5 | 15 | 16,67 | 1,76 | 10,5 | 0,299 |
| 120 | 17,5 | 17 | 14 | 16,17 | 1,89 | 11,7 | 0,289 |
| 130 | 17 | 16,5 | 16,5 | 16,67 | 0,29 | 1,7 | 0,299 |
| 140 | 16,5 | 16 | 14,5 | 15,67 | 1,04 | 6,6 | 0,28 |
| 150 | 16 | 16,5 | 14,5 | 15,83 | 1,15 | 7,2 | 0,284 |
| 160 | 17 | 17 | 15 | 16,33 | 1,15 | 7,1 | 0,289 |
| 170 | 17 | 15,5 | 14 | 15,5 | 1,5 | 9,6 | 0,277 |
| 180 | 17 | 15 | 14,5 | 15,5 | 1,32 | 8,5 | 0,277 |
| 190 | 18 | 14,5 | 14 | 15,5 | 2,18 | 14 | 0,277 |
| 200 | 17,5 | 15,5 | 14,5 | 15,83 | 1,53 | 9,6 | 0,284 |
| 210 | 17,5 | 15,5 | 13,5 | 15,5 | 2 | 12,9 | 0,277 |
| 220 | 16,5 | 15 | 13,5 | 15 | 1,5 | 10 | 0,268 |
| 230 | 16,5 | 16,5 | 14,5 | 15,83 | 1,15 | 7,3 | 0,284 |
| 240 | 17 | 16 | 15 | 16 | 1 | 6,2 | 0,287 |

| | | | | | | | |
|-----|------|------|------|-------|------|-----|-------|
| 250 | 17 | 16 | 14,5 | 15,83 | 1,26 | 7,9 | 0,284 |
| 260 | 16,5 | 15 | 14 | 15,17 | 1,26 | 8,3 | 0,271 |
| 270 | 17 | 16 | 14 | 15,67 | 1,52 | 9,7 | 0,28 |
| 280 | 15,5 | 16 | 15 | 15,5 | 0,5 | 3,2 | 0,277 |
| 290 | 16 | 16 | 15,5 | 15,83 | 0,28 | 1,8 | 0,284 |
| 300 | 17 | 15 | 15 | 15,67 | 1,15 | 7,3 | 0,28 |
| 310 | 15,5 | 15,5 | 14 | 15 | 0,86 | 5,7 | 0,268 |
| 320 | 16,5 | 16 | 14 | 15,5 | 1,32 | 8,5 | 0,277 |
| 330 | 16,5 | 16 | 14 | 15,5 | 1,32 | 8,5 | 0,277 |
| 340 | 16,5 | 15 | 13,5 | 15 | 1,5 | 10 | 0,268 |
| 350 | 16,5 | 16 | 14 | 15,5 | 1,32 | 8,5 | 0,277 |

Naměřené hodnoty úhlu α a výpočet statického součinitele tření f_s pro bavlněnou tkaninu v atlasové vazbě

| Theta [°] | α_1 [°] | α_2 [°] | α_3 [°] | α_p [°] | s [°] | v [%] | f_{sp} [1] |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|-------|--------------|
| 0 | 17 | 15,5 | 16 | 16,16 | 0,76 | 4,7 | 0,289 |
| 10 | 15 | 16 | 15,5 | 15,5 | 0,5 | 3,2 | 0,277 |
| 20 | 15 | 15 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0,268 |
| 30 | 14 | 15 | 15,5 | 14,83 | 0,76 | 5,2 | 0,265 |
| 40 | 14 | 15 | 15 | 14,66 | 0,58 | 3,9 | 0,262 |
| 50 | 14 | 14,5 | 15 | 14,5 | 0,5 | 3,4 | 0,258 |
| 60 | 14 | 15 | 15,5 | 14,83 | 0,76 | 5,2 | 0,265 |
| 70 | 15 | 15 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0,268 |
| 80 | 15 | 14,5 | 15 | 14,83 | 0,29 | 1,9 | 0,265 |
| 90 | 14 | 14 | 15 | 14,33 | 0,58 | 4 | 0,255 |
| 100 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 0 | 0 | 0,258 |
| 110 | 14,5 | 14,5 | 15 | 14,66 | 0,29 | 1,9 | 0,262 |
| 120 | 15 | 15 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0,268 |
| 130 | 15 | 14,5 | 15 | 14,83 | 0,29 | 1,9 | 0,265 |
| 140 | 14,5 | 15 | 15 | 14,83 | 0,29 | 1,9 | 0,265 |
| 150 | 15 | 15 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0,268 |
| 160 | 14 | 14,5 | 14,5 | 14,33 | 0,29 | 2 | 0,255 |
| 170 | 14 | 14,5 | 14 | 14,16 | 0,29 | 2 | 0,252 |
| 180 | 14,5 | 15 | 15,5 | 15 | 0,5 | 3,3 | 0,268 |
| 190 | 14 | 14,5 | 15 | 14,5 | 0,5 | 3,4 | 0,258 |
| 200 | 15 | 15 | 14,5 | 14,83 | 0,29 | 1,9 | 0,265 |
| 210 | 15 | 14,5 | 14,5 | 14,66 | 0,3 | 1,9 | 0,262 |
| 220 | 15 | 15 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0,268 |
| 230 | 15 | 15 | 14,5 | 14,83 | 0,29 | 1,9 | 0,265 |

| | | | | | | | |
|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|
| 240 | 15 | 15 | 15,5 | 15,16 | 0,29 | 1,9 | 0,271 |
| 250 | 15 | 14,5 | 14,5 | 14,66 | 0,29 | 1,97 | 0,262 |
| 260 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 14,5 | 0 | 0 | 0,258 |
| 270 | 14 | 14,5 | 14,5 | 14,33 | 0,29 | 2 | 0,255 |
| 280 | 15 | 14 | 14 | 14,33 | 0,58 | 4 | 0,255 |
| 290 | 14,5 | 14 | 14 | 14,16 | 0,29 | 2 | 0,252 |
| 300 | 15 | 14 | 14 | 14,33 | 0,58 | 4 | 0,255 |
| 310 | 14,5 | 15 | 14,5 | 14,66 | 0,29 | 1,97 | 0,262 |
| 320 | 14,5 | 15 | 14 | 14,5 | 0,5 | 3,5 | 0,258 |
| 330 | 14,5 | 14,5 | 14 | 14,33 | 0,29 | 2 | 0,255 |
| 340 | 14 | 14,5 | 14,5 | 14,3 | 0,29 | 2 | 0,255 |
| 350 | 15 | 15 | 14,5 | 14,83 | 0,29 | 1,9 | 0,265 |

Naměřené hodnoty úhlu α a výpočet statického součinitele tření f_s pro bavlněnou tkaninu v plátnové vazbě.

| Theta [°] | α_1 [°] | α_2 [°] | α_3 [°] | α_p [°] | s [°] | v [%] | f_{sp} [1] |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|-------|--------------|
| 0 | 17 | 16,5 | 18 | 17,16 | 0,76 | 4,45 | 0,309 |
| 10 | 15,5 | 15,5 | 18 | 16,33 | 1,44 | 8,8 | 0,293 |
| 20 | 15,5 | 14,5 | 17 | 15,66 | 1,26 | 8 | 0,28 |
| 30 | 15,5 | 15,5 | 17 | 16 | 0,87 | 5,4 | 0,287 |
| 40 | 16 | 15 | 18 | 16,33 | 1,53 | 9,3 | 0,293 |
| 50 | 15 | 14,5 | 16,5 | 15,33 | 1,04 | 6,8 | 0,274 |
| 60 | 15 | 14 | 16,5 | 15,16 | 1,26 | 8,3 | 0,271 |
| 70 | 15,5 | 14 | 18 | 15,83 | 2,02 | 12,7 | 0,284 |
| 80 | 15 | 14,5 | 17,5 | 15,66 | 1,6 | 10,3 | 0,28 |
| 90 | 15 | 14,5 | 17,5 | 15,66 | 1,6 | 10,3 | 0,28 |
| 100 | 16 | 15 | 17,5 | 16,16 | 1,26 | 7,8 | 0,289 |
| 110 | 16 | 14 | 17 | 15,66 | 1,53 | 9,6 | 0,28 |
| 120 | 15 | 14,5 | 16,5 | 15,33 | 1,04 | 6,8 | 0,274 |
| 130 | 15 | 14 | 15 | 14,66 | 0,58 | 3,9 | 0,262 |
| 140 | 14,5 | 14 | 16 | 14,83 | 1,04 | 7 | 0,265 |
| 150 | 14,5 | 14,5 | 15 | 14,66 | 0,29 | 1,97 | 0,262 |
| 160 | 14,5 | 14 | 14,5 | 14,3 | 0,29 | 2 | 0,255 |
| 170 | 14,5 | 14 | 15 | 14,83 | 0,5 | 3,4 | 0,265 |
| 180 | 15 | 15 | 16,5 | 15,5 | 0,87 | 5,6 | 0,277 |
| 190 | 15 | 14,5 | 15,5 | 15 | 0,5 | 3,3 | 0,268 |
| 200 | 14,5 | 14 | 15 | 14,5 | 0,5 | 3,4 | 0,258 |
| 210 | 14,5 | 13,5 | 15,5 | 14,5 | 1 | 6,9 | 0,258 |
| 220 | 14,5 | 14 | 15 | 14,5 | 0,5 | 3,4 | 0,258 |
| 230 | 15 | 14,5 | 16,5 | 15,33 | 1,04 | 6,8 | 0,274 |

| | | | | | | | |
|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|
| 240 | 14 | 14,5 | 13,5 | 14 | 0,5 | 3,6 | 0,249 |
| 250 | 14 | 14 | 15,5 | 14,5 | 0,87 | 5,97 | 0,258 |
| 260 | 14 | 13,5 | 14,5 | 14 | 0,5 | 3,6 | 0,249 |
| 270 | 14 | 13,5 | 15 | 14,16 | 0,76 | 5,4 | 0,252 |
| 280 | 14 | 13,5 | 14,5 | 14 | 0,5 | 3,6 | 0,249 |
| 290 | 14,5 | 13,5 | 14,5 | 14,16 | 0,58 | 4,1 | 0,252 |
| 300 | 13,5 | 13 | 13,5 | 13,3 | 0,29 | 2,2 | 0,236 |
| 310 | 13,5 | 13,5 | 14,5 | 13,83 | 0,58 | 4,2 | 0,246 |
| 320 | 13,5 | 13,5 | 14 | 13,66 | 0,29 | 2,1 | 0,243 |
| 330 | 13,5 | 13 | 13,5 | 13,3 | 0,29 | 2,2 | 0,236 |
| 340 | 13,5 | 13 | 14 | 13,5 | 0,5 | 3,7 | 0,24 |
| 350 | 14 | 15 | 14 | 14,3 | 0,58 | 4 | 0,255 |

Naměřené hodnoty úhlu α a výpočet statického součinitele tření f_s pro bavlněnou tkaninu v keprové vazbě.

| Theta [°] | β_1 [°] | β_2 [°] | β_3 [°] | β_p [°] | s [°] | v [%] | f_{dp} |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|-------|----------|
| 0 | 13 | 14 | 14 | 13,67 | 0,58 | 4,22 | 0,243 |
| 10 | 13,5 | 14,5 | 12 | 13,33 | 1,26 | 9,4 | 0,236 |
| 20 | 13,5 | 15 | 12,5 | 13,67 | 1,26 | 9,2 | 0,243 |
| 30 | 13 | 13,5 | 12,5 | 12,67 | 0,5 | 3,95 | 0,224 |
| 40 | 14 | 13,5 | 13 | 13,5 | 0,5 | 3,7 | 0,24 |
| 50 | 14 | 13 | 13 | 13,33 | 0,58 | 4,33 | 0,236 |
| 60 | 13,5 | 13,5 | 13 | 13,33 | 0,29 | 2,16 | 0,234 |
| 70 | 13 | 13,5 | 12 | 12,83 | 0,76 | 5,9 | 0,227 |
| 80 | 13,5 | 14 | 12,5 | 13,33 | 0,76 | 5,72 | 0,234 |
| 90 | 13 | 13,5 | 13 | 13,17 | 0,29 | 2,19 | 0,233 |
| 100 | 12 | 13 | 13 | 12,67 | 0,58 | 4,55 | 0,224 |
| 110 | 12,5 | 13 | 12,5 | 12,67 | 0,29 | 2,28 | 0,224 |
| 120 | 13 | 13,5 | 13 | 13,17 | 0,29 | 2,19 | 0,233 |
| 130 | 13 | 13 | 13 | 13 | 0 | 0 | 0,23 |
| 140 | 13 | 13 | 12,5 | 12,83 | 0,29 | 2,25 | 0,227 |
| 150 | 13 | 12,5 | 13 | 12,83 | 0,29 | 2,25 | 0,227 |
| 160 | 13,5 | 13 | 13 | 13,17 | 0,29 | 2,19 | 0,233 |
| 170 | 13 | 13 | 12 | 12,67 | 0,56 | 4,55 | 0,224 |
| 180 | 13 | 12 | 12,5 | 12,5 | 0,5 | 4 | 0,22 |
| 190 | 13 | 12,5 | 13 | 12,83 | 0,29 | 2,25 | 0,227 |
| 200 | 12,5 | 13 | 13 | 12,83 | 0,29 | 2,25 | 0,227 |
| 210 | 12 | 12,5 | 12,5 | 12,83 | 0,29 | 2,34 | 0,218 |
| 220 | 13 | 12,5 | 13 | 12,83 | 0,29 | 2,25 | 0,227 |
| 230 | 12,5 | 12,5 | 13 | 12,67 | 0,29 | 2,28 | 0,224 |
| 240 | 12,5 | 12,5 | 12 | 12,33 | 0,29 | 2,34 | 0,218 |

| | | | | | | | |
|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|
| 250 | 12 | 12,5 | 12 | 12,17 | 0,29 | 2,37 | 0,215 |
| 260 | 12,5 | 12,5 | 12 | 12,33 | 0,29 | 2,34 | 0,218 |
| 270 | 12 | 11,5 | 12,5 | 12 | 0,5 | 4,16 | 0,21 |
| 280 | 12 | 12,5 | 12,5 | 12,33 | 0,29 | 2,34 | 0,218 |
| 290 | 12,5 | 12 | 12,5 | 12,33 | 0,29 | 2,34 | 0,218 |
| 300 | 12 | 12,5 | 13 | 12,5 | 0,5 | 4 | 0,22 |
| 310 | 12 | 12,5 | 12 | 12,17 | 0,29 | 2,37 | 0,215 |
| 320 | 12 | 12 | 12,5 | 12,17 | 0,29 | 2,37 | 0,215 |
| 330 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 0 | 0 | 0,22 |
| 340 | 12 | 12 | 13 | 12,33 | 0,58 | 4,68 | 0,218 |
| 350 | 11,5 | 12 | 13 | 12,77 | 0,76 | 6,27 | 0,215 |

Naměřené hodnoty úhlu β a výpočet statického součinitele tření f_d pro bavlněnou tkaninu v atlasové vazbě.

| Theta [°] | β_1 [°] | β_2 [°] | β_3 [°] | β_p [°] | s [°] | v [%] | f_{dp} |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|-------|----------|
| 0 | 16 | 15 | 13 | 14,67 | 1,53 | 10,4 | 0,261 |
| 10 | 14,5 | 14,5 | 14 | 14,33 | 0,29 | 2 | 0,255 |
| 20 | 14,5 | 14 | 13,5 | 14 | 0,5 | 3,6 | 0,25 |
| 30 | 13,5 | 14 | 13,5 | 13,67 | 0,29 | 2,1 | 0,243 |
| 40 | 13,5 | 14 | 14 | 13,83 | 0,29 | 2,08 | 0,246 |
| 50 | 13 | 13 | 14 | 13,33 | 0,58 | 4,3 | 0,237 |
| 60 | 14 | 13,5 | 14,5 | 14 | 0,5 | 3,6 | 0,25 |
| 70 | 14,5 | 13,5 | 15 | 14,33 | 0,76 | 5,3 | 0,255 |
| 80 | 13 | 14 | 15 | 14 | 1 | 7,1 | 0,25 |
| 90 | 14 | 13,5 | 14,5 | 14 | 0,5 | 3,6 | 0,25 |
| 100 | 13,5 | 13,5 | 15 | 14 | 0,87 | 6,2 | 0,25 |
| 110 | 13,5 | 13,5 | 15 | 14 | 0,87 | 6,2 | 0,25 |
| 120 | 14 | 13 | 15,5 | 14,17 | 1,26 | 8,9 | 0,252 |
| 130 | 14 | 14 | 15,5 | 14,5 | 0,87 | 5,97 | 0,26 |
| 140 | 14,5 | 13 | 15 | 14,17 | 1,04 | 7,3 | 0,252 |
| 150 | 13,5 | 13,5 | 14 | 13,67 | 0,29 | 2,1 | 0,243 |
| 160 | 13,5 | 13,5 | 13,5 | 13,5 | 0 | 0 | 0,24 |
| 170 | 14 | 14 | 13,5 | 13,83 | 0,29 | 2,08 | 0,246 |
| 180 | 13,5 | 13 | 12,5 | 13 | 0,5 | 3,85 | 0,23 |
| 190 | 14,5 | 14 | 14,5 | 14,33 | 0,29 | 2 | 0,255 |
| 200 | 14,5 | 14 | 13 | 13,83 | 0,76 | 5,52 | 0,246 |
| 210 | 14 | 14 | 14 | 14 | 0 | 0 | 0,25 |
| 220 | 14,5 | 14 | 14,5 | 14,33 | 0,29 | 2 | 0,255 |
| 230 | 14,5 | 14 | 14,5 | 14,33 | 0,29 | 2 | 0,255 |
| 240 | 14,5 | 13,5 | 14 | 14 | 0,5 | 3,6 | 0,25 |

| | | | | | | | |
|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|
| 250 | 14 | 14 | 14 | 14 | 0 | 0 | 0,25 |
| 260 | 13 | 14 | 15 | 14 | 0,29 | 2,06 | 0,25 |
| 270 | 13,5 | 13,5 | 14 | 13,67 | 0,29 | 2,11 | 0,243 |
| 280 | 14 | 13,5 | 14 | 13,83 | 0,29 | 2,08 | 0,246 |
| 290 | 14,5 | 13,5 | 14 | 14 | 0,5 | 3,6 | 0,25 |
| 300 | 14 | 13,5 | 13 | 13,5 | 0,5 | 3,7 | 0,24 |
| 310 | 14 | 14 | 13,5 | 13,83 | 0,29 | 2,08 | 0,246 |
| 320 | 14 | 13,5 | 14 | 13,83 | 0,29 | 2,08 | 0,246 |
| 330 | 13,5 | 14 | 13,5 | 13,67 | 0,29 | 2,11 | 0,243 |
| 340 | 13,5 | 13,5 | 14 | 13,67 | 0,29 | 2,11 | 0,243 |
| 350 | 14 | 14 | 14 | 14 | 0 | 0 | 0,25 |

Naměřené hodnoty úhlu β a výpočet statického součinitele tření f_d pro bavlněnou tkaninu v plátňové vazbě.

| Theta [°] | β_1 [°] | β_2 [°] | β_3 [°] | β_p [°] | s [°] | v [%] | f_{dp} |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|-------|----------|
| 0 | 14 | 13 | 13 | 13,33 | 0,58 | 4,33 | 0,236 |
| 10 | 13,5 | 12 | 13,5 | 13 | 0,87 | 6,6 | 0,23 |
| 20 | 13 | 12 | 12 | 12,33 | 0,58 | 4,68 | 0,218 |
| 30 | 14 | 12 | 13 | 13 | 1 | 7,69 | 0,23 |
| 40 | 13 | 12 | 12 | 12,33 | 0,58 | 4,68 | 0,218 |
| 50 | 12,5 | 11,5 | 12 | 12 | 0,5 | 4,16 | 0,21 |
| 60 | 13 | 12 | 12 | 12,33 | 0,58 | 4,68 | 0,218 |
| 70 | 12 | 11 | 11 | 11,33 | 0,58 | 5,1 | 0,2 |
| 80 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 0 | 0 | 0,203 |
| 90 | 12 | 11,5 | 11,5 | 11,67 | 0,29 | 2,47 | 0,206 |
| 100 | 12 | 11,5 | 12 | 11,83 | 0,29 | 2,44 | 0,209 |
| 110 | 12 | 11 | 12 | 11,67 | 0,58 | 4,94 | 0,206 |
| 120 | 12 | 11 | 11,5 | 11,5 | 0,5 | 4,34 | 0,203 |
| 130 | 11,5 | 11,5 | 12 | 11,67 | 0,29 | 2,47 | 0,206 |
| 140 | 12 | 11,5 | 12 | 11,83 | 0,29 | 2,44 | 0,209 |
| 150 | 11,5 | 12 | 11,5 | 11,67 | 0,29 | 2,47 | 0,206 |
| 160 | 12 | 12 | 11,5 | 11,83 | 0,29 | 2,44 | 0,209 |
| 170 | 11,5 | 11 | 12 | 11,5 | 0,5 | 4,33 | 0,203 |
| 180 | 11 | 11 | 11,5 | 11,17 | 0,29 | 2,58 | 0,197 |
| 190 | 11,5 | 11 | 12 | 11,5 | 0,5 | 4,34 | 0,203 |
| 200 | 12,5 | 12 | 13,5 | 12,67 | 0,76 | 6,02 | 0,224 |
| 210 | 12 | 12 | 12 | 12 | 0 | 0 | 0,21 |
| 220 | 12 | 12,5 | 12 | 12,17 | 0,29 | 2,37 | 0,215 |
| 230 | 12 | 12,5 | 12,5 | 12,33 | 0,29 | 2,34 | 0,218 |
| 240 | 12,5 | 12,5 | 12 | 12,33 | 0,29 | 2,34 | 0,218 |

| | | | | | | | |
|-----|------|------|------|-------|------|------|-------|
| 250 | 12 | 12,5 | 12,5 | 12,33 | 0,29 | 2,34 | 0,218 |
| 260 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 11,5 | 0 | 0 | 0,203 |
| 270 | 12,5 | 12 | 12 | 12,17 | 0,29 | 2,37 | 0,215 |
| 280 | 11,5 | 12 | 12 | 11,83 | 0,29 | 2,44 | 0,209 |
| 290 | 12 | 11,5 | 12 | 11,83 | 0,29 | 2,44 | 0,209 |
| 300 | 11 | 11 | 11,5 | 11,17 | 0,29 | 2,58 | 0,197 |
| 310 | 11 | 11,5 | 12 | 11,5 | 0,5 | 4,34 | 0,203 |
| 320 | 12 | 12 | 12 | 12 | 0 | 0 | 0,21 |
| 330 | 11,5 | 12 | 11,5 | 11,67 | 0,29 | 2,47 | 0,206 |
| 340 | 12 | 11,5 | 12 | 11,83 | 0,29 | 2,44 | 0,209 |
| 350 | 11,5 | 11,5 | 12 | 11,66 | 0,29 | 2,47 | 0,202 |

Naměřené hodnoty úhlu β a výpočet statického součinitele tření f_d pro bavlněnou tkaninu v keprové vazbě.

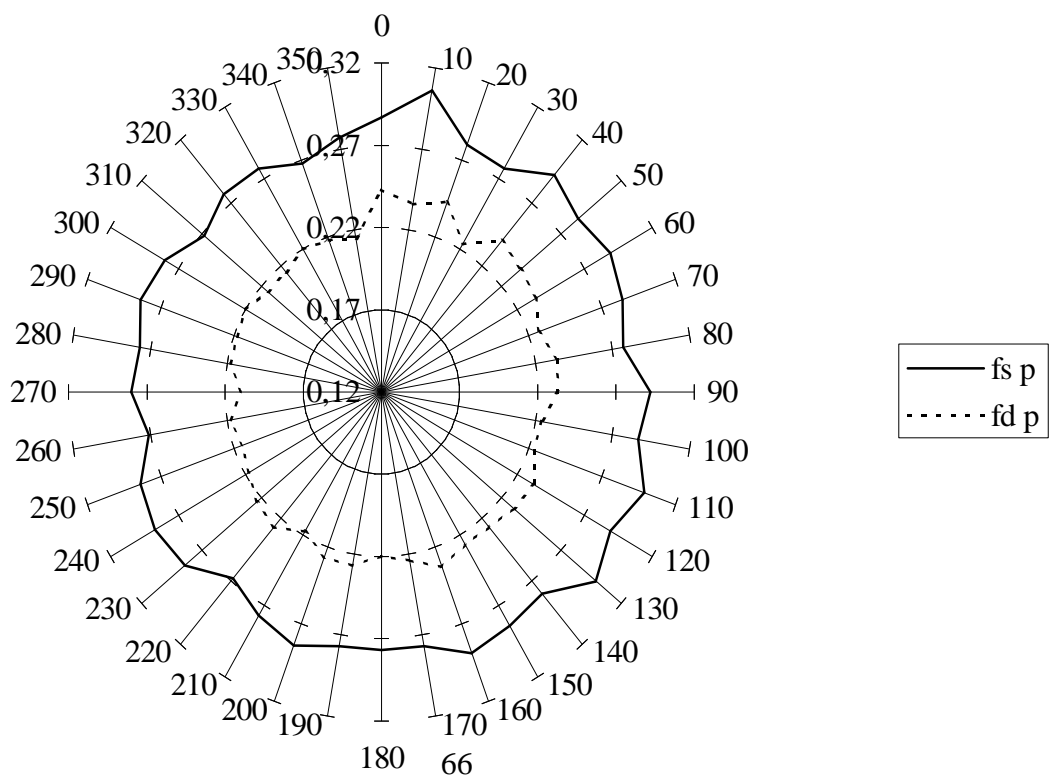
Příloha 3.

Polární diagramy součinitele tření

(3 strany)

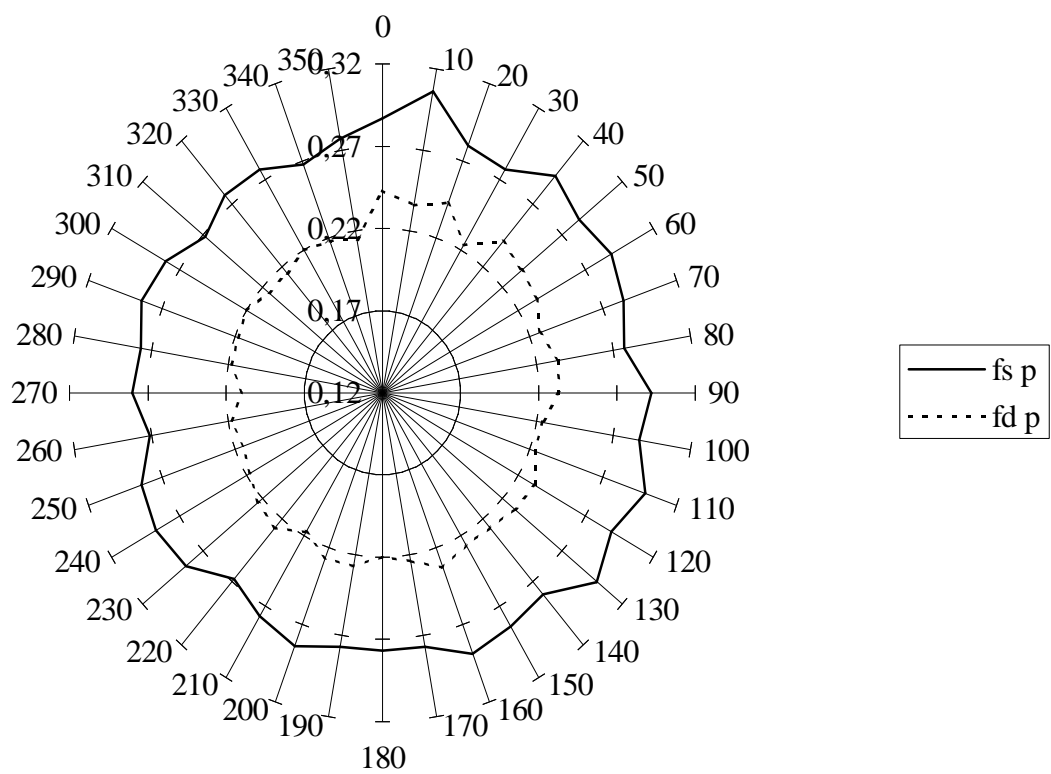
Polární diagram součinitele

tření – atlasová vazba



Polární diagram součinitele

tření – keprová vazba



Polární diagram součinitele

tření – plátnová vazba

