



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



SETKÁNÍ NITĚ VE TKANINĚ

Ing. Iva Mertová

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Název disertační práce: SETKÁNÍ NITĚ VE TKANINĚ
Autor: Iva Mertová
Obor doktorského studia: Textilní technika a materiálové inženýrství
Forma studia: Kombinovaná
Školící pracoviště: Katedra technologií a struktur
Školitel: prof. Ing. Bohuslav Neckář, DrSc.

Složení komise pro obhajobu disertační práce:

předseda:
doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D. FT TUL, katedra hodnocení textilií
místopředseda:
doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D. FT TUL, katedra hodnocení textilií
prof. Ing. Karel Adámek, CSc.
prof. RNDr. Jan Pícek, CSc. FP TUL, katedra aplikované matematiky
doc. Ing. Josef Dvořák, CSc. (oponent) FT TUL, katedra technologií a struktur
doc. Rajesh Mishra, Ph.D., B. Tech.
doc. Ing. Antonín Potěšil, CSc. LENAM, s.r.o., Liberec
RNDr. Pavel Kavan, CSc. (oponent) VÚTS, a.s.
Ing. Monika Vyšanská, Ph.D. FT TUL, katedra technologií a struktur

S disertační prací je možno seznámit se na studijním oddělení doktorského studia
Fakulty textilní Technické univerzity v Liberci.

Liberec, 2020

Anotace

Setkání přízí ve tkanině je důležitým parametrem. Na základě znalosti setkání je možné plánovat spotřebu materiálu na osnovu i potřebnou délku útku pro požadovanou délku tkaniny. Má tedy zásadní vliv na spotřebu materiálu. Hlavní náplní disertační práce je především vývoj metodiky měření setkání přízí ve tkanině. Všechny existující metody měření setkání mají své výhody a nevýhody. Cílem bylo nalézt metodu, která bude přesnější, nebude náročná časově ani nákladná vzhledem k laboratornímu zařízení. Nová metoda je založena na znalosti a porovnání dvou tahových pracovních křivek. A to tahové křivky příze vypárané ze tkaniny a příze volné, ze které byla tkanina vyrobena. Výsledky jsou porovnány s dalšími dvěma metodami. Přesnějším experimentálním stanovením setkání lze zpětně získat výšky vazných vln a použít je jako vstupy do predikčních vztahů. Výsledky měření setkání jsou dále využity k predikci tloušťky tkaniny na základě předpokladů Peirceova modelu. Byla zjištěna vysoká míra korelace mezi predikovanými a experimentálně zjištěnými hodnotami tloušťky tkanin

Klíčová slova:

Tloušťka tkaniny, Peirceův model, tahová pracovní křivka, setkání příze, tkanina

Abstract

A new method to measure the warp or weft yarn crimp in fabric is proposed. The method is based on the analysis of yarn tensile characteristics. In the proposed method, the yarns with predetermined distance are removed from fabric and clamped between the jaws of tensile-strength machine (Instron) without any pretension in the yarn and accordingly yarn crimp is measured. The results were also compared with other two existing methods. The results of yarn crimp in warp and weft direction of the fabric are found to be sensitive to selection of applied force range. Peirce's model of plain weave was used to predict the fabric thickness from the estimated values of yarn crimp. It is also observed that predicted and measured fabric thickness have statistically significant correlations.

Keywords:

Fabric thickness, Peirce's model, tensile curve, yarn crimp, woven fabric

Annotation

Die Garnlängenverhältnisse von einem Gewebe stellen einen wichtigen Parameter dar. Aufgrund der Kenntnisse darüber lassen sich sowohl der für den jeweiligen Kettfaden nötige Materialgebrauch als auch die für die jeweilige Gewebelänge erforderliche Länge des Einschlusses planen. Dieser Parameter hat also den entscheidenden Einfluß auf den Materialgebrauch. Die wichtigste Aufgabe dieser Dissertation ist vor Allem, eine für die Messung von Garnlängenverhältnissen geeignete Methode zu entwickeln. Alle existierenden Verfahrensweisen haben sowohl ihre Vor- als auch Nachteile. Die Arbeit setzt sich zum Ziel, eine genauere Methode zu finden, die auch bezüglich der Laborausstattung keinen großen Zeitaufwand darstellen soll. Die neue Methode beruht auf der Kenntnis und dem Vergleich von zwei operativen Streifen-Zugkurven. Und zwar von der Kurve eines aufgetrennten und eines lockeren, für die Gewebeherstellung benutzten Garns. Die Ergebnisse werden anschließend mit weiteren zwei Methoden verglichen.

Durch die genauere experimentelle Festlegung der Garnlängenverhältnisse lassen sich die Höhen von Bindewellen bestimmen, und diese als Inputs für die Prädiktionsverhältnisse benutzen. Die Messungsergebnisse werden weiter, aufgrund des Peirce-Modells, für die Prädiktion der Gewebestärke benutzt. Bezüglich dieser Untersuchungen wurde eine hohe Korrelation zwischen den prädizierten und den experimentell ermittelten Gewebestärken konstatiert.

Schlüsselwörter:

Gewebestärke, Peirce-Modell, operative Streifen-Zugkurve, Garnlängenverhältnisse, Gewebe

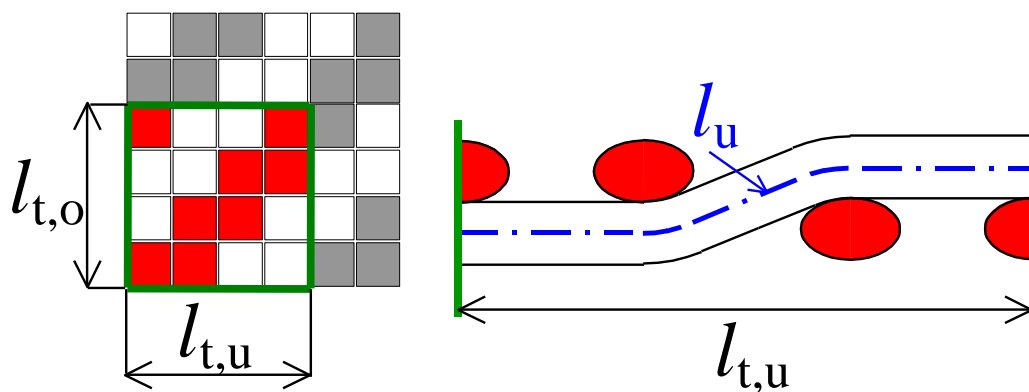
Obsah

Úvod.....	1
1 Předmět a cíle disertační práce.....	2
2 Přehled současného stavu problematiky	3
2.1 Experimentální stanovení setkání.....	3
2.2 Možnosti predikce setkání.....	4
2.3 Odhad setkání užitím modelů.....	5
3 Peircův model tkaniny.....	6
3.1 Užití Peirceova modelu pro odhad tloušťky tkaniny.....	8
4 Nová metoda měření setkání.....	9
5 Experiment a testované materiály	14
6 Použité metody.....	18
6.1 Metoda zpracování tahových pracovních křivek.....	18
6.2 Metoda zpracování měkkých řezů tkanin.....	20
6.3 Metoda palcová.....	21
7 Přehled dosažených výsledků	22
7.1 Predikce tloušťky tkanin v plátňovém provázání	24
7.2 Predikce setkání přízí dle výpočetních modelů.....	25
8 Zhodnocení výsledků	27
9 Doporučení na pokračování práce v daném tématu a oboru	Chyba! Záložka není definována.
10 Seznam publikovaných prací autora	30
11 Seznam použité literatury.....	33
Curriculum Vitae.....	36
Stručná charakteristika dosavadní odborné, výzkumné a vědecké činnosti.....	38
Zápis o vykonání státní doktorské zkoušky	41
Vyjádření školitele doktoranda	42
Oponentské posudky disertační práce	43

Úvod

Znalost geometrie příze ve tkanině je nutná pro konstrukci tkanin dané plošné hmotnosti, daných mechanických a užitných vlastností. Studium reálné geometrie příze ve tkanině (setkání přízí ve tkanině) je velmi obtížný úkol vzhledem k variabilitě provázání. Jednotlivé vazné vlny v jedné konkrétní tkanině se mění, liší se jedna od druhé. Jejich shodným popisem se dopouštíme jisté chyby. Dalšími problémy při popisu geometrie provázání je zanedbání nestejnomyšernosti příze a problém detekce osy příze, zejména vzhledem k prostorovému zvlnění přízí ve tkanině.

Vzájemným provázáním nití osnovní a útkové soustavy se jednotlivé nitě zvlní. Mají tedy větší délku, než je délka tkaniny v daném směru. Tento rozdíl v délce je definován jako setkání, viz obr. 1. Rozdíl v délce je dán zvlněním viditelným v řezu tkaniny, ale také v půdorysu tkaniny. Setkání se udává v procentech z rozměru tkaniny. Setkání je definováno zvlášť pro osnovu, zvlášť pro útek. Na základě znalosti setkání je možné plánovat spotřebu materiálu na osnovu i potřebnou délku útku pro požadovanou délku tkaniny určitého typu [14]. Setkání přízí ve tkanině má zásadní vliv na spotřebu materiálu, která je majoritní složkou ceny tkaniny.



Obr. 1 Setkání přízí ve střídě vazby [49]

Setkání nitě vztaženo ke střídě vazby, viz obr. 1 je tedy dáno vztahem:

$$s_o = \frac{(l_o - l_{to})}{l_{to}}, \text{ kde} \quad (1)$$
$$s_u = \frac{(l_u - l_{tu})}{l_{tu}}$$

l_o, l_u je délka nitě ve tkanině, osnovní, útková
 l_{to}, l_{tu} je délka tkaniny po osnově, po útku

Setkání se zpravidla udává s přesností na 0,1%.

Setkání osnovy (útku) je ovlivněno řadou faktorů, jako nastavení stroje, typ tkaniny, konstrukční parametry tkanin (dostavy, vazba tkaniny), průměr příze (jemnost, materiál), tuhost v ohybu osnovní či útkové příze, deformace přízí ve vazných bodech tkaniny.

Setkání přízí ve tkanině se mění během tvorby tkaniny na stavu, relaxací tkaniny a zušlechťováním tkanin po procesu tkaní.

Poloha přízí obou soustav je provázána (Novikov [17], [26]). Zvýšení setkání nití jednoho systému znamená snížení setkání nití druhého systému, a obráceně. Změna setkání souvisí se změnou výšek vazných vln a délkou nitě ve vazné vlně. Ke změně setkání dochází

nejen během tkaní, ale také během úpravy tkaniny. Tedy pokud napínáme tkaninu ve směru osnovy, zmenšuje se šíře tkaniny, narůstá setkání ve směru útku. Vztahem mezi setkáním osnovy a útku (crimp interchange phenomena) se zabýval např. Behera [27].

Hodnoty setkání jsou dány konstrukcí tkaniny, mohou se pohybovat v rozmezí od jednotek procent (jednoduché tkaniny) až po desítky procent (3D vícevrstvé tkaniny). Setkání lze určit několika způsoby:

- 1) Experimentem. Změřením délky úseku tkaniny a délky příze vypárané z daného úseku tkaniny, viz vztah (1).
- 2) Výpočtem (odhadem) z geometrických modelů. Model je použit zpravidla k výpočtu délky nitě ve vazné vlně. Setkání je pak vypočteno dle (1).
- 3) Odhadem ze strojových dat. Např. ze znalosti paprskové šíře tkaniny a šíře tkaniny po relaxaci lze získat setkání útku. Setkání osnovy můžeme určit ze znalosti délky spotřebované osnovy a délky utkané tkaniny.

Jak již bylo zmíněno výše, setkání má vliv na plošnou hmotnost tkanin a mechanické vlastnosti tkanin, tedy spotřebu materiálu při daných vlastnostech. Pro optimalizaci vlastností a spotřeby materiálu (pro predikci mechanických a užitných vlastností tkanin) se používají značně problematické vstupy modelů (např. Peirce) – např. výšky vazných vln nebo délka příze ve vazné vlně, velikost kontaktů mezi přízemi, apod. Tyto vstupy jsou obtížně měřitelné.

Přesnějším experimentálním stanovením setkání lze zpětně získat výšky vazných vln a použít je jako vstupy do predikčních vztahů.

1 Předmět a cíle disertační práce

Předmětem disertační práce je především vývoj metodiky měření setkání přízí ve tkanině. Všechny existující metody měření setkání mají své výhody a nevýhody. Jsou pro praxi nepřesné, příliš komplikované nebo drahé. Cílem bylo nalézt metodu, která bude přesnější, nebude náročná časově ani nákladná vzhledem k laboratornímu zařízení.

Metoda nejrozšířenější v praxi, jež je zde často nazývána „palcovou“, je značně subjektivní, není zajištěno shodné napětí příze při odečtu délek na měřidle. Délka vypárané nitě se stanovuje tak, že se nit položí na vodorovnou podložku, jeden její konec se přitiskne k podložce a poté se „palcem“ druhé ruky „přiměřeným“ tlakem za současného posuvu palce po podložce nit narovná tak, aby byla „rovná“, ale současně ne silově prodloužená.

Další známá experimentální metoda, měření setkání prostřednictvím délek příze zatkané a nezatkané z měkkých podélných a příčných řezů, je zatíženo chybou (deformace vzorku při tvorbě řezů, srážením bavlněných vzorků, manipulací s řezy,...) a je náročné na laboratorní zařízení (kamera, mikroskop, PC s obrazovou analýzou, např. NIS Elements, zařízení pro tvorbu měkkých, případně tvrdých řezů), aby mohla být více rozšířena.

Předložená disertační práce je rozdělena do několika kapitol. V první kapitole disertační práce je uveden přehled současného stavu problematiky. Tato kapitola je rozdělena do dvou částí. První část je zaměřena na přehled známých experimentálních metod, druhá pak na současné možnosti predikce setkání.

Ve druhé kapitole je odvozen vztah pro odhad tloušťky tkaniny na základě Peirceova modelu. Tento vztah je založen na znalosti setkání přízí ve tkanině a průměrů nezatkaných osnovních a útkových přízí.

Třetí kapitola je těžištěm této práce. Je zde uvedeno teoretické pozadí nové metody, odvození základních relací pro určení setkání příze ve tkanině.

Další kapitola, čtvrtá, je experimentální. Obsahem této části je experimentální potvrzení teoretických vztahů předchozích kapitol. Tato část je obsáhlá a rozdělena do několika částí. V první části je uveden popis souborů experimentálních tkanin, v další části podrobný postup měření setkání přízi ve tkanině třemi metodami. Jedná se nejprve o metodu novou, tedy stanovení setkání přízi ve tkanině analýzou tahových pracovních křivek. Další vybranou metodou je metoda páření nitě ze tkaniny a následné proměření její délky. Tato metoda je nazývána též metodou „palcovou“. Třetí metoda stanoví setkání zpracováním měkkých řezů tkanin. Výsledky i metody jsou porovnány graficky a pomocí korelačních koeficientů. Experimentem zjištěné hodnoty setkání jsou dále diskutovány vzhledem k vlivným konstrukčním parametrům tkanin. Další část experimentu je zaměřena na predikci tloušťky tkaniny, porovnání odhadu tloušťky s hodnotami experimentálními.

Závěrem je provedeno zhodnocení výsledků práce a doporučení pro další směr výzkumu.

V této disertační práci je řešena problematika setkání z více úhlů, práce je rozdělena na několik dílčích celků. Cílem je:

- navrhnout metodiku měření setkání přízi ve tkanině
- ověřit metodiku měření setkání na sadě jednoduchých experimentálních tkanin
- získané výsledky porovnat s jinými dostupnými metodami měření setkání,
- získané hodnoty setkání použít k predikci tloušťky tkaniny dle vybraného modelu,
- porovnat predikované hodnoty tloušťky tkaniny s hodnotami experimentálně zjištěnými,
- testovat použitelnost metody měření setkání na jiné typy tkanin,
- analyzovat setkání vzhledem k vlivným parametrům tkanin

2 Přehled současného stavu problematiky

Tato kapitola je rozčleněna do několika částí. Obsahem první části je přehled dostupných experimentálních metod měření setkání. Druhá část se zabývá predikcí setkání dle geometrických modelů, jako další možností, kterou lze setkání získat.

2.1 Experimentální stanovení setkání

Základní princip všech níže zmíněných metod je shodný, vždy je nutné stanovit sílu potřebnou k narovnání příze. Setkání je pak dáno podílem rozdílu délky narovnané a zatkané příze vzhledem k délce tkaniny, ze které byla příze vypárána, viz vztahy (1). Metody se liší jiným způsobem stanovení síly k vyrovnání příze.

Norma ISO 7211-3 Tkaniny. Konstrukce. Rozbory [2], [3], [4] udává tzv. vyrovnávací napětí, tedy sílu v cN potřebnou k vyrovnání příze vypárané ze tkaniny. Setkání pak stanoví jako rozdíl mezi délkou vyrovnané příze a délkou tkaniny, ze které byla nit vypárána. Vyrovnávací napětí je dáno dle materiálu a délkové hmotnosti příze.

ASTM D 3883-99 [1] stanoví postup měření setkání na dynamometru. Síla potřebná k narovnání „zvlněné“ (vypárané příze) je dána analýzou tahové pracovní křivky této příze. Upínací délka je normou stanovena na 250mm.

Metodikou měření setkání přízí ve tkanině se zabýval také Kovář [13]. Stejně jako výše zmiňovaná norma stanoví setkání přízí ve tkanině odečtem hodnot z tahové pracovní křivky příze vypárané ze tkaniny o délce 200mm.

Rozdíl mezi dvěma výše zmiňovanými metodami (ASTM [1] a Kovar [13]) jiný způsob určení síly potřebné k narovnání příze.

K měření setkání lze použít běžný dynamometr. Na měření setkání existují také speciální přístroje např. Crimp tester [11] nebo Tautex Digital Crimp Tester [12], konstruované vždy k příslušným normám např. ISO 7211-3 a ASTM D 3883, viz výše.

Hlavním rozdílem mezi uvedenými metodami a metodou novou, je zpracování ne jedné tahové pracovní křivky vypárané nitě, ale dvou. Navrhovaná metoda je založena na zpracování a porovnání dvou tahových křivek; tahové křivky příze původní nezatkané a příze vypárané ze tkaniny definované délky. K získání setkání je tedy zapotřebí „pouze“ dynamometr.

2.2 Možnosti predikce setkání

Řada autorů studovala setkání přízí ve tkanině, jakož i modely popisující geometrii provázání přízí ve tkanině a možnosti výpočtu setkání. Téměř základní literaturou v této problematice jsou práce Peirce [15] a Oloffsona [16]. Oba přístupy k modelování geometrie tkaniny budou podrobněji zmíněny dále.

Modelováním struktury tkanin obecně se zabývali např. [17], [25], [26]. V práci [27] je popisována geometrie tkanin na základě Peirceova modelu. Dále je uveden popis užitečných a mechanických vlastností tkanin na základě základních parametrů tkanin a přízí.

Přehled možných přístupů k popisu struktury tkanin (Peirce, Kemp, Hearle) je uveden v [20]. Práce [28] obsahuje přehled teorií týkajících se mezní konstrukce tkaniny, např. Brierleyho, Peirce, Loveho atd.

Pro predikci mechanických vlastností užitím energetické metody používají autoři v [30] a [31] pro popis geometrie Peirceův, případně Kempův model. V [29] je modifikován Peirceův model zavedením efektivních průměrů příze. Modifikovaný model je používají k predikci tloušťky tkaniny a tahových vlastností tkaniny.

Řada prací se zabývá setkáním přízí ve tkanině a jeho predikcí na základě různých modelů geometrie. Kovář [18], [19] se zabýval predikcí setkání přízí ve tkanině v případě znalosti výšek vazné vlny a roztečí přízí ve tkanině. Délku příze ve vazné vlně (setkání) predikuje užitím funkce sinus, parabolickou funkcí a užitím Peirceova modelu a nosníku. V práci [21] je popisováno provázání nití ve tkanině s využitím Fourierových řad.

Modelováním jednoosých tahově deformačních vlastností tkanin v plátnové vazbě se zabývá [23]. Autor aproximuje neutrální osu příze ve vazné vlně periodickou funkcí lichoběžníkového tvaru. Náhrada vazné vlny úsečkami je např. použita v práci [32] a [22].

Zcela jiný přístup je uveden v [24]. Zde je použita tzv. metoda neurálních sítí k nalezení vztahu mezi setkáním přízí a plošným zakrytím tkanin. Autoři vychází z úvahy, že čím je tkanina více kompaktní, tím má větší plošné zakrytí, plošnou hmotnost, a tedy i setkání. Oba zmiňované parametry, setkání a plošné zakrytí, jsou ovlivněny stejnými proměnnými, jemností (průměrem) osnovních a útkových přízí, dostavami a vazbou. Byla použita třívrstvá neurální síť. První vrstva (vstupní) se skládá ze tří uzlů. Těmito uzly jsou zakrytí osnovních a útkových přízí a zakrytí celkové. Střední vrstva obsahuje 16 uzlů, které představují vlivné proměnné, výstupní vrstva má dva uzly – setkání osnovních a útkových přízí. Odvozený model je porovnán s experimentálními daty pomocí koeficientů determinace.

K predikci setkání je v [33] použit statistický model, sestavený na základě experimentálních dat souboru bavlněných tkanin domácího typu (ložní prádlo,...) s různou konstrukcí. Lineární model je stanoven zvlášť pro osnovu a útek. Modely jsou ověřeny porovnáním s experimentálními daty. Vlivné parametry setkání osnovních přízí jsou jemnost útkové příze, dostava útku, šíře tkaniny, délka flotáže, číslo paprsku, dostava osnovy. Vlivné parametry setkání útkové příze jsou jemnost osnovní a útkové příze, velikost flotáže, číslo paprsku, návod do paprsku.

Vztahem mezi setkáním a mechanickými vlastnostmi se zabývali např. [34] až [42]. Vlivem úhlu provázání na pevnost a tuhost ve smyku se zabýval např. Pan [34], [35]. Vztah mezi modulem tuhosti ve smyku a setkáním tkanin v plátňovém i neplátňovém provázání je řešen v [36]. Je zde kombinován strukturní model s modely experimentálními, na základě znalosti chování tkanin namáhaných na smyk. Smykové vlastnosti byly měřeny na KES.

Mechanický model tkaniny je použit v [37]. Výsledný vztah pro výpočet Poissonova poměru je založen na obtížně určitelných vstupních parametrech, jako je poloměr křivosti, úhly provázání, výšky vazné vlny, plocha průřezu příze atd.

Sada prací [38] až [41] používá pro popis geometrie a následně predikci mechanických vlastností tkanin (tahové, ohybové, smykové) jednoduchý model v plátňové vazbě. Nítě v použitém modelu představují přímky, pevně spojené v bodech doteku. Na základě přímkového provázání jsou definovány základní parametry tkaniny v řezu – úhly provázání, výšky vazné vlny. Metodou energetickou jsou definovány tažnost, počáteční modul pevnosti v tahu, Poissonův poměr, modul tuhosti ve smyku, tuhost v ohybu. Model je ale postaven na obtížně určitelném vstupu, délce kontaktu přízí. Tato sada publikací neposkytuje celistvou a jednoznačnou metodu, jak odhadnout mechanické vlastnosti z parametrů přízí, dostav tkanin a setkání přízí ve tkanině. To se snaží doplnit [42]. Práce představuje část vývoje uceleného souboru rovnic pro odhad mechanických vlastností tkanin v plátňové vazbě. Je řešena také problematika délky kontaktů přízí. Použitím Peirceova klasického modelu (1937) je délka stanovena na základě znalosti dostav tkanin a setkání přízí na tkanině. Významnou rolí v souboru rovnic hraje také znalost kontaktního úhlu mezi osnovou a útkem (úhel provázání) a nedostatečný způsob zjištění tohoto parametru, který omezuje praktické použití těchto rovnic.

Vliv napětí osnovy na hodnotu setkání po osnově i útku je sledován v [43]. S rostoucím napětím v osnově klesá setkání v osnově, roste setkání v útku. V [44] je zkoumána změna setkání v osnově a útku vlivem biaxiálního namáhání a vztah mezi oběma setkáními v počátku namáhání. Setkání je měřeno během biaxiálního namáhání pomocí kamery a zpracováním obrazu pomocí CAD systému. Je zde odvozen vztah pro odhad setkání při daném zatížení, z hodnoty setkání v počátečním nezatíženém stavu a hodnoty prodloužení. Výsledkem je velmi silná korelace mezi poměrem setkání v osnově a útku a Poissonovým poměrem.

2.3 Odhad setkání užitím modelů

Odhadnout setkání pomocí vybraného modelu znamená predikovat délku nitě ve vazné vlně. Ze znalosti délky úseku tkaniny (střídý vazby tkaniny) je pak možné spočítat setkání dle vztahu (1).

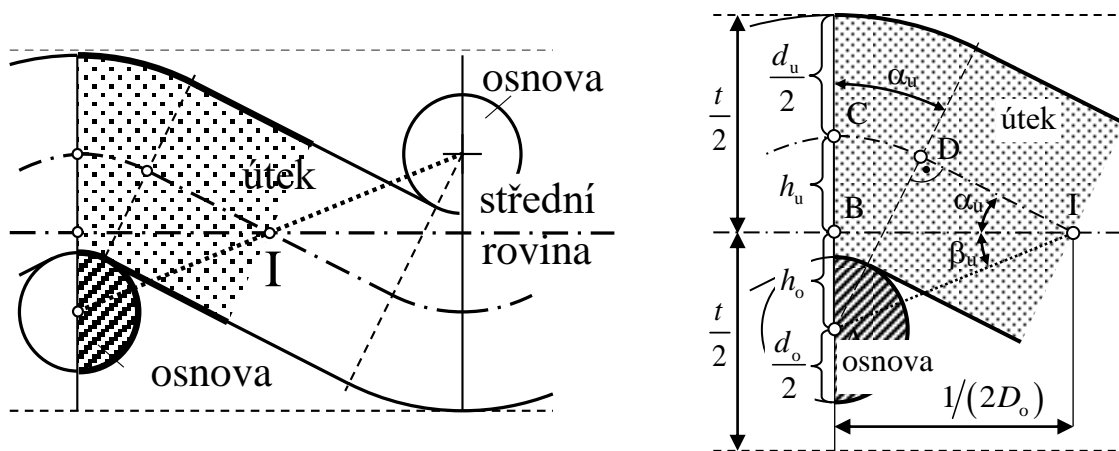
Mezi nejčastěji používané modely patří Peirceův model, známý také jako model „oblouk – úsečka“. Model bývá korigován použitím jiných než kruhových průřezů příze ve tkanině. Je uvažována deformace příze ve vazném bodu do tvaru elipsy, čočky, případně do tvaru Kempovy „atletické dráhy“. Často je vazná vlna nitě ve střídě vazby nahrazována kuželosečkami – parabolou, hyperbolou. Vazná vlna je modelována také užitím funkce sinus [51], [18] nebo Fourierovou řadou. Zpráva [22] pojednává a o možnostech predikce setkání dle

různých matematických modelů a jejich porovnání. Olofsson [16] odvodil vlnu provázání ve tvaru ohybové čáry vetknutého nosníku zatíženého osamělou výslednicí osových a normálových sil na hranici vazného prvku v plátnové vazbě

K predikci délky nitě ve vazné vlně, tedy k predikci setkání, je v této práci použito nahrazení osy nitě nitě ve vazné vlně pomocí úsečky (lineární model), Peirceův model, model hyperbolický, parabolický a funkce sinus.

3 Peirceův model tkaniny

Tento model byl vyvinut Peircem [15] a je citován mnoha autory. Klasický geometrický model předpokládá, že průřez nitě je kruhový. Neuvažuje zploštění průřezu ani v jedné soustavě nití ve tkanině. Tvar osy nitě ve vazném prvku je složen z kruhového oblouku CD a úsečky DI, a to pro osnovu i útek. Jedná se o model tkaniny nevyrovnané, viz obr. 2.



Obr. 2 Provázání přízi ve tkanině dle Peirce [49]
a) Příčný řez b) Vazná půlvlna

Vstupními (známými) parametry Peirceova (a také dalších vybraných modelů) jsou:

h_o, h_u	výšky vazné vlny osnovy, případně útku
D_o, D_u	dostavy osnovní, útkové soustavy
d_o, d_u	efektivní průměry osnovních, resp. útkových nití
pp_o, pp_u	počet přechodů (počet zakřížených úseků) osnovní, útkové příze ve střídě vazby
no, nu	počet osnovních, útkových nití ve střídě vazby

Vztah odvozený na základě Peirceova modelu pro výpočet délky osnovní a útkové nitě ve střídě vazby:

$$l_o = pp_o \left[\alpha_o (d_o + d_u) + 2 \sqrt{\frac{1}{4} A^2 + h_u^2 - (h_o + h_u)^2} \right] + \text{flotáž osnovy},$$

$$l_u = pp_u \left[\alpha_u (d_o + d_u) + 2 \sqrt{\frac{1}{4} B^2 + h_o^2 - (h_o + h_u)^2} \right] + \text{flotáž útku} \quad (2)$$

Ve výše uvedených vztazích (2) vystupují proměnné:

A, B je rozestup osnovních, resp. útkových nití,
 e_o, e_u jsou relativní výšky vazné vlny osnovy, resp. útku,

α_o, α_u jsou úhly provázání osnovních, resp. útkových nití.

Rozestup (rozteč) osnovních, případně útkových přízí je dán vztahem:

$$A = \frac{\left(\frac{100}{D_u} \cdot nu\right) \cdot (d_{str}) \sqrt{3}}{pp_o \cdot (d_{str}) \sqrt{3} + d_u \cdot (nu - pp_o)}, \quad (3)$$

$$B = \frac{\left(\frac{100}{D_o} \cdot no\right) \cdot (d_{str}) \sqrt{3}}{pp_u \cdot (d_{str}) \sqrt{3} + d_o \cdot (no - pp_u)}, \quad (4)$$

kde d_{str} je střední průměr příze a je definován vztahem:

$$d_{str} = \frac{d_o + d_u}{2} \quad (5)$$

Relativní výška vazné vlny osnovy e_o , resp. útku e_u . Je mírou zvlnění osnovních, resp. útkových nití ve vazné vlně a je dána vztahy:

$$e_o = h_o / (h_o + h_u) = 2h_o / (d_o + d_u) \in \langle 0, 1 \rangle, \quad (6)$$

$$e_u = h_u / (h_o + h_u) = 2h_u / (d_o + d_u) \in \langle 0, 1 \rangle.$$

Dále platí:

$$e_o + e_u = 1 \quad (7)$$

A výšky vazné vlny osnovy, případně útku lze určit dle:

$$\begin{aligned} h_o &= d_{str} \cdot e_o, \\ h_u &= d_{str} \cdot (1 - e_o). \end{aligned} \quad (8)$$

Úhel provázání osnovních, případně útkových přízí lze určit vztahem:

$$\operatorname{tg} \alpha_o = \frac{(h_o + h_u) - \left(\frac{1}{A}\right) \cdot 2h_u a_o}{a_o + (h_o + h_u) \cdot \left(\frac{1}{A}\right) \cdot 2h_u} \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_u = \frac{(h_o + h_u) - \left(\frac{1}{B}\right) \cdot 2h_o a_u}{a_u + (h_o + h_u) \cdot \left(\frac{1}{B}\right) \cdot 2h_o}$$

Kde a_o a a_u je velikost úsečky DI na osnovní, resp. útkové nitě, a je dána vztahy:

$$\begin{aligned} a_o &= \sqrt{\frac{1}{4} A^2 + h_u^2 - (h_o + h_u)^2}, \\ a_u &= \sqrt{\frac{1}{4} B^2 + h_o^2 - (h_o + h_u)^2} \end{aligned} \quad (10)$$

Pro úhly β_o a β_u platí vztah:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta_o &= 1/A \cdot (1 - e_o)(d_o + d_u), \\ \operatorname{tg} \beta_u &= 1/B \cdot e_o(d_o + d_u). \end{aligned} \quad (11)$$

Velikost střídavy vazby v osnovním, útkovém směru je dána vztahem:

$$T_o = 2A + \textit{flotáž osnovy}; \quad T_u = 2B + \textit{flotáž útku}, \quad (12)$$

Velikost flotážního úseku ve střídě vazby je dána vztahem

$$\textit{flotáž osnovy} = \frac{100}{D_u} \cdot nu - pp_o \cdot A; \quad \textit{flotáž útku} = \frac{100}{D_o} \cdot no - pp_u \cdot B \quad (13)$$

Setkání přízí ve střídě vazby je pak dáno:

$$s_{o,u} = \frac{l_{o,u} - T_{o,u}}{T_{o,u}} \quad (14)$$

Vztahy (3) až (8) a (12) až (14) platí obecně pro všechny modely uvedené v kapitole 2.3.

3.1 Užití Peirceova modelu pro odhad tloušťky tkaniny

Znamé hodnoty setkání nám umožňují použitím vhodného, v tomto případě Peirceova modelu, dopočítat jinak obtížně zjistitelná vstupní data modelu: výšky vazné vlny osnovy a útku. Poté dopočítat další parametry geometrie tkaniny v řezu, tedy délku nitě ve vazném prvku, úhly provázání, tloušťku tkaniny apod.

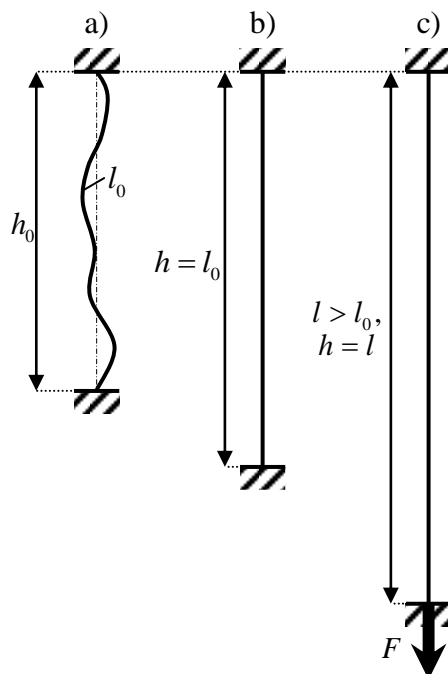
Dle obrázku 2 a použitím rovnice (6) můžeme určit tloušťku tkaniny podle vztahu:

$$t = 2 \frac{t}{2} = 2 \max \left[\frac{d_u}{2} + h_u, \frac{d_o}{2} + h_o \right] = (d_o + d_u) \max \left[\frac{d_u}{d_o + d_u} + e_u, \frac{d_o}{d_o + d_u} + e_o \right]. \quad (15)$$

Výpočet tloušťky byl proveden skriptem v prostředí MatLab.

4 Nová metoda měření setkání

V této kapitole jsou odvozeny základní relace nové metody měření setkání příze ve tkanině. Tato metoda je založena na znalosti a porovnání dvou tahových pracovních křivek. A to příze vypárané ze tkaniny a příze volné, ze které byla tkanina vyrobena. Předpokládáme, že příze vypáraná ze tkaniny, má stejné strukturální a mechanické chování jako příze před zatkáním.



Obr. 3 Napínání zvlněné nitě v čelistech trhacího přístroje

Uvažujeme nit délky l_0 vypáranou ze tkaniny o definované délce h_0 upnutou v čelistech dynamometru s upínací délkou h_0 . Upínací délka h_0 je menší než délka nitě vypáraná ze tkaniny. Nit délky l_0 musí být tedy v čelistech zvlněná, jak je vidět z obr. 3. Vzdalováním čelistí se nit postupně narovná, až do úplného vyrovnání nitě (ne prodloužení nitě). V tomto momentu je délka nitě rovna vzdálenosti čelistí, tedy $h = l_0$, situace je znázorněna na obr. 3b.

Až dosud při procesu narovnávání nedocházelo k přenosu síly. Dalším oddalováním čelistí dochází k napínání nitě, jejímu prodloužování. Na přízi tedy působí síla, $F > 0$. Příze je prodloužena na délku l , které odpovídá okamžitá vzdálenost čelistí h , obě délky jsou pochopitelně větší než výchozí délka l_0 . Situaci odpovídá obr 3c.

Výchozí představa je popsána následujícími veličinami:

- Δh prodloužení v čelistech a ε_h relativní (poměrné) prodloužení v čelistech, jsou dány vztahem (16),
- Δl prodloužení nitě a ε_l relativní (poměrné) prodloužení nitě, viz vztah (17).

$$\Delta h = h - h_0, \quad \varepsilon_h = \frac{\Delta h}{h_0}, \quad \frac{h}{h_0} = 1 + \varepsilon_h. \quad (16)$$

$$\Delta l = l - l_0, \quad \varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad \frac{l}{l_0} = 1 + \varepsilon_l. \quad (17)$$

V počátečním stavu, situaci na obr. 3a pak odpovídají hodnoty veličin:

$$h = h_0, \varepsilon_h = 0, l = l_0, \varepsilon_l = 0, F = 0. \quad (18)$$

Při přechodu ze stavu na obr.3a do stavu na obr. 3b, což je stav narovnávaní nitě, platí:

$$h > h_0, \varepsilon_h > 0, l = l_0, \varepsilon_l = 0, F = 0. \quad (19)$$

Protože prodloužení v čelistech je v této oblasti $\Delta h \in (0, l_0 - h_0)$ podle (16) platí:

$$\varepsilon_h \in (0, l_0/h_0 - 1). \quad (20)$$

Situace na obr.3c odpovídá stavu napínání nitě. Zde platí:

$$h > h_0, \varepsilon_h > 0, l > l_0, \varepsilon_l > 0, F > 0 \quad (21)$$

Z uvedených rovnic pak získáme vztah mezi relativním prodloužením nitě a relativním prodloužením v čelistech.

$$\varepsilon_l = \frac{l}{l_0} - 1 = \frac{l}{h_0} \frac{h_0}{l_0} - 1 = (1 + \varepsilon_h) \frac{h_0}{l_0} - 1. \quad (22)$$

Ve stavu napínání nitě, viz obr.3c, dochází k přenosu síly v nitě. Pro dosažení poměrného prodloužení ε_l je tedy nutné působit na nit silou F . Uvažujeme, že tato síla je

- a) $F = 0$, jestliže $\varepsilon_l = 0$.
- b) F roste s rostoucím poměrným prodloužením ε_l

Platí tedy funkce:

$$F = F(\varepsilon_l), \quad 0 = F(0) \quad (23)$$

Ve speciálním případě, kdybychom upnuli zcela vyrovnanou nit do čelistí trhačky, by platila rovnost $h_0 = l_0$. Pak ze vztahu (22) vyplývá, že relativní prodloužení nitě je rovno relativnímu prodloužení v čelistech, viz (24) a platil by tedy také následující vztah (25).

$$\varepsilon_l = (1 + \varepsilon_h) \frac{h_0}{l_0} - 1 = (1 + \varepsilon_h) \frac{h_0}{h_0} - 1 = \varepsilon_h \quad (24)$$

$$F = F(\varepsilon_h), \quad 0 = F(0) \quad (25)$$

Je vhodnější používat místo síly F , tzv. specifické napětí σ . Specifické napětí definujeme jako podíl síly a jemnosti přízi. Jestliže jemnost příze je T , pak je specifické napětí dáno vztahem

$$\sigma = F/T \quad (\text{např. v N/tex}) \quad (26)$$

A platí že

$$\sigma = \sigma(\varepsilon_l), \quad 0 = \sigma(0) \quad (27)$$

Funkce (27) je znázorněna na obr. 5 křivkou pod pojmem „nezatkaná“ (volná) příze. K funkci $\sigma(\varepsilon_l)$ existuje dle (27) inverzní funkce s označením:

$$\varepsilon_l = \varphi(\sigma), \quad 0 = \varphi(0). \quad (28)$$

Tato funkce vyjadřuje poměrné prodloužení nitě ε_l , na niž je působeno relativním napětím σ . Ve speciálním případě, kdy upneme do čelistí volnou, nezatkanou přízi, tedy platí $h_0 = l_0$ a $\varepsilon_l = \varepsilon_h$. Pak pro inverzní funkci k funkci (25) platí:

$$\varepsilon_h = \varphi(\sigma), \quad 0 = \varphi(0). \quad (29)$$

Odvozením z rovnic (28) a (22) získáme vztah:

$$(1 + \varepsilon_h) \frac{h_0}{l_0} - 1 = \varphi(\sigma), \quad \varepsilon_h = \left[\varphi(\sigma) + 1 \right] \frac{l_0}{h_0} - 1. \quad (30)$$

Zavedeme označení

$$l_0/h_0 = \lambda, \quad \lambda \geq 1. \quad (31)$$

Odsud

$$\varepsilon_h = \left[\varphi(\sigma) + 1 \right] \lambda - 1. \quad (32)$$

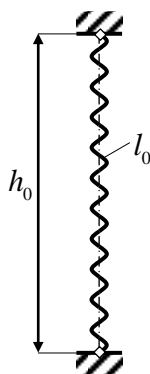
Poslední vztah (32) vyjadřuje funkční závislost mezi aplikovaným napětím σ a poměrným prodloužením ε_h v čelistech při napínání podle obr. 3c. Průběh funkce (32) je znázorněn na obrázku 5, označen jako zvlněná příze – vypočtená.

Ve speciálním případě, kdy do čelistí je upnuta příze rovná (nezatkaná, volná z cívky), pak platí $l_0 = h_0$, viz obr. 3a). Jestliže $\lambda = 1$, pak užitím (31) a (32) platí:

$$\varepsilon_h = \varphi(\sigma). \quad (33)$$

Funkce $\varphi(\sigma)$ je inverzní funkcí k tahové pracovní křivce volné příze získané experimentem.

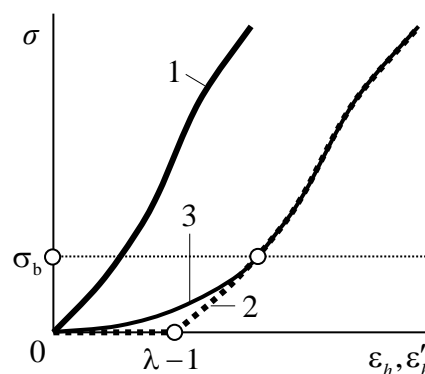
Uvažujeme tkaninu. Ve tkanině označíme značkami vzdálenost odpovídající upínací délce h_0 (např. 500mm) ve směru osnovy i útku. Z tkaniny nit vypáráme tak, aby na ní zůstaly značky udávající vzdálenost upínací délky, a upneme do čelistí trhačky v místě označení. Takto vypáraná upnutá příze je vlivem zatčení deformována zobloučkováním, viz obr. 4.



Obr. 4

Příze vypáraná z tkaniny (zvlněná) upnutá do čelistí

... značky na tkanině



Obr. 5

Pracovní křivka – závislost mezi relativním napětím a prodloužením ε_h .

1...nezatkaná příze, volná (experiment), vztah (33), ($\lambda = 1$).

2...zvlněná příze (vypočtená), vztah (32), ($\lambda > 1$)

3...zvlněná příze, vypáraná ze tkaniny (experiment), vztah (34).

Výchozí situace je podobná stavu na obr.3a. Jejím napínáním v čelistech trhačky získáme podobný průběh, jako tomu bylo u příže hypotetické. K narovnání obloučků bude ale potřeba jisté malé síly, tedy průběh obou křivek (vypárané a hypotetické) se bude do jisté hraniční hodnoty napětí σ_b lišit. Reálná tahová křivka vypárané příže bude mít průběh schematicky znázorněný na obr. 5 pod číslem 3.

Průběhy pracovních křivek 2 a 3 by pak měly být prakticky totožné při určité hodnotě napětí $\sigma > \sigma_b$. Experimentálně stanovenou tahovou pracovní křivku označíme symbolem (34).

$$\sigma = \sigma'(\varepsilon'_h), 0 = \sigma'(0) \quad (34)$$

Experimentálně získaná hodnota relativního prodloužení je označena jako ε'_h . Tedy inverzní funkce k experimentální funkci (34) je dána vztahem (35):

$$\varepsilon'_h = \psi(\sigma). \quad (35)$$

Předpokládáme, že příže, na niž působí specifické napětí $\sigma > \sigma_b$, má stejné strukturní a mechanické chování jako příže před zatkním. Vztah (34) představuje tahovou pracovní křivku příže vypárané ze tkaniny definované délky (upínací délka). Jak je znázorněno na obr. 5, uvažujeme, že křivky s označením 2 a 3 budou mít totožný průběh jestliže:

- a) Specifické napětí $\sigma > \sigma_b$ a
- b) použijeme vhodnou hodnotu λ ve vztahu (32).

Otázkou je volba dolní hranice intervalu napětí σ_b , kde mají tahové křivky podobný průběh. Vhodnou hraniční hodnotu poměrné napětí σ_b je nutno určit na základě zkušenosti. Bude se lišit v závislosti na typu příže (materiál, jemnost, technologie).

Určení vhodné hodnoty parametru λ

K uvažovaným tahovým pracovním křivkám, tedy závislosti napětí na prodloužení, existují inverzní funkce, tedy závislosti prodloužení na napětí.

Předpokládejme, že hodnoty inverzních funkcí $\varepsilon_{h,i} = \varphi(\sigma_i)$ a $\varepsilon'_{h,i} = \psi(\sigma_i)$ známe pro množinu hodnot napětí $\{\sigma_i\}_{i=1}^n$, $i = 1, 2, \dots, n$, kde každé $\sigma_i > \sigma_b$. Ze vztahů (32) a (35) můžeme vyjádřit hodnoty poměrných prodloužení:

$$\varepsilon_{hi} = [\varphi(\sigma_i) + 1]\lambda - 1, \quad \varepsilon'_{hi} = \psi(\sigma_i)$$

Vhodnou hodnotu lambda získáme např. metodou minimalizace součtu čtverců rozdílů poměrných prodloužení nezatkané a vypárané příže (36). Určením hodnoty parametru lambda z inverzních křivek získáme hodnotu setkání. Pro minimalizaci součtu čtverců platí:

$$S = \sum_{i=1}^n (\varepsilon_{h,i} - \varepsilon'_{h,i})^2 = \min \quad (36)$$

Dosazením (32) a (35) do vztahu (36) nalezneme

$$\begin{aligned} S &= \sum_{i=1}^n (\varepsilon_{h,i} - \varepsilon'_{h,i})^2 = \sum_{i=1}^n \{[\varphi(\sigma_i) + 1]\lambda - [\psi(\sigma_i) + 1]\}^2 \\ &= \lambda^2 \sum_{i=1}^n [\varphi(\sigma_i) + 1]^2 - 2\lambda \sum_{i=1}^n \{[\varphi(\sigma_i) + 1][\psi(\sigma_i) + 1]\} + \sum_{i=1}^n [\psi(\sigma_i) + 1]^2, \end{aligned} \quad (37)$$

Pro splnění podmínky minima součtu S musí platit $dS/d\lambda = 0$. Derivací tedy získáme

$$\begin{aligned} \frac{dS}{d\lambda} &= 2\lambda \sum_{i=1}^n [\varphi(\sigma_i) + 1]^2 - 2 \sum_{i=1}^n \{[\varphi(\sigma_i) + 1][\psi(\sigma_i) + 1]\} = 0, \\ \lambda &= \frac{\sum_{i=1}^n \{[\varphi(\sigma_i) + 1][\psi(\sigma_i) + 1]\}}{\sum_{i=1}^n [\varphi(\sigma_i) + 1]^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \{[\varepsilon_{h,i} + 1][\varepsilon'_{h,i} + 1]\}}{\sum_{i=1}^n [\varepsilon_{h,i} + 1]^2}. \end{aligned} \quad (38)$$

Setkání příze ve tkanině

Výpočtem vhodné hodnoty λ jsme získali dle rovnice (38) poměr l_0/h_0 . Setkání příze s (zde uvedeno bezrozměrně) je pak definováno dle (39) s použitím (31), kde h_0 je délka tkaniny (upínací délka) a l_0 je délka nitě zvlněné (vypárané) příze ze tkaniny délky h_0 .

$$s = \frac{(l_0 - h_0)}{h_0} = \frac{l_0}{h_0} - 1 = \lambda - 1. \quad (39)$$

5 Experiment a testované materiály

Experimentální část je převážně zaměřena na ověření výše odvozeného vztahu (38) pro výpočet parametru λ , následně na výpočet setkání příze ve tkanině s dle vztahu (39).

Byla tedy zjišťována tahová pracovní křivka přízí volných a přízí vypáraných z experimentálních tkanin.

Za účelem ověření metody bylo u experimentálního souboru tkanin zjišťováno setkání také z měkkých řezů obrazovou analýzou a standardně používanou metodou proměření délky vypárané nitě z tkaniny definované délky napnutím na pravitko – metodou „palcovou“.

Pro doplnění budou v experimentální části ověřeny konstrukční parametry tkanin (dostavy), vybrané mechanické vlastnosti tkanin (pevnost a tažnost tkanin), vybrané užité vlastnosti tkanin (plošná hmotnost tkanin a tloušťka tkanin).

Naměřené hodnoty setkání budou dále diskutovány vzhledem k vlivným parametrům, tedy vzhledem k dostavám osnovní a útkové soustavy, vzhledem k jemnosti použitých přízí a multifilů a vzhledem k provázání (vazbám) příze ve tkanině.

Součástí praktické stránky práce je také odhad tloušťky experimentálních tkanin dle vztahů odvozených z Peirceova modelu na základě znalosti naměřených setkání, viz kapitola 3.1. Vypočtené hodnoty tloušťky jsou zde porovnány v hodnotami experimentálními.

Experiment je proveden na třech různých souborech tkanin. Jako prvotní soubor experimentálních tkanin byl zvolen soubor tkanin v plátnové vazbě, s různou dostavou osnovy (útku), s různou jemností přízí osnovy (útku). Tyto tkaniny byly vyrobeny ze 100% polyesterové střiže ve třech různých jemnostech s různou kombinací dostav na shodném jehlovém tkacím stroji Somet Alpha s listovým prošlupným zařízením. Základní charakteristiky suroviny a přízí jsou uvedeny v tabulce 1. Základní parametry tkanin z experimentálního souboru 1 jsou uvedeny v tabulce 2. Jedná se o tkaniny experimentální, nikoliv průmyslově vyráběné. U takto širokého souboru tkanin bylo pak možné sledovat také vliv struktury tkaniny (dostav a jemností) na setkání přízí ve tkanině.

Tabulka 1 Základní charakteristiky použitých přízí – experimentální soubor 1 a 2

Jemnost příze	Materiál	Jemnost vláken	Délka vláken (střiže)	Jemnost příze experimentální	Zákrut experimentální	Průměr experimentální	Pevnost příze	Tažnost příze
tex		dtex	mm	tex	1/m	mm	N	%
16,5	100%	1,7	38	16,59	1522	0,161	4,67	8,95
25	PESs			24,50	1194	0,208	7,80	10,61
40	standard			39,57	879	0,272	12,66	11,33

Vliv vazby – provázání – byl sledován u druhého souboru experimentálních tkanin. Tkaniny byly vyrobeny z téže polyesterové střiže o jemnosti 25tex, viz tabulka 1, v neplátnovém provázání. Základní charakteristiky tkanin souboru 2 jsou uvedeny v tabulce 3.

V tabulce 4 je uveden přehled všech použitých vazeb včetně jejich základních parametrů.

Tabulka 2 Základní parametry tkanin – experimentální soubor 1

číslo tkaniny	označení tkaniny	Jemnost příze [tex]		Dostava [1/cm]	
		osnova	útek	osnova	útek
1	1/16,5/24	16,5	16,5	24	24
2	2/16,5/24	16,5	16,5	27,8	24
3	2/16,5/27,8	16,5	16,5	27,8	27,8
4	3/16,5/24	16,5	16,5	31,8	24
5	3/16,5/27,8	16,5	16,5	31,8	27,8
6	3/16,5/31,8	16,5	16,5	31,8	31,8
7	1/25/19	16,5	25	24	19
8	2/25/19	16,5	25	27,8	19
9	2/25/22,4	16,5	25	27,8	22,4
10	3/25/19	16,5	25	31,8	19
11	3/25/22,4	16,5	25	31,8	22,4
12	3/25/26	16,5	25	31,8	26
13	1/40/15	16,5	40	24	15
14	2/40/15	16,5	40	27,8	15
15	2/40/18	16,5	40	27,8	18
16	3/40/15	16,5	40	31,8	15
17	3/40/18	16,5	40	31,8	18
18	3/40/21,2	16,5	40	31,8	21,2
19	4/25/19	25	25	19	19
20	5/25/19	25	25	22,4	19
21	5/25/22,4	25	25	22,4	22,4
22	6/25/19	25	25	26	19
23	6/25/22,4	25	25	26	22,4
24	6/25/26	25	25	26	26
25	4/40/15	25	40	19	15
26	5/40/15	25	40	22,4	15
27	5/40/18	25	40	22,4	18
28	6/40/15	25	40	26	15
29	6/40/18	25	40	26	18
30	6/40/21,2	25	40	26	21,2
31	7/40/15	40	40	15	15
32	8/40/15	40	40	18	15
33	8/40/18	40	40	18	18
34	9/40/15	40	40	21,2	15
35	9/40/18	40	40	21,2	18
36	9/40/21,2	40	40	21,2	21,2

Tabulka 3 Základní parametry tkanin – experimentální soubor 2

číslo tkaniny	označení tkaniny	Vazba tkaniny	Jemnost příze [tex]		Dostava [1/cm]	
			osnova	útek	osnova	útek
8	4/1	kepr 1/5 Z	25	25	19	19
9	4/2	kepr 2/1 Z	25	25	19	19
10	4/3	kepr 2/1_1/2 Z	25	25	19	19
11	4/4	kepr 2/4 Z	25	25	19	19
12	4/5	atlas 1/5	25	25	19	19
13	4/6	atlas 2/4	25	25	19	19
14	4/7	atlas 3/3	25	25	19	19
15	5/1	kepr 1/5 Z	25	25	22,4	22,4
16	5/2	kepr 2/1 Z	25	25	22,4	22,4
17	5/3	kepr 2/1_1/2 Z	25	25	22,4	22,4
18	5/4	kepr 2/4 Z	25	25	22,4	22,4
19	5/5	atlas 1/5	25	25	22,4	22,4
20	5/6	atlas 2/4	25	25	22,4	22,4
21	5/7	atlas 3/3	25	25	22,4	22,4
23	6/2	kepr 2/1 Z	25	25	26	26
24	6/3	kepr 2/1_1/2 Z	25	25	26	26
25	6/4	kepr 2/4 Z	25	25	26	26
26	6/5	atlas 1/5	25	25	26	26
27	6/6	atlas 2/4	25	25	26	26
28	6/7	atlas 3/3	25	25	26	26

Tabulka 4 Základní charakteristiky použitých vazeb

Vazba tkaniny	stupeň provázání f	vazebný exponent m	opravný činitel vazby	typy pórů					Počet přechodů	
				P1	P2	P3a	P3b	P4	Osnova ppo	Útek ppu
Plátno 1/1	1	0,45	1,00	4	0	0	0	0	6	6
Kepr 1/5 Z	3	0,39	1,53	6	12	0	0	18	2	2
Kepr 2/4 Z	3	0,39	1,53	0	24	0	0	12	2	2
Kepr 2/1_1/2 Z	1,5	0,42	1,19	12	24	0	0	0	4	4
Kepr 2/1 Z	1,5	0,39	1,17	3	6	0	0	0	4	4
Atlas 1/5	3	0,42	1,59	0	24	0	0	12	2	2
Atlas 3/3	2,14	0,42	1,38	4	16	0	16	0	4,67	2
Atlas 2/4	2,25	0,42	1,41	4	16	0	12	4	4	2

Jako třetí soubor experimentálních tkanin byly zvoleny 100% bavlněné jednoduché žakárské tkaniny damaškového typu. Tkaniny byly vyrobeny z přízí bavlněných prstencových česaných o jemnosti 8.4tex (osnova) a 10tex (útek). Tyto tkaniny mají celoplošný vzor, daný kombinací základních vazeb. Jedná se o osmivazné atlasy osnovní a útkové, dále čtyřvazné kepry v osnovním, útkovém i oboustranném efektu. Přehled základních parametrů tkanin souboru 3 a charakteristik desének jednoduchých žakárských tkanin je v tabulce 5.



Obr. 6 Příklad celoplošného desénu jednoduché žakárské tkaniny, tkanina 14.
Pozn. Desén je otočen o 90°.

Tabulka 5 Základní parametry tkanin – experimentální soubor 3

Číslo tkaniny	Dostava [1/cm]		Velikost střídy [cm]	Počet vazných bodů v dezénu		Průměrný počet přechodů v desénu		Stupeň provázání f	Opravný činitel f^m
	osnova	útek		osnova	útek	osnova	útek		
8	75	54	17,5 x 30,4	1320	1640	278	450	5,9	2,1
13	75	54	17,6 x 18,2	1320	1000	326	436	2,3	1,4
14	66	62	18,2 x 34,5	1200	2080	352	408	5,9	2,1
15	66	62	19,9 x 49,7	1320	3000	335	444	8,9	2,5
16	66	62	18,1 x 51,3	1200	3160	357	407	8,9	2,5
17	66	62	19,7 x 37,2	1320	2280	387	446	5,9	2,1

6 Použité metody

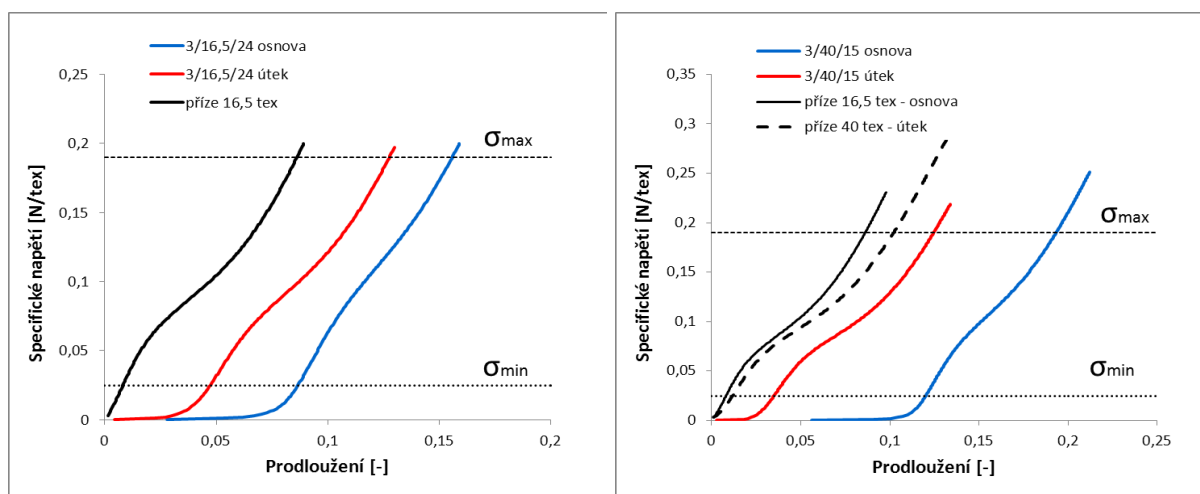
6.1 Metoda zpracování tahových pracovních křivek

K experimentu byl využit dynamometr Instron 4411. Výsledky setkání získané touto metodou jsou v grafech a tabulkách označeny jako „setkání Instron“.

Termínem příze „volná“ je míněna příze (nit) odvíjená z cívky, tedy příze nezatkaná, z níž byla tkanina vyrobena. Příze „vypáraná“, je příze vyjmutá ze tkaniny o délce 500mm (upínací délka). Na experimentální tkanině je zřetelně označena délka 500mm v osnovním (útkovém směru). Na vypárané přízi musí být tyto značky patrné. Přízi upneme tak, aby značky (odpovídající upínací délce 500mm) byly upnuty na hraně čelistí.

Postup měření

1. Experimentálně určíme průměrnou tahovou pracovní křivku volné (nezatkané) nitě osnovní či útkové. Získáme tedy závislost napětí σ [N/tex] na poměrném prodloužení $\varepsilon_l = \varepsilon_h$, viz rovnice (33).
2. Experimentálně určíme tahovou pracovní křivku nitě vypárané ve směru osnovy či útku. Pracovní křivku vyjádříme jako funkci napětí σ [N/tex] na poměrném prodloužení ε'_h , viz (34).
3. Dalším krokem je stanovení hodnot intervalu specifického napětí v [N/tex] $\sigma \in \langle \sigma_B, \sigma_{\max} \rangle$, tedy hraniční hodnoty σ_B a maximální hodnoty intervalu σ_{\max} . Bylo zjištěno, že volba hranice σ_B má vliv na hodnotu setkání. V intervalu od $\langle \sigma_{\min}, \sigma_{\max} \rangle$ je dále sledován vliv dolní hranice na hodnotu setkání za účelem stanovit optimální dolní hranici intervalu napětí σ_B , ve kterém bude hodnota setkání určena.



Tkanina s označením 3/16,5/24

Tkanina s označením 3/40/15

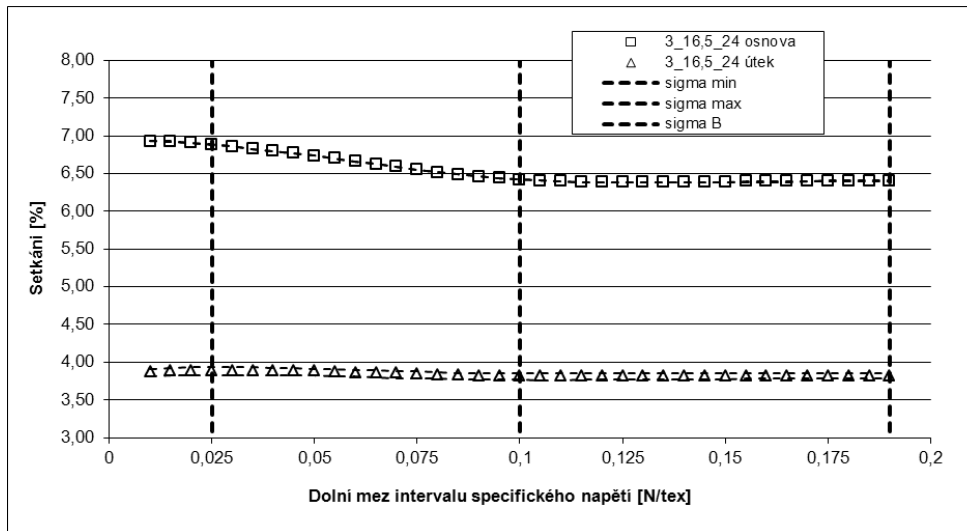
Obr. 7 Příklad tahové pracovní křivky volné a zatkané příze – porovnání

Volba horní a dolní meze intervalu specifického napětí σ_{\min} a σ_{\max} je dána rozsahem tahové pracovní křivky osnovních a útkových přízí vypáraných ze tkaniny a přízí volných – interval musí být vyhovující pro všechny příze. Horní hranice σ_{\max} je dána tedy nejméně pevnou přízí (nejnižší hodnotou poměrné pevnosti) z experimentálního souboru přízí.

Na obr. 7, jsou uvedeny příklady tahové pracovní křivky volných a vypáraných přízí z vybraných tkanin s vyznačeným rozmezím specifického napětí σ_{\min} a σ_{\max} .

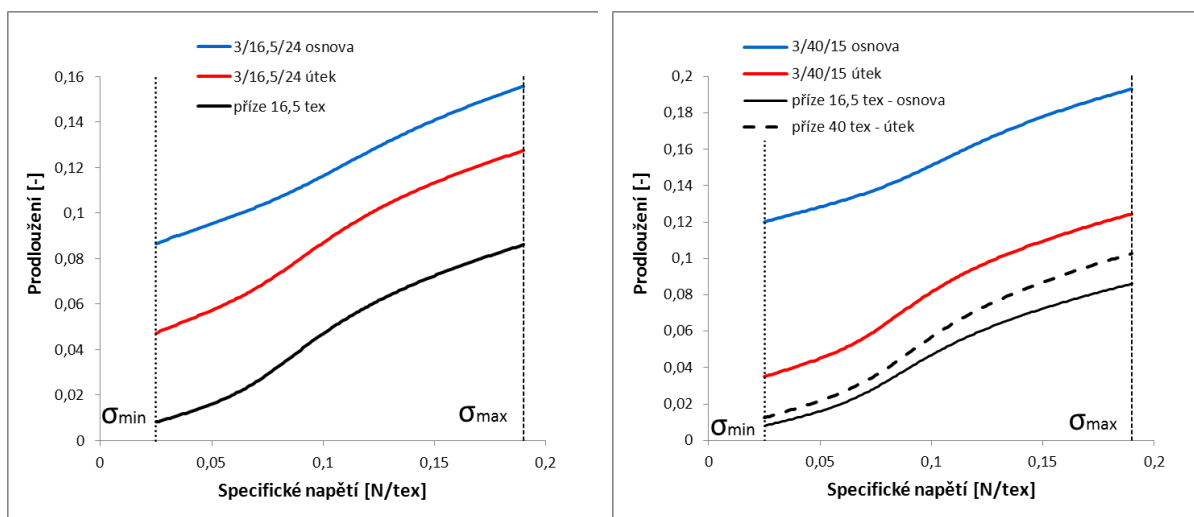
Z tohoto intervalu byla postupně volena hodnota σ_B a sledována hodnota parametru λ užitím rovnice (38) a následně hodnota setkání dle (39). Příklad takovéto závislosti volby dolní

hranice intervalu specifického napětí σ_{\min} na hodnotu setkání s u vybrané experimentální je uveden na obrázku 8. Závislosti lze pro hodnoty $\sigma_B > 0.1 \text{ N/tex}$ považovat za prakticky konstantní. To znamená, že příze vypáraná ze tkaniny se zde chová prakticky jako jí příslušná příze volná. Na základě této skutečnosti byla stanovena hraniční hodnota specifického napětí stanovena na $\sigma_B = 0.1 \text{ N/tex}$. V tomto intervalu je dále vypočtena vlastní hodnota setkání.



Obr 8 Vliv volby dolní hranice intervalu na hodnotu setkání. Příklad – tkanina 3/16,5/24

4. Ze získaných průměrných tahových křivek v daném rozmezí specifických napětí vypočteme inverzní křivky, tzn. závislosti poměrného prodloužení na specifickém napětí ve zvoleném intervalu od σ_B po σ_{\max} . Tedy získáme funkce $\varphi(\sigma)$ a $\psi(\sigma)$, dle rovnic (33) a (35). Příklad inverzních funkcí v intervalu specifických napětí $\langle \sigma_{\min}, \sigma_{\max} \rangle$ je pro vybrané tkaniny zobrazen na obr 9.



Tkanina s označením 3/16,5/24

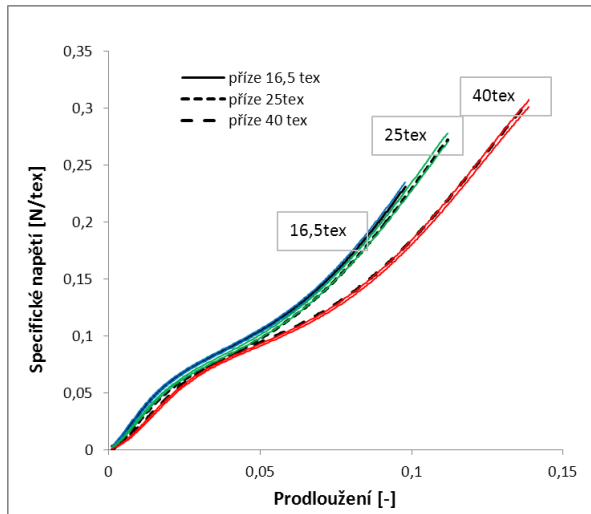
Tkanina s označením 3/40/15

Obr 9 Příklad inverzních tahových pracovních křivek ve vybraném intervalu specifických napětí – tkaniny ze souboru 1

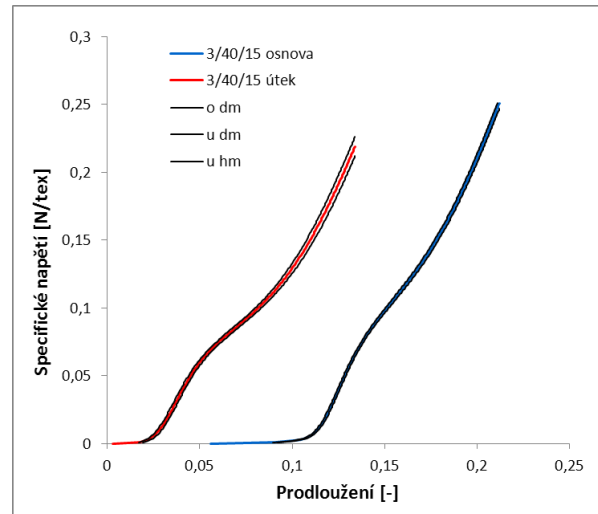
5. Z rovnice (38) pak vypočteme nejvhodnější hodnotu parametru λ .

6. Z rovnice (39) vypočteme hodnotu setkání s [%], postupně v obou směrech (osnova, útek).

Variabilitu získaných hodnot setkání lze odvodit z variability tahových pracovních křivek. Jak je vidět z obr 10 a 11, je tato variabilita velmi nízká. Na obr 10 je uvedena průměrná tahová pracovní křivka s křivkami reprezentujícími dolní a horní mez intervalu spolehlivosti na hladině 0,05 u přízí volných. Na obr 11 je uvedena průměrná tahová pracovní křivka s křivkami reprezentujícími dolní a horní mez intervalu spolehlivosti na hladině 0,05 v případě osnovní a útkové příze vypárané ze tkaniny s označením 3/40/15.



Obr. 10 Průměrné tahové křivky volných přízí



Obr. 11 Průměrné tahové křivky osnovní a útkové příze ze tkaniny s označením 3/40/15

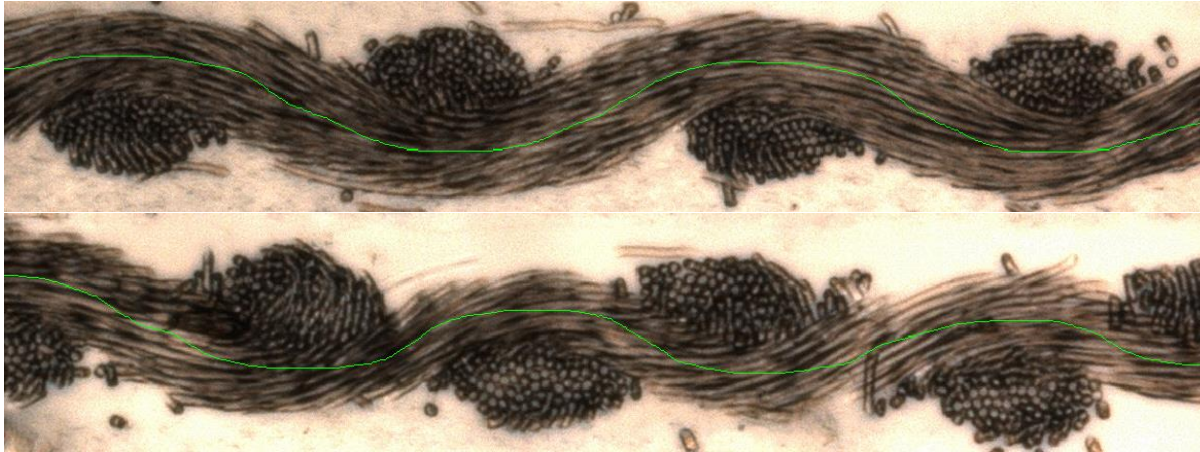
Pokud bychom stanovili setkání zpracováním příslušných tahových křivek dolní (horní) meze intervalu spolehlivosti přízí volných a vypáraných, získali bychom ne přímo dolní a horní mez 95%ního intervalu spolehlivosti, ale hodnoty reprezentující variabilitu setkání. Tyto hodnoty se liší od „průměrné“ vypočtené hodnoty setkání od 0,01 do 0,2% setkání.

6.2 Metoda zpracování měkkých řezů tkanin

Z vybraných experimentálních tkanin byly vytvořeny dle [5] měkké řezy. Ty byly zpracovány s pomocí obrazové analýzy (OA). Pro získání dat z řezů tkanin podélných i příčných byla použita metoda publikována v [6, 7]. Zpracováním měkkých řezů tkanin lze získat souřadnice střední roviny tkaniny, souřadnice os přízí ve vazné vlně, minimální kolmou vzdálenost dvou tečen k povrchu objektu (tloušťka tkaniny), nejdelší kolmá vzdálenost dvou rovnoběžných tečen k povrchu objektu (délka úseku tkaniny) a parametry průřezů přízí (těžiště, ekvivalentní průměr, obvod). Ze změřených dat lze určit např. setkání přízí ve tkanině, případně tvarový faktor průřezů přízí.

V každém směru, podélném i příčném, bylo vytvořeno a zpracováno dvacet řezů tkanin ze souboru 1, viz tabulka 2.

Příklad podélného a příčného řezu vybraných tkanin je na obr. 12. Je zde vyhodnocena i trajektorie osy příze, příslušná ke tkanině, viz tenká čára na obr. 12. Setkání tkanin z dalších souborů nebylo touto metodou proměřeno.



Obr. 12 Podélný a příčný řez tkaninou – tkanina 3/16,5/24 ze souboru 1

6.3 Metoda palcová

Další použitou metodou je metoda palcová. Zatkaná příze je vypárána z úseku tkaniny o délce l_1 , pomocí dvou prstů je natažena do vyrovnání. Příze je natažena subjektivně, po natažení je pomocí délkového měřidla (pravítka) změřena délka l_0 narovnané příze. Setkání je pak vyjádřeno užitím rovnice (1).

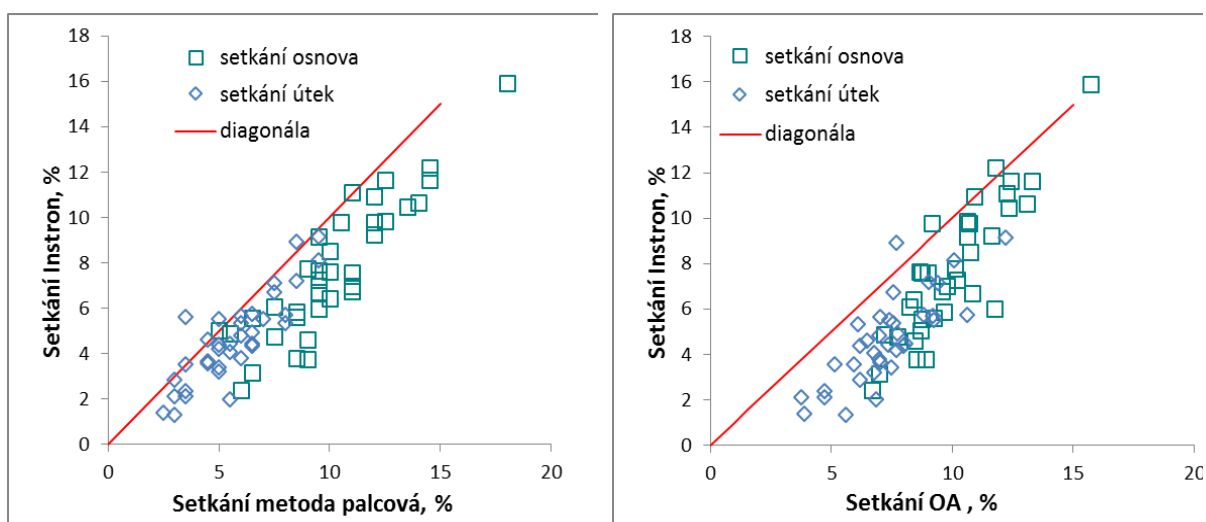
Setkání touto metodou bylo měřeno pro každou tkaninu a každý směr desetkrát. Pouze u jednoduchých žakárských tkanin s celoplošným vzorem bylo setkání proměřeno pro každou tkaninu na šestnácti místech po deseti měřeních. A to z důvodu vyloučení vlivu odběrného místa na měřenou hodnotu setkání u takovýchto typů tkanin.

7 Přehled dosažených výsledků

Získané hodnoty setkání ze všech použitých metod u souboru tkanin 1 jsou porovnány graficky a použitím korelačních koeficientů. Korelační koeficienty mezi jednotlivými metodami pro setkání v obou směrech jsou uvedeny v tabulce 6. Všechny uvedené korelační koeficienty jsou statisticky významné. Grafické porovnání metod je na obr. 13.

Tabulka 6 Korelační koeficienty – soubor tkanin 1

Korelované metody	Osnova	Útek
Obrazová analýza - Instron	0,880	0,769
Obrazová analýza – Palcová metoda	0,856	0,820
Instron – Palcová metoda	0,891	0,820



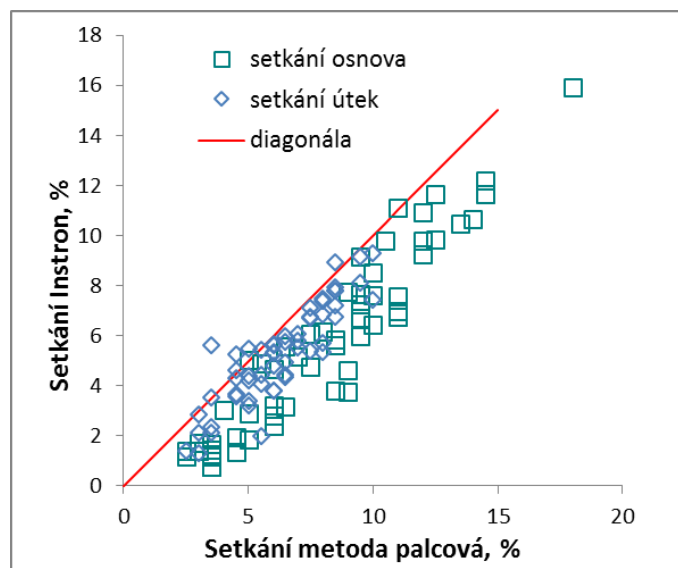
Obr. 13 Porovnání metod měření setkání, tkaniny souboru 1, plátna různé konstrukce

U souboru tkanin 2 není proměřeno setkání pomocí obrazové analýzy, pouze metodou páření a zpracování tahových pracovních křivek. Obě metody jsou porovnány pomocí korelačních koeficientů. Oba dva korelační koeficienty jsou statisticky významné.

Vzhledem k tomu, že tkaniny souboru 1 a 2 jsou vyrobeny za stejných podmínek na stejném tkacím stroji ze stejných přízí, bylo provedeno porovnání dvou metod (Instron, palcová metoda - páření) také pro oba soubory současně. Korelační koeficienty jsou uvedeny v tabulce 7, grafické porovnání je uvedeno v grafu na obr 14. Všechny uvedené korelační koeficienty jsou statisticky významné.

Tabulka 7 Korelační koeficienty – soubor tkanin 1 a 2

Korelované metody	Osnova	Útek
Instron – Palcová metoda	0,949	0,861



Obr. 14 Porovnání metod měření setkání, tkaniny souboru 1 a 2

Jak je možné pozorovat, hodnoty setkání „Intron“ jsou systematicky nižší než hodnoty získané pomocí obou dalších metod.

Experimentálně detekovaná trajektorie osy zvlněné příze v příčném a podélném řezu tkaniny není ideálně vyhlazená, jak je vidět z obr. 12. Je tedy pravděpodobné, že metoda zpracování obrazu řezu tkaniny dává vyšší hodnotu setkání.

Metoda palcová je velmi subjektivní, jak bylo zmíněno výše. Vypáraná příze je napínána nedefinovanou silou mezi dvěma prsty ruky. Nelze tedy vystihnout okamžik, kdy je příze již vyrovnaná, a kdy již napínána a prodlužována. Je možné, že při napínání byla použita síla větší, než je nutné k napnutí příze, to by odpovídalo vyšším hodnotám setkání získaných touto metodou.

Princip všech tří použitých metod je obdobný; změřit délku tkaniny a nitě ve sledovaném úseku tkaniny. Ze získaných dat spočítat hodnotu setkání.

Hlavním rozdílem mezi použitými metodami je délka sledovaného úseku tkaniny. U metody měkkých řezů a obrazové analýzy se jedná pouze o milimetry, metoda palcová měří setkání na vzorku o velikosti 100mm a metoda zpracování tahových křivek 500mm. Vzhledem k vysoké variabilitě provázání ve tkanině je vhodnější měřit setkání na delším úseku tkaniny.

Způsob měření délky příze ve tkanině je dalším rozdílem mezi metodami. Teoreticky by mělo být měření délky příze ve vazné vlně nejpřesnější. Je měřeno přímo ve vazné vlně, nikoliv ve stavu vypáraném. Kvůli známým obtížím při vyhodnocování obrazu tkaniny (detekce „těla příze“, osy vazné vlny,...) vyhodnocovací software poskytuje nedokonalé vyhlazenou trajektorii, a tím větší délku příze ve vazné vlně. Vzhledem k velikosti sledovaného úseku touto metodou se projeví ve výsledné hodnotě setkání. Proběhly pokusy o vyhlazení křivky pomocí funkce dostupné v používané obrazové analýze, ta ale vyhladí příliš konce trajektorie do nežádoucího tvaru. Tento jev je zdrojem další chyby, vyhlazení křivek tudíž nebylo použito. Obě další metody měří délku příze ve tkanině ve vypáraném stavu. Předpokladem je dokonalé narovnání, nikoliv prodloužení nitě. Dále předpokládáme, že struktura příze a tedy její vlastnosti se vypáraním nemění a korespondují s přízí nezatkanou. U metody palcové (párání) je narovnání nitě velmi subjektivní. Také odečet délky příze na milimetrovém měřítku je zdrojem nepřesnosti.

Metoda zpracování pracovních křivek přízí je více objektivní, příze jsou namáhány shodným způsobem. Empirické je pouze stanovení specifického napětí pro výpočet setkání. Tedy stanovení napětí, při kterém je příze právě narovnána a nedochází ještě k jejímu prodlužování.

Dalším významným rozdílem je náročnost metod na použitá zařízení. Měření délky nitě přímo z vazné vlny tkaniny s použitím obrazové analýzy je metodou velmi náročnou na speciální zařízení, které se vyskytuje zpravidla ve špičkově vybavených laboratořích. Je nutné mít zařízení ke tvorbě měkkých řezů tkanin (např. mikrotom, ocelové nože, bruska, mraznička.), zařízení k přímému měření je nutný systém obrazové analýzy (mikroskop, PC se specializovaným software, kamera), např. NIS-Elements AR 2.30.

Metoda uvažující zpracování tahových křivek potřebuje přístroj na měření pevnosti a tažnosti délkových textilií se záznamem průběhu zkoušky v tahu, např. Instron. Takovéto přístroje se vyskytují již v řadových průmyslových laboratořích. Metoda palcová (párání) je zcela nenáročná na zařízení. K měření délky příze vypárané ze tkaniny je potřebné pouze délkové měřidlo a rovný povrch, např. stůl. Výhoda této metody je v její flexibilitě.

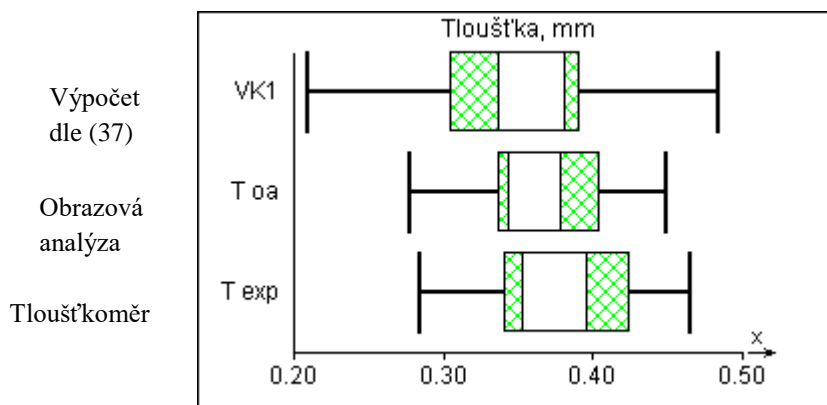
7.1 Predikce tloušťky tkanin v plátnovém provázání

Experimentem získané hodnoty setkání nám umožňují použitím Peirceova modelu dopočítat jinak obtížně zjistitelné vstupní data modelu: výšky vazné vlny osnovy a útku. Na základě znalosti výšek vazné vlny osnovní a útkové lze dopočítat tloušťku tkaniny. Odvození výpočetních vztahů a postup výpočtu jsou uvedeny v kapitole 3.1. Užití Peirceova modelu pro odhad tloušťky tkaniny. Vstupními daty jsou strojová dostava osnovy a útku, průměr nezatkané příze a setkání osnovy a útku. Průměr nezatkané příze byl získán metodou publikovanou v [8] až [10].

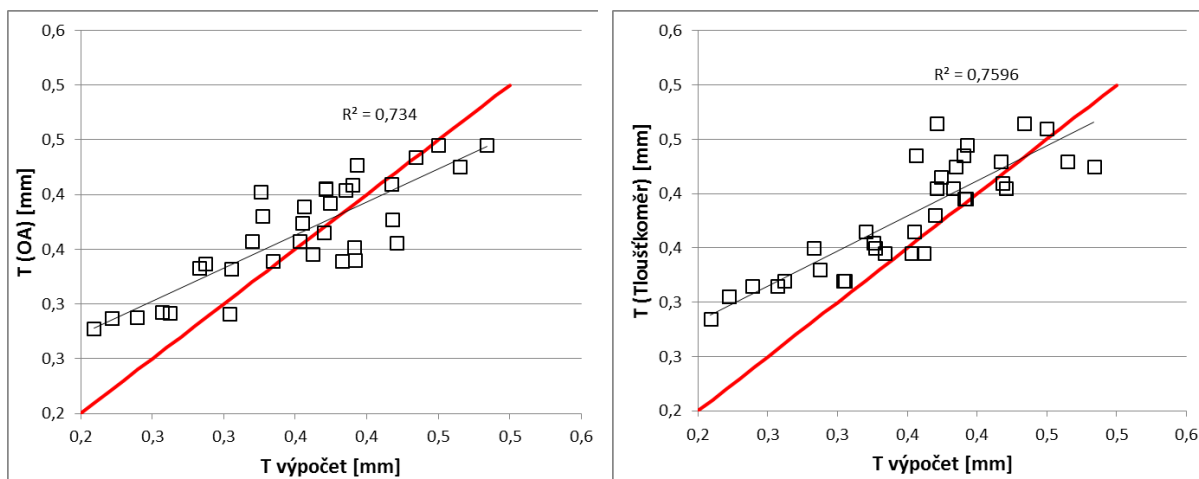
Pro porovnání byly měřeny tloušťky tkanin dvěma způsoby:

- 1) na tloušťkoměru dle normy ČSN EN ISO 5084 při tlaku 1kPa,
- 2) zpracováním měkkých řezů tkanin pomocí obrazové analýzy (OA) dle [13].

Tloušťky měřené oběma metodami a tloušťka vypočtená byly porovnány za účelem ověření platnosti výpočtu tloušťky dle modelu (15). Porovnání bylo provedeno prostřednictvím korelačních koeficientů. Korelační koeficienty jsou statisticky významné. Grafické porovnání je uvedeno na obrázcích 15 a 16.



Obr. 15 Porovnání tloušťky tkanin pomocí krabicového grafu



Obr. 16 Porovnání hodnot tloušťky tkanin experimentálních a teoretických

Naměřené hodnoty tloušťky oběma metodami dosahují pro tkaniny z jemnějších česaných přízí (16,5tex) vyšších hodnot ve vztahu k hodnotám získaným výpočtem. Pro tkaniny z hrubších mykaných přízí dosahují zase nižších hodnot vzhledem k vypočteným hodnotám. Pravděpodobnou příčinou jsou vlivy jednotlivých experimentálních metod. Naměřená data jsou ovlivněna 1) zaplněním ve vazných bodech (je vyšší u tkanin se stejnou hustotou), 2) tvrdostí přízí (jemnější příze mají vyšší hodnotu zaplnění než příze hrubší), 3) chlupatostí příze (chlupatost na povrchu přízí - mech u jemnějších a hrubších má jiný charakter). Výpočetní vztah tyto jevy nezahrnuje.

7.2 Predikce setkání přízí dle výpočetních modelů

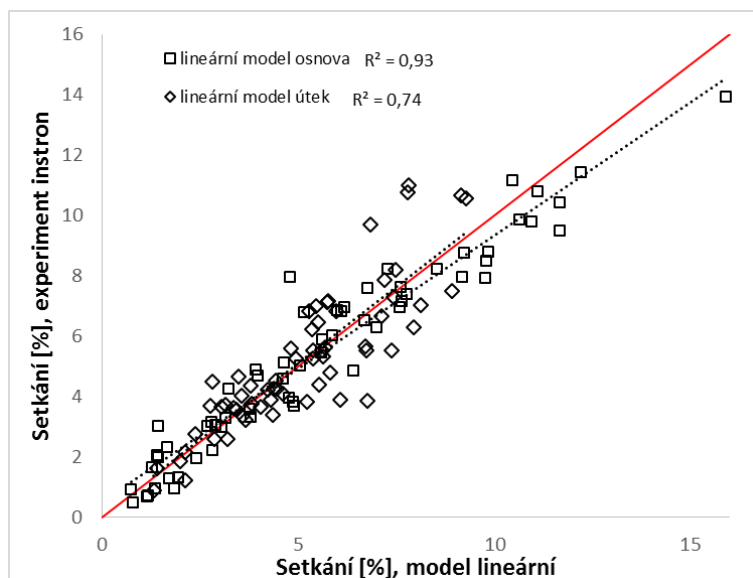
Setkání přízí u experimentálních tkanin souborů 1 až 3 bylo vypočteno dle modelů uvedených v kapitole 2.3. Odhad setkání užitím modelů.

Výpočet setkání byl proveden skriptem v prostředí MatLab, jeho přepis je uveden v příloze disertační práce.

Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce v příloze disertační práce. Setkání predikované bylo porovnáno graficky a pomocí korelačních koeficientů se setkáním experimentálně zjištěným metodou Instron a metodou palcovou, a to pro všechny experimentální tkaniny v neplátnovém i plátnovém provázání. Vypočtené korelační koeficienty jsou uvedeny v tabulce 8. Všechny uvedené koeficienty jsou statisticky významné.

Tabulka 8 Korelační koeficienty

Metoda/model	Směr	
	Osnova	Útek
Palcová metoda - Instron	0,950	0,831
Palcová metoda - lineární model	0,913	0,747
Palcová metoda - model Peirce	0,897	0,740
Palcová metoda - model sinus	0,915	0,745
Palcová metoda - model parabola	0,925	0,731
Palcová metoda - model	0,887	0,742
Instron - lineární model	0,965	0,854
Instron - model Peirce	0,952	0,822
Instron - model sinus	0,966	0,854
Instron - model parabola	0,971	0,833
Instron - model hyperbola	0,948	0,847



Obr 17 Porovnání experimentálního a modelového setkání

Na obrázku 17 je uveden příklad grafického porovnání setkání experimentálního, získané metodou Instron, s predikovaným setkáním pomocí modelu lineárního. Vyšší míry korelace s predikovanými hodnotami setkání dosahuje setkání získané metodou Instron. Rozdíl ale není příliš velký. Dále z predikovaných dat vyplývá, že se hodnoty setkání dle různých modelů liší pouze v desetinách procent. K predikci setkání se tedy zdá být postačující i nejjednodušší model lineární.

8 Zhodnocení výsledků

Předmětem disertační práce byl především vývoj metodiky měření setkání přízi ve tkanině. Dále její ověření na vybraných experimentálních tkaninách a analýza výsledků měření setkání touto metodou s cílem potvrdit správnost a použitelnost získaných experimentálních dat a tedy i této nové metody měření setkání přízi ve tkanině.

Metoda byla odvozena na základě znalosti tahových pracovních křivek příze vypárané ze tkaniny a s tahovou pracovní křivkou příze volné, původní, ze které byla tkanina vyrobena.

Bylo zjištěno, že vypočtená hodnota setkání je citlivá na šíři intervalu specifických napětí, ve kterém je hodnota setkání počítána. Bylo nutné sledovat vliv dolní hranice intervalu na hodnotu setkání za účelem stanovit optimální dolní hranici intervalu napětí, ve kterém bude hodnota setkání určena. Byla stanovena jako hodnota napětí, po jehož překročení se stává závislost hodnoty setkání na této hodnotě nezávislou, tedy konstantní. Tuto hodnotu nelze stanovit obecně, je nutné ji zjistit pro každý materiál zvlášť.

Jako srovnávací metody experimentální byly zvoleny metody dostupné, tedy klasická prakticky používaná metoda páráním nitě ze tkaniny a metoda zpracování měkkých řezů tkanin. Všechny tři metody byly porovnány jak z hlediska naměřených dat, tak srovnáním dle dostupnosti potřebných pomůcek, zařízení a přesností získaných dat. Princip všech tří metod je podobný, každá má ale své výhody a omezení. Metoda páráním, nazývána také metodou palcovou, je výhodná svou jednoduchostí, nenáročností na pomůcky a laboratorní přístroje. Její velkou nevýhodou je subjektivita a nepřesnost.

Metoda zpracování měkkých řezů pomocí analýzy obrazu je elegantní, ale velmi náročná na laboratorní zařízení, která se vyskytují spíše ve specializovaných laboratořích. K proměření větších úseků tkanin je nutné zpracovat velké množství řezů, neboť proměřovaná délka tkaniny je na jednom řezu pouze v řádu milimetrů. Metoda zpracování tahových pracovních křivek je v souladu normami ČSN ISO, které stanoví nejen počet měření tahových vlastností tkaniny, ale také sledovanou délku tkaniny. Ta je v tomto případě 500mm, je rovna normované upínací délce pro získání tahové pracovní křivky. Tato délka jako jediná vyhovuje měření setkání u tkanin žakárských s celoplošným vzorem, kde je nutné proměřit celou střídu čítající i stovky nití, velikostí řádově v desítkách centimetrů. Ale i u tkanin listových a žakárských s drobným motivem je vhodnější vzhledem k variabilitě provázání ve tkanině měřit setkání na větším úseku tkaniny.

Nevýhodou této metody se zdá být nutnost mít k dispozici i přízi nezatkanou, u výrobců tkanin, které setkání zajímá především, je ale vždy k dispozici. Také potřebný přístroj, dynamometr se záznamem souřadnic tahové pracovní křivky, bývá již v řadových průmyslových laboratořích.

Experimentem získané hodnoty setkání byly porovnány pomocí korelačních koeficientů a graficky. Korelační koeficienty mezi metodami jsou statisticky významné. Hodnoty setkání „Instron“ jsou systematicky nižší než hodnoty získané pomocí obou dalších metod. Experimentálně detekovaná trajektorie osy zvlněné příze v příčném a podélném řezu tkaniny není ideálně vyhlazená, je tedy pravděpodobné, že metoda zpracování obrazu řezu tkaniny dává vyšší hodnotu setkání. Metoda palcová je velmi subjektivní, je možné, že při napínání příze na měřítko byla použita síla větší, než je nutné k napnutí příze.

Získané hodnoty setkání metodou Instron byly použity k predikci tloušťky tkaniny dle výpočetních vztahů odvozených na základě Peirceova modelu. Predikované hodnoty tloušťky u tkanin souboru 1 byly dále porovnány s hodnotami experimentálními. Tloušťky byly měřeny dvěma způsoby, standardně dle normy na tloušťkoměru a zpracováním měkkých řezů tkanin pomocí obrazové analýzy.

U tkanin souboru 2 – tkaniny v neplátnovém provázání, byly také vypočteny tloušťky dle výše uvedeného modelu. Predikované hodnoty tloušťky tkanin v neplátnovém provázání ale byly nižší, než hodnoty experimentálně zjištěné. U tkanin v neplátnovém provázání dochází totiž vlivem flotáží k dosažení vyšších dostav podsouváním nití po sebe. To má za následek zvýšení tloušťky tkanin v neplátnovém provázání. Tento jev je číselně popsán opravným činitelem vazby. Proto byl vztah pro výpočet tloušťky modifikován pomocí tohoto činitele.

Tloušťky měřené oběma metodami a tloušťka vypočtená byly porovnány pomocí korelačních koeficientů za účelem ověření platnosti výpočtu tloušťky dle modelu. Zjištěné korelační koeficienty jsou statisticky významné.

Experimentálně zjištěné hodnoty setkání byly dále diskutovány vzhledem k možným parametrům tkanin, které setkání ovlivňují. Tedy vzhledem k dostavám tkanin, jemnostem přízí a vazbě tkanin.

U tkanin souboru 1 byl sledován vliv jemnosti přízí a vliv změny dostav. Dle teorií se předpokládá nárůst setkání útku se zvyšující se dostavou osnovy a obráceně, nárůst setkání osnovy se zvyšující se dostavou útku. Trendy zjištěné u souboru tkanin 1 jsou ale opačné. Zvlnění osnovních nití je u těchto tkanin nestandardní konstrukce vyšší než zvlnění útkových nití, což je doloženo i podélnými a příčnými řezy. Zvýšení dostavy osnovy v tkaninách s plátnovým provázáním způsobí tedy vyšší zvlnění osnovy, a tím vyšší setkání nití osnovní soustavy. A obráceně s rostoucí dostavou osnovní klesá setkání po útku, s rostoucí dostavou útku roste setkání po útku.

U tkanin souboru 2 byl sledován vliv provázání a vliv změny dostav. Předpokládá se, že nitě s častými vazebnými přechody mají větší setkání, než nitě s volnějším provázáním. Teoreticky by tedy nejvyšších hodnot setkání měly dosahovat tkaniny v plátnové vazbě a nejnižších hodnot tkaniny ve vazbě šestivazné. Setkání v obou směrech u všech tkanin souboru 2 s rostoucí hodnotou opravného činitele vazby klesá. Což koresponduje uvedenými předpoklady. Uvedené koeficienty determinace u setkání v osnovním směru jsou statisticky významné. Koeficienty determinace u setkání ve směru útkovém nikoliv.

U tkanin souboru 3 byl sledován také vliv provázání prostřednictvím koeficientu provázání. Dále byl předpokládán vliv počtu přechodů na hodnotu setkání přízí ve tkanině, a to nárůst setkání s rostoucím počtem přechodů v osnově i v útku. Vliv charakteristik byl sledován ale jen u velmi malého počtu čtyř tkanin shodné konstrukce. Byl potvrzen vliv pouze koeficientu provázání na setkání ve směru osnovy, další korelace nejsou statisticky významné.

Dále bylo vypočteno setkání přízí ve tkaninách všech experimentálních souborů užitím různých modelů provázání. Byla zjištěna silná korelace mezi experimentálně zjištěnými a predikovanými hodnotami setkání. Z predikovaných dat vyplývá, že se hodnoty setkání dle různých modelů liší pouze v desetínách procent. K predikci setkání se tedy zdá být postačující i nejjednodušší model lineární.

Metoda zpracování tahových pracovních křivek byla tedy ověřena z více hledisek a zdá se být metodou prakticky použitelnou. Jedná se o metodu dostatečně přesnou, jednoduchou a nenáročnou na laboratorní zařízení. Tato metoda byla ověřena na více typech tkanin, užitečná je zejména pro měření setkání tkanin s celoplošným vzorem. Ostatní používané metody nejsou vhodné pro měření tohoto typu tkanin.

Metoda je založena na předpokladu, že příze vypáraná ze tkaniny, má stejné mechanické chování jako příze před zatkáním. Porovnání tahových pracovních křivek ukazuje, že rozdíly mezi přízí volnou a vypáranou možná nejsou příliš rozdílné.

Existují normované metody měření setkání ASTM [1] a ISO [2], snahou nebylo nahrazení těchto metod, ale umožnit textilním odborníkům použít další jednodušší alternativní metodu.

Samozřejmě rozsáhlá komparace těchto metod s metodou v této práci presentovanou by byla jistě užitečná, může být předmětem dalšího výzkumu. Výběr vhodné experimentální metody závisí na mnoha okolnostech (materiál, technologie výroby příze). Další ověření nové metody se nabízí srovnáním odhadu setkání ze strojových dat. Toto srovnání by jistě bylo zajímavé, ale je k tomu nutné mít rozsáhlá data z průmyslu. Tato data jsou ovšem také zatížena chybou a nebyla nám k dispozici.

Vhodnost metody by bylo dobré ověřit i pro tkaniny z jiných materiálů než staplových přízí. Například tkanin ze syntetického hedvábí (multifilu). Zde se dá ale usuzovat, že předpoklad o shodnosti mechanického chování přízí před a po zatčení bude opravdu zjednodušující. Dále by mohlo být užitečné ověření metody a rozbor setkání na větším souboru žakárských tkanin s celoplošným vzorem i drobnými motivy. Dosud provedený experiment na souboru žakárských tkanin nebyl dostatečně rozsáhlý.

9 Seznam publikovaných prací autora

Publikace v odborných časopisech

- [1] Křemenáková D., Mertová I., Kolčavová Sirková B.: Computer aided textile design 'LibTex', Indian Journal of Fiber & Textile Research, India, Vol.33, December 2008, pp. 40-404, ISSN 0971-0426.
- [2] Křemenáková D., Mertová I., Kolčavová Sirková B.: Computer Assisted Textile Design, IVUZ – Technologija tekstilnoj promyšlenosti, Russia, December 2008, ISSN 0363-0797, 2008.
- [3] Kolčavová Sirková, B., Mertová, I.: Computer Aided Woven Fabric Design, World Journal of Engineering, Vol. 7, Supplement 1, p. 94, 2010, ISSN 1708-5284, 2010.
- [4] Krupicová, G., Drašarová, J., Mertová, I.: Evaluation of Yarn Lateral Deformation, World Journal of Engineering, Vol. 7, Supplement 1, p. 75, 2010, ISSN 1708-5284, 2010.
- [5] Kolčavová Sirková, B.; Mertová, I.: Prediction of woven fabric properties using software ProTkatex, Autex Research Journal. Volume 13, Issue 1, Pages 11–16, ISSN 1470-9589, 2013.
- [6] Krupincová, G.; Mertová, I.; Drašarová, J.: Evaluation of yarn lateral deformation, Autex Research Journal. Volume 13, Issue 1, Pages 17–21, ISSN 1470-9589, 2013.
- [7] Moučková, E., Mertová, I., Jirásková, P., Krupincová, G., Křemenáková, D. Properties of viscose Vortex yarn depending on technological parameters of spinning. Autex Research Journal, June 2015, 15(2), 138–147, ISSN (Online) 2300-0929, ISSN 1470-9589, DOI: 10.2478/aut-2014-0046.
- [8] Mertová, I., Neckář, B.: Measuring of yarn crimp in woven fabric, Vlákna a textil, Volume 2015, Issue 1, 2015, Pages 40-44, ISSN: 13350617.
- [9] Mertová, I., Neckář, B., Ishtiaque, S.M.: New method to measure yarn crimp in woven fabric, Textile Research Journal, 2016, 86(10), 1084-1096, ISSN 0040-5175, DOI: 10.1177/0040517514551464.
- [10] Mertová, I., Moučková, E., Neckář, B., Vyšanská, M.: Influence of Twist on Selected Properties of Multifilament Yarn, AUTEX Research Journal, 2017 (online, v tisku), DOI: 10.1515/aut-2017-0018 © AUTEX.

Kapitoly v knize

- [11] Influence of production technology on the cotton yarn and fabric properties, kapitola v knize, Plzeň, ISBN 978-80-261-0062-1, 2011.

Příspěvky ve sborníku mezinárodní konference

- [12] Kalousek, Z.- Mertová, I.: Simulation of the Deformational Behaviour of Fabric, Texsci 2003, Liberec 2003.
- [13] Mertová, I.: Influence of the weft sett on structure and fabrics properties, 10th International conference Strutex 2003. Structure and structural mechanics of textiles. Technical University of Liberec, 2003.
- [14] Mertova, I.: Stereometric Arrangement of Yarns in Fabric, ITCDC 2004, Dubrovnik, Croatia, 2004.
- [15] Fridrichova, L., Mevald, J., Mertova, I.: New Way of Measurement and Calculation Flexural Rigidity of Yarn and Fibre, 3rd Indo-Czech Conference, Liberec, 2004.
- [16] Křemenáková, D, Kolčavová Sirková, B., Mertová, I., Vyšanská, M.: System for Technical Design of Yarns and Fabrics, 5th World Textile Conference AUTEX, Portorož, Slovenia, 2005.
- [17] Mertová, I.: Kolčavová Sirková, B.: Bending Rigidity of Yarn, 5th World Textile Conference AUTEX, Portorož, Slovenia, 2005.

- [18] Mertová, I., Stříž, B., Kolčavová Sirková, B.: Application of Equation of Deflection Curve to Determination of Yarn Bending Rigidity, 4th Central European Conference, Technical University of Liberec, Liberec, 2005.
- [19] Ozcelik, G., Mertová, I.: The Comparative Analysis of Bending Rigidity Methods, 12th international conference Strutex, Technical University of Liberec, Liberec, 2005.
- [20] Kovář, R., Mertová, I.: Internal Friction on Woven Fabric Deformation, 3rd ITCDC 2006, Dubrovnik, Croatia, 2006.
- [21] Kovář, R., Mertová, I.: Impact of direction on strength and breaking elongation of weft knitted fabrics, XLIII Congress of the IFKT, Plovdiv, Bulgaria, 2006.
- [22] Mertová, I.: Tensile Strength Prediction of mixed Fabrics, 7th World Textile Conference AUTEX, Tampere, Finland, 2007.
- [23] Mertová, I.: Strength Prediction of Cotton-PP Woven Fabrics, 6th International Conference TEXSCI 2007, Liberec, Czech Republic, 2007.
- [24] Křemenáková D., Mertová I., Kolčavová Sirková B.: Computer Aided Textile Design System LibTex, International Textile Conference MTI Moskva, 2008.
- [25] G. Krupincová, J. Drašarová, I. Mertová: Evaluation of Yarn Lateral Deformation, 7th International Conference TEXSCI 2010, Liberec, Czech Republic, 2010.
- [26] B. Kolčavová Sirková, I. Mertová: Computer Aided Woven Fabric Design, 7th International Conference TEXSCI 2010, Liberec, Czech Republic, 2010.
- [27] Brigita Sirková and Iva Mertová: Modeling of Warp and Weft Crimp in Jacquard Woven Fabric Structure, The Fiber Society Technical Conference, Liberec, 2014.
- [28] Mertová, I., Neckář, B.: Measuring of yarn crimp in woven fabric, 20th International Conference Strutex, Technical University of Liberec, Liberec, 2014. ISBN 978-80-7494-139-9.
- [29] B. Kolčavová Sirková, I. Mertová: Woven Fabric Structural Pore Models Analysis, 21st International Conference Strutex, Technical University of Liberec, Liberec, 2016. 978-80-7494-269-3.

Příspěvky ve sborníku domácí konference

- [30] Kalousek, Z., Mertová, I. : Model deformačních vlastností tkaniny, Sborník 3. semináře Strutex, Liberec, 1997.
- [31] Kalousek, Z., Mertová, I. : Matematický model napětí v pružné tkanině, Sborník 5. semináře Strutex, Liberec, 1998.
- [32] Kalousek, Z., Mertová, I. : Numerická simulace tahových zkoušek tkanin, Sborník 7. semináře Strutex, Liberec, 2000.
- [33] Kalousek, Z., Mertová, I. : Simulation of the Tissue Tensile Tests., Sborník konference „Engineering Mechanics 2000“, Svratka, 2000.
- [34] Mertová, I., Vozková, P., Křemenáková, D.: Vlastnosti směsových přízí a tkanin, sborník Textilie v novém tisíciletí IV, Technická univerzita v Liberci, 2006.

Počítačový software

- [35] Kolčavová Sirková, B., Mertová, I., Neckář, B., Křemenáková, D., Krupicová, G., Špánková, J.: LibTex – Počítačový software TUL, RIV/46747885:24410/10:#0000700, 2010.
- [36] Kolčavová Sirková, B., Mertová, I., Janoušek, J., Holada, M.: ProTkaTex – Počítačový software TUL, RIV/46747885:24410/10:#0000698, 2010.

Citace

Citace k publikaci [1] uvedené v databázi Scopus

- 1) Xia, Z., Xu, W.: A Review of Ring Staple Yarn Spinning Method Development and Its Trend Prediction, *Journal of Natural Fibers*, 10 (1), pp. 62-81, 2013. ISSN: 15440478, DOI: 10.1080/15440478.2012.763218.
- 2) Křemenáková D., Pivoňková D.: Prediction of polypropylene yarn properties, 2012, *Vlakna a Textil*, Volume 19, Issue 1, 2012, Pages 14-20, ISSN: 13350617.
- 3) Khatun, Murshida, Mashiur Rahman Khan, Md: Effect of Yarn Linear Density and Thread Density on the Air Permeability of Light- to Medium-Weight Plain Woven Fabric Derivatives Used as Summer Shirting Fabrics. *Tekstilec*. 61. 65-71. 10.14502/Tekstilec2018.61.65-71. DOI10.14502/Tekstilec2018.61.65-71
- 4) Azariadis, P., Papagiannis, P., Koutkalaki, Z., Integrating modern virtual engineering tools in footwear design and development, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Volume 459, Issue 1, 2018, Article number 012072, ISSN: 17578981, DOI: 10.1088/1757-899X/459/1/012072

Citace k publikaci [7] uvedené v databázi Scopus

- 5) Toda M., Grabowska K., Ciesielska-Wróbel I.: Application of micro-computed tomography (micro-CT) to study unevenness of the structure of yarns, *Textile Research Journal*", 87(3), pp 351- 368, February 2017. ISSN: 00405175, DOI 10.1177/0040517516629149.
- 6) Akhtar, K.S., Afzal, A., Iqbal, K., Sarwar, Z., Ahmad, S. Investigation of manufacturing and processing techniques on shade variation and performance characteristics of woven fabrics, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Volume 13, Issue 3, 2018, Pages 71-77, 2018. ISSN: 15589250.

Citace k publikaci [9] uvedené v databázi Scopus

- 7) Ala D.M., Bakici, G.G.: Effects of weft count and weft density on yarn crimp % of unbleached and bleached 3/1(S) twill woven fabrics. *Tekstil ve Muhendis*, Volume 24, Issue 108, 2017, Pages 254-259, ISSN: 13007599, DOI: 10.7216/1300759920172410804.

Citace k publikaci [25] uvedené v databázi Scopus

- 8) Hladnik A., Pavko-Čuden A., Farajikhah S.: Image segmentation based determination of elastane core yarn diameter, 2016, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 24 (2), pp. 29-36, 2016, ISSN: 12303666, DOI: 10.5604/12303666.1191424.

Citace k publikaci [27] uvedené v databázi Scopus

- 9) Fedorchenko O., Zakora O., Riazanova O., "Study of the dynamics of changes in the structure of plain weave fabrics in the formation process, *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, Volume 6, Issue 11, 2015, pp 15-20, 2015. ISSN: 17293774, DOI: 10.15587/1729-4061.2015.55526.

10 Seznam použité literatury

- [1] ASTM D 3883 – 99 Standard Test Methods for Yarn Crimp and Yarn Take-up in Woven Fabrics.
- [2] ISO 7211-3:1984 - Textiles -- Woven fabrics -- Construction -- Methods of analysis -- Part 3: Determination of crimp of yarn in fabric.
- [3] STN ISO 7211-3 (80 0803) Textilie – Tkaniny. Konštrukcia. Rozbory – 3.část: Stanovenie zotkania nití v tkanine.
- [4] BS 2863:1984, ISO 7211-3:1984 Method for determination of crimp of yarn in fabric
- [5] Křemenáková, D.: Interní norma č. 46-108-01/01 Doporučený postup tvorby příčných řezů. Měkké a tvrdé řezy. Liberec, 2002.
- [6] Kolčavová Sirková, B., Vyšanská, M.: Interní norma č. 23-108-01/01 Definice geometrie provázání nití ve tkanině z příčných řezů, Liberec, 2011.
- [7] Kolčavová Sirková, B., Vyšanská, M.: Methodology of Evaluation of Fabric Geometry on the Basis of Fabric Cross-section, *Fibers & Textiles in Eastern Europe*, p. 41 – 47, Vol. 20, No. 5 (94), ISSN 1230-3666, 2012.
- [8] Vyšanská, M.: Interní norma č. 32-102-01/0, Příčné rozměry dvojmo skané příze a průměr jednoduché příze, Podélné pohledy, Liberec, 2007.
- [9] Vyšanská, M., Krupincová, G.: Practical Approaches to the Yarn Diameter Determination, Textile Conference STRUTEX, Liberec, 2006, ISBN 80-7372-135-X.
- [10] Vysanska M. Complex Description and Measurement of Two-ply Yarn Transversal Proportions. *Textile Res. J.* accepted in May 2015.
- [11] <http://www.sdlatlas.com/product/474/Crimp-Tester#>
- [12] <http://www.james-heal.co.uk/en/other-instruments>
- [13] Kovar, R.: Crimp of woven fabric measuring, 15th International Conference Strutex, Technical University of Liberec, Liberec, 2008, pp 117-123, ISBN 978-80-7373-418-4.
- [14] Bednář, V., Svatoš, S.: Vazby a rozbory tkanin I, SNTL, Praha, 1989, ISBN 80-03-00082-3.
- [15] Peirce, F.T.: The Geometry of Cloth Structure. *Journal of Textile Institute* 1937; 28: 45 - 96.
- [16] Oloffson B.: A general model of a fabric as a geometric mechanical structure. *Journal of Textile Institute* 1964;11(55): 541-557.
- [17] Nosek, S.: Struktura a geometrie tkanin, VÚB, Ústí nad Orlicí, 1974.
- [18] Kovar, R.: Length of the yarn in plain weave crimp wave, *Journal of The Textile Institute*, Vol. 102, No. 7, July 2011, 582–597.
- [19] Kovar, R., Krula, M.: Crimp of Woven Fabric, 3rd ITCDC 2006, Dubrovnik, Croatia, 2006, pp 622-626, ISBN 953-7105-12-1.
- [20] Hu, J.: Structure and mechanics of woven fabrics, Woodhead publishing Ltd, ISBN 1 85573 904 6, Cambridge CB1 6AH, 2004.
- [21] Sirková, B.: Matematický model pro vyjádření provázání nití ve tkanině s využitím Fourierových řad, Disertační práce, Liberec 2002.
- [22] Kolčavová Sirková B.: Vliv použitého modelu na setkání přízí ve tkanině a plošnou hmotnost tkanin, průběžná zpráva, Technická univerzita v Liberci, 2007.
- [23] Kavan, P.: Modelování jednoosých tahově deformačních vlastností tkanin plátňové vazby počítačem. Disertační práce, VŠST, Liberec, 1985.
- [24] Lin, Jeng-Jong: Prediction of Yarn Shrinkage using Neural Nets, *Textile research Journal*, 77(5), May 2007, pp.336-342.
- [25] X. Chen: Modelling and predicting textile behaviour, Number 94, Woodhead Publishing Limited 2010, ISBN 978 – 1 – 84569 – 4616-6.
- [26] Blinov I. P., Shibabav Belay: Design of woven fabric, Mir Publishers, Moscow, 1988, ISBN 5-03-00002.

- [27] Behera BK and Hari PK. Woven textile structure, Theory and application. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd., 2010, p.450.
- [28] A.M. Seyam: Structural design of woven fabric, Textile Progress, Volume 31, Number 3, The Textile Institut, 2002. ISBN 1870372395
- [29] Jeon, B.S., Chun, S.Y.: Structural and mechanical properties of woven fabrics employing Peirce's model, Textile. Res. J., Vol 73, No.10, 2003, pp. 929-933.
- [30] Hearle, J.W.S., Shanahan, W.J.: An energy method for calculations in fabric mechanics, Part I: Principles of the method, J. Text. Inst., Vol 69, No.4, 1978, pp. 81-91.
- [31] Hearle, J.W.S., Shanahan, W.J.: An energy method for calculations in fabric mechanics, Part II: Examples of application of the method to woven fabric, J. Text. Inst., Vol 69, No.4, 1978, pp. 92-100.
- [32] ZENG XUESEN: Numerical analysis of fabric armor under ballistic impact, Ph.D. Thesis, National University of Singapore, 2006.
- [33] Muhammad Maqsood, Tanveer Hussain, Yasir Nawab, Khubab Shaker & Muhammad Umair: Prediction of warp and weft yarn crimp in cotton woven fabrics, The Journal of The Textile Institute, 2014.
- [34] Pan N.: Analysis of woven fabric strengths: Prediction of fabric strength under uniaxial and biaxial extensions, Composites Science and Technology 56, 1996, 311-327.
- [35] Huiyu Sun, H., Pan, N. : Shear deformation analysis for woven fabrics, Composite Structures 67 (2005) 317–322.
- [36] Wang, F., Xu, G., Xu, B.: Predicting the Shearing Rigidity of Woven Fabrics, Textile Research Journal, Vol 75, No.1, 2005, pp. 30-34.
- [37] Huiyu Sun a,*, Ning Pan a, Ron Postle: On the Poisson's ratios of a woven fabric, Composite Structures 68 (2005) 505–510.
- [38] Leaf, G.A.V., Kandil, K.H.: The initial load-extension behaviour of plain-woven fabric, J. Text. Inst., Vol 71, No.1, 1980, pp. 1-7.
- [39] Leaf, G.A.V., Sheta, A.M.F.: The initial shear modulus of plain woven fabrics, J. Text. Inst., Vol 75, No.3, 1984, pp. 157-163.
- [40] Leaf, G.A.V., Chen Y., Chen X.: The initial bending behaviour of plain-woven fabric, J. Text. Inst., Vol 84, No.3, 1993, pp. 419-428.
- [41] Leaf, G.A.V., Chen X.: Engineering Design of Woven Fabrics for Specific Properties, Textile. Res. J., Vol 70, No.5, 2000, pp. 437-442.
- [42] G.A.V. Leaf, (2004) "The mechanics of plain woven fabrics", International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 16 Iss: 1/2, pp.97 – 107.
- [43] Afroz, F., Siddika, A.: Effect of warp yarn tension on crimp in woven fabric, European Scientific Journal, Vol.10, No. 24, 2014, ISSN 1857-7881, pp.202-207.
- [44] Shahabi, N., E.,Saharkhiz, S., Varkiani, S.M.H.: Effect of Fabric Structure and Weft Density on the Poisson's Ratio of Worsted Fabric, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Vol. 8, No.2, 2013.
- [45] Morino, H., Matsudaira, M.: Predciting Mechanical properties and Hand Values from the Parameters of Weave Structures, Textile. Res. J., Vol 75, No.3, 2005, pp. 252-257.
- [46] Milasius, V. "An Integrated Structure Factor for Woven Fabrics. Part I: Estimation of the Weave, Journal of the Textile Institute, Vol. 91(1), pp. 268-276, 2000.
- [47] Milasius, V. "An Integrated Structure Factor for Woven Fabrics. Part II: The Fabric-firmness Factor", Journal of the Textile Institute, Vol. 91(1), pp. 277-283, 2000.
- [48] Morino, H., Matsudaira, M. and Furutani, M. "Predicting Mechanical Properties and Hand values from the Parameters of Weave Structure", Textile Research Journal, Vol. 75(3), pp. 252-257, 2005.
- [49] Neckář B.: Struktura a vlastnosti textilií, přednášky. Dostupné z <http://www.ktt.tul.cz/>.

- [50] Meloun, Militký. Statistické zpracování experimentálních dat. East Publishing, Praha, 1998. ISBN 80-7219-003-2.
- [51] H. Özdemir & G. Başer: Computer simulation of plain woven fabric appearance from yarn photographs, *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 100, No. 3, April 2009, 282–292.
- [52] ŠPANKOVÁ, Jana. Manuál k výpočetnímu programu TahoveKrivky.m: Výpočetní program pro stanovení průměrné tahové křivky vláken, přízi a tkanin z přístrojů Instron, Tiratest a Vibrodyn. Liberec, 2011. 18 s. Interní zpráva. TUL.
- [53] Backer Stanley: The Relationship Between the Structural Geometry of a Textile Fabric and Its Physical Properties, Part IV: Interstice Geometry and Air Permeability, *Textile Research Journal*, Vol. 14, pp. 703-714, 1951.
- [54] Havrdová, Marie: Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin. Disertační práce, Liberec, 2004.

Curriculum Vitae

Osobní údaje

Jméno a příjmení: Iva Mertová
Adresa: Brožíkova 365, 460 15 Liberec
E-mail: iva.mertova@tul.cz
Narozena: 3.11.1977 v Kyjově
Stav: svobodná

Dosažené vzdělání

Období 2012 - dosud

Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní
Studijní program Doktorský - Textilní inženýrství
Obor Textilní technika a materiálové inženýrství

Období 1996 - 2001

Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra textilních materiálů
Studijní program: Magisterský - Textilní inženýrství
Obor: Textilní a materiálové inženýrství
Diplomová práce: Strukturní model mechanických vlastností tkaniny.

Období 1999 - 1996

Klvaňovo gymnázium, Kyjov

Další vzdělání a stáže

Kurz interaktivní počítačové zpracování dat, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, 2004.

“Summer School” v rámci projektu ITSAPT – Intelligent Textile Structures - Application, Production and Testing, Technická univerzita v Liberci, 2004.

Kurz „Získání a zpracování obrazu v mikroskopii“, Československá mikroskopická společnost a Ústav experimentální medicíny AV ČR, Praha, 2005.

Kurz programu celoživotního vzdělávání Fakulty textilní „Tradiční textilní techniky“, Technická univerzita v Liberci, 2011.

Stáž v Chorvatsku (University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, Dept. of Mechanical Technology), květen 2003. Kontaktní osoba Prof. Zlatko Vrljičak, Ph. D.

Stáž v Belgii (Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Engineering, Dept. of Metallurgy and Materials Engineering), únor 2005. Kontaktní osoba Prof. Stepan V. Lomov.

Schopnosti a znalosti

Mateřský jazyk čeština

Jazykové znalosti

angličtina: úroveň A1

němčina: úroveň A1

Počítačové znalosti

aktivně:

MS Office, QCExpert, MatLab, Mathematica, sázecí programové prostředí LaTeX, EAT

Design Scope Victor, LibTex, ProTkaTex

uživatelsky:

Windows, grafické programy

Řidičský průkaz skupina B

Zaměstnání

Od 17.2.2003

Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, katedra textilních technologií, pozice: vědeckovýzkumný pracovník

Od 1.5.2008 do 31.8.2013

mateřská a rodičovská dovolená

Od 1.9.2013 do současnosti

Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra technologií a struktur, pozice: odborný asistent.

Stručná charakteristika dosavadní odborné, výzkumné a vědecké činnosti

Pedagogická činnost

Výuka v předmětech:

KTT/PRT Projektování textilií, od 2013/2014 do současnosti, přednášky a cvičení
KTT/SVT1 Struktura a vlastnosti textilií, od 2002/2003 do současnosti, cvičení
KDE/VMA Matematika - vybrané statě, od 2004/2005 do současnosti, cvičení
KTT/TKL Tkalcovství, od 2013/2014 do současnosti, cvičení
KTT/VZO Vzorování tkanin, 2007/2008, 2013/2014, cvičení
KTT/TT1 Textilní technologie, 2010/2011, 2012/2013, cvičení
KTT/ZTV Základy textilní a oděvní výroby, od 2002/2003 do 2004/2005, 2010/2011, cvičení
KTT/VNT Vazby a navrhování tkanin, 2005/2006, cvičení
KTT/VZT Vzorování žakárských tkanin, 2006/2007, cvičení

Vedení bakalářských prací:

Teifelová Markéta: *Vliv směšového podílu přízí na žmolkovitost tkanin*, 2008.
Vlasatá Monika: *Vliv parametrů tkanin na setkání přízí ve tkanině*, 2014.
Bílá Pavlína: *Vliv struktury na pevnost a tažnost tkanin z multifílu*, 2015.
Čulřová Magdaléna: *Inspirace lidovou výšivkou v jednoduché žakárské tkanině*, 2015.
Kraus Patrik: *Vliv konstrukce tkaniny na setkání*, 2016.
Diakova Anzhelika: *Mayský motiv v žakárské tkanině*, 2019.

Vedení diplomových prací:

Junková Jana: *Žmolkovitost textilií*. 2008
Podzimková Miroslava: *Studie vlivu použitého modelu provázání na setkání*, 2008.
Úradníková Gabriela: *Vliv rychlosti deformace na pevnost a tažnost tkanin*, 2008.
Zábranská Michaela: *Vliv podmínek měření na mechanicko-fyzikální vlastnosti vysocepevných délkových útvarů*, 2015.
Horáčková Hana: *Modelování setkání nití v žakárských tkaninách*, 2017.
Škárová Petra: *Vliv přítlaku na experimentální zjišťování tloušťky tkaniny*, 2018.
Kraus Patrik: *Vliv konstrukce tkaniny na deformaci multifílu v průřezu*, 2019.

Konzultace diplomových prací:

Rynešová Ivana: *Vliv struktury tkaniny na vybrané mechanické vlastnosti*, vedoucí: Kolčavová Sirková Brigita, 2005.
Šlachtová Jarmila: *Stanovení ohybové tuhosti bavlněných tkanin*, vedoucí: Stříž Bohuslav, 2006.
Madejová Martina: *Vlastnosti směšových tkanin v plátnové vazbě*, vedoucí: Křemenáková Dana, 2006.
Červeňanská Michaela: *Stanovení ohybové tuhosti směšových tkanin*, vedoucí: Stříž Bohuslav, 2006.
Běhounková Terezie: *Biaxiální namáhání tkanin*, vedoucí: Stříž Bohuslav, 2007.
Čaprnková Nikola: *Analýza příčných řezů tkanin vyrobených ze skaných přízí*, vedoucí: Kolčavová Sirková Brigita, 2007.
Peláková Ivana: *Stanovení ohybové tuhosti směšových přízí*, vedoucí: Stříž Bohuslav, 2008.
Mrázová Zuzana: *Vlastnosti bavlnářských tkanin*, vedoucí: Křemenáková Dana, 2008.
Mytysková Iveta: *Vývoj metodiky měření setkání přízí ve tkanině*, vedoucí: Neckář Bohuslav, 2011.
Paňková Martina: *Setkání přízí ve tkanině*, vedoucí: Neckář Bohuslav, 2012.

Trunečková Aneta: *Vliv dostavy tkaniny na směrovou pevnost a tažnost tkaniny*, vedoucí: Kovář Radko, 2012.

Staňková Karina: *Vliv finální úpravy na strukturu tkaniny a tloušťku tkaniny v plátové vazbě*, vedoucí: Kolčavová Sirková Brigita, 2013.

Nagyová Viktória: *Vliv finálních úprav na pevnost tkanin vyrobených z multifilů*, vedoucí: Kolčavová Sirková Brigita, 2015.

Hajská Šárka: *Vliv parametrů tryskového dopřadácího stroje na mechanicko-fyzikální vlastnosti a strukturální parametry příze*, vedoucí: Moučková Eva, 2017.

Bílá Pavlína: *Struktura a vlastnosti bavlněné tryskové příze*, vedoucí: Moučková Eva, 2018.

Martínek Ondřej: *Vliv zákrutu na geometrické a mechanicko - fyzikální vlastnosti multifilu*, vedoucí: Moučková Eva, 2019.

Pocová Tereza: *Analýza vlivu zákrutu na vybrané vlastnosti skané bělené příze*, vedoucí: Moučková Eva, 2019.

Kajanovič David: *Vliv konstrukce tkaniny tkané z multifilu na mechanicko-fyzikální vlastnosti tkanin*, vedoucí: Kolčavová Sirková Brigita, 2019.

Konzultace bakalářských prací:

Hořejší Michal: *Vlastnosti tkanin z bavlny a polypropylenu*, vedoucí: Křemenáková Dana, 2006.

Pokorná Martina: *Stanovení vlivu vazby na ohybovou tuhost bavlněných tkanin*, vedoucí: Stříž Bohuslav, 2007.

Vašinová Michaela: *Stanovení ohybové tuhosti polypropylenových tkanin*, vedoucí: Stříž Bohuslav, 2007.

Slota Zoryna: *Vliv směsového podílu přízí na zakrytí tkanin*, vedoucí: Kolčavová Sirková Brigita, 2007.

Hejnová Ivana: *Vnitřní tření při tahové deformaci tkaniny*, vedoucí: Kovář Radko, 2007.

Silovský Pavel: *Vliv dostavy útku na pevnost a tažnost tkaniny v různých směrech*, vedoucí: Kovář Radko, 2008.

Kajanovič David: *Vliv zákrutu na mechanicko - fyzikální vlastnosti multifilu*, vedoucí: Moučková Eva, 2016.

Granty

FRVŠ 1114/2003, okruh G1, Tvůrčí činnost studentů, název projektu Prostorové uspořádání přízí v tkanině. Řešitel. Období řešení: 2003.

SGS 21032, Metoda hodnocení setkání tkanin. Řešitel. Období řešení: 2014.

Výzkumné projekty

Výzkumné centrum Textil – LN00B090, sekce Textilní materiály a konstrukce textilních výrobků, člen řešitelského týmu 2000 – 2004.

Výzkumné centrum Textil II – 1M0553, sekce Textilní technologie, člen řešitelského týmu 2005 – 2011. Vedoucí dílčího projektu 4.8 Zpřesnění modelů vlastností tkanin, vedoucí hlavního projektu 5. Optimální konstrukce textilních výrobků.

GAČR 106/09/1916 Vnitřní morfologie a mechanické vlastnosti vláknitých útvarů, Technická univerzita v Liberci, člen řešitelského týmu 2009 – 2011.

Projekt 7. RP EU - NMP2-SL-2008 - 214181 – MODSIMTex, vývoj software projektování tkanin, člen řešitelského týmu 2008 – 2012.

Tratex - Neformální vzdělávání vzdělavatelů "Tradiční textilní techniky", CZ.1.07/1.3.03/01.0025, člen řešitelského týmu 2009 – 2010.

Otevřená univerzita. Reg. číslo CZ.1.07/2.3.00/35.0036. Spoluřešitel. Období realizace: od 1.7.2012 do 30.6.2014.

Edutech. Vzdělávání pro efektivní transfer technologií a znalostí v přírodovědných a technických oborech. Reg. číslo CZ.1.07/2.3.00/45.0011. Období realizace v období 7.3.2014 až 30.6.2015.

Roliz. Rozvoj lidských zdrojů TUL pro zvyšování relevance, kvality a přístupu ke vzdělání v podmínkách Průmyslu 4.0. Reg. číslo CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_015/0002329. Aktivita KA 3 – Tvorba a modernizace studijních programů. Období činnosti 1.9.2017 – 30.4.2018, 1.2.2019 – 30.4.2019.

Hybridní materiály pro hierarchické struktury. Reg. číslo CZ.02.1.01./0.0/0.0/16/019/0000843. Období činnosti 1.1.2018 – 31.12.2022.

Specifické výzkumy

2005/116/2 Predikce mechanických vlastností přízí a tkanin (řešitel), 2005.

2005/116/5 Objektivní hodnocení vzhledu plošných textilií (řešitel), 2005.

2005/116/9 Zpřesnění modelů vlastností skaných přízí a tkanin (spoluřešitel), 2005.

2006/116/4 Objektivní hodnocení vzhledu plošných textilií (řešitel), 2006.

2006/116/5 Vliv parametrů textilie na žmolkovitost (spoluřešitel), 2006.

2007/116/3 Hodnocení omaku textilií určených pro ložní prádlo (spoluřešitel), 2007.

Zápis o vykonání státní doktorské zkoušky

ZÁPIS O VYKONÁNÍ STÁTNÍ DOKTORSKÉ ZKOUŠKY (SDZ)

Jméno a příjmení doktorandky: **Ing. Iva Mertová**

Datum narození: **3. 11. 1977**

Doktorský studijní program: **Textilní inženýrství**

Studijní obor: **Textilní technika a materiálové inženýrství**

Forma: **kombinovaná**

Termín konání SDZ: **20. 6. 2018**

prospěla

~~**neprospěla**~~

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.	
doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D.	
prof. Ing. Karel Adámek, CSc.	
doc. Ing. Josef Dvořák, CSc.	
doc. Rajesh Mishra, Ph.D., B.Tech.	
doc. Ing. Antonín Potěšil, CSc.	
Ing. Monika Vyšanská, Ph.D.	

V Liberci dne 20. 6. 2018

O průběhu SDZ je veden protokol.



Vyjádření školitele doktorandky

Vyjádření školitele doktorandky

Doktorandka: **Ing Iva Mertová**

Disertační práce: **Setkání nitě ve tkanině**

Setkání – zkrácení nitě ve tkanině v důsledku jejího zvlnění – je významným a stále trochu nejasným prvkem struktury tkanin. Přitom významné dopady setkání do užitných vlastností na jedné straně a do ekonomické kalkulace tkanin na straně druhé jsou všeobecně známé, zejména pracovníkům technické přípravy výroby. Bohužel objektivní stanovení setkání – ať už laboratorní, nebo výpočetní – naráží na řadu obtíží spojených zejména s deformačními vlastnostmi nití ve tkanině. Přivítal jsem proto, že Ing. Iva Mertová věnovala svou disertaci některým stránkám zmíněného fenoménu.

Jak je zřejmé i z rešerše v kapitole 2 této disertace, základní problém stanovení setkání spočívá ve vyhodnocení délky výchozí a zvlněné nitě. (Setkání bývá v jednotkách procent, takže např. jednoprocentní nepřesnost měření znamená více než 10% chybu v setkání.) Společně s doktorandkou jsme proto navrhli a teoreticky zformulovali řešení využívající komparaci tahové pracovní křivky „volné“ (nezatkané) a vypárané (zvlněné) nitě popsané v kap. 4 disertace a posléze publikované v *Textil. Res. J.*, **86**, 2016, p. 1084-1096. Jistým „vedlejším“ produktem byl i teoretický výpočet tloušťky tkaniny, popsaný v kap. 3. V této části práce jsem ocenil zejména tvořivý myšlenkový přístup doktorandky k budování teoretického řešení.

Pro ověření navrženého postupu Ing. Mertová stanovila praktický postup aplikace teoretických výsledků a rozsáhlý experimentální plán hodnocení setkání tkanin nejrůznějších struktur. Velmi oceňuji, že uchazečka celý rozsáhlý soubor tkanin nejen navrhla, ale též pečlivě proměřila a detailně vyhodnotila, jak je konečně zřejmé z kap. 5 této disertace.

Výsledky práce do značné míry potvrdily vstupní očekávání. Vypracovaná metoda opravdu dovoluje poněkud přesněji a hlavně objektivněji stanovit veličinu setkání všude tam, kde je k dispozici „volná“, tj. nezatkaná, vstupní příze (v technické přípravě výroby apod.). Dovoluje též výpočetní předpověď tloušťky tkaniny, byť prozatím s menší mírou přesnosti.

Při řešení problematiky disertace jsem u Ing. Mertové oceňoval zejména její tvořivý myšlenkový přístup, pečlivost experimentálního řešení a zodpovědný přístup k vyhodnocování výsledků.

Podle mého mínění úroveň předložené disertace plně odpovídá požadavkům kladeným na doktorskou disertační práci.

Prof. Ing. Bohuslav Neckář, DrSc.
školitel

Oponentské posudky disertační práce

Oponentský posudek disertační práce Ing. Ivy Mertové

Setkání nití ve tkanině

Předložená práce má 74 stran a obsahuje 7 příloh. Práce je rozčleněna do sedmi na sebe navazujících částí, včetně úvodu a závěru. Kapitoly jsou dále členěny na podkapitoly. Zvolené téma předložené práce plně odpovídá vědnímu a studijnímu oboru, ve kterém je práce předkládána.

Přehled cílů doktorské práce

Zaměření disertační práce je výstižně definováno jejím samotným názvem. Jak je v práci uvedeno, studium reálné geometrie příze ve tkanině (setkání přízí ve tkanině) je obtížný úkol vzhledem k variabilitě provázání. Předmětem disertační práce byl především vývoj metodiky měření setkání přízí ve tkanině. Cílem bylo nalézt metodu, která bude přesnější, nebude náročná časově ani nákladná vzhledem k laboratornímu zařízení. Další cíle je možné shrnout do následujících bodů:

- navrhnout metodiku měření setkání přízí ve tkanině
- ověření metodiky měření setkání na sadě jednoduchých experimentálních tkanin,
- získané výsledky porovnat s jinými dostupnými metodami měření setkání,
- získané hodnoty setkání použít k predikci tloušťky tkaniny dle vybraného modelu,
- porovnat predikované hodnoty tloušťky tkaniny s hodnotami experimentálně zjištěnými,
- testovat použitelnost metody měření setkání na jiné typy tkanin,
- analyzovat setkání vzhledem k vlivným parametrům tkanin

Z mého pohledu nejsou všechny cíle vyvážené z pohledu jejich důležitosti na realizaci základního cíle a v řadě případů jsou pouze prostředkem pro jeho úspěšné splnění. Je nutné dbát na to, aby nebyl zaměňován význam slov metoda a metodika.

Struktura disertační práce

V první kapitole disertační práce je uveden předmět a cíl disertační práce. V druhé kapitole je uveden přehled současného stavu problematiky. Tato kapitola se zabývá přehledem známých experimentálních metod a současných možností predikce setkání. Třetí kapitola se detailně zabývá Peirceovým modelem. Na základě tohoto modelu je odvozen vztah pro odhad tloušťky tkaniny, který je založen na znalosti setkání přízí ve tkanině a průměru nezatkaných osnovních a útkových přízí. Čtvrtá kapitola popisuje návrh nové metodiky měření setkání přízí ve tkanině, je uvedeno teoretické pozadí nové metody a jsou odvozeny základní vztahy pro určení setkání příze ve tkanině. Pátá kapitola je experimentální a má za cíl potvrdit správnost odvozených teoretických vztahů. Je uveden popis souborů experimentálních tkanin, podrobný postup měření setkání přízí ve tkanině třemi metodami. V rámci experimentálního ověření byly využity tři metody určení setkání – navržená analýza tahových pracovních křivek, metoda proměření délky vypárané nitě napnutím na pravítko a metoda stanovení setkání zpracováním měkkých řezů tkanin obrazovou analýzou.

Vyjádření k aktuálnosti práce

Vývoj nových metod v oblasti získání mechanicko-fyzikálních a strukturních vlastností textilních materiálů je stále aktuální. Stejně tak je důležité i nalezení efektivnějších a rychlejších metod v porovnání se stávajícím stavem. Základní princip všech stávajících metod stanovení setkání v praxi je shodný. Je nutné stanovit sílu potřebnou k narovnání příze. Metody se liší jiným způsobem stanovení síly k vyrovnání příze. Předložená nová metoda je opět založena na výše uvedeném principu. Používá však jiného způsobu získání informací o setkání. Hlavním rozdílem mezi prakticky používanými metodami a metodou novou, je zpracování dvou tahových pracovních křivek vypárané nitě; tahové křivky příze původní nezatkané a příze vypárané ze tkaniny. Význam předložené práce pro rozvoj oboru je možné spatřovat v popisu nové metody, která umožní analyzovat setkání i u tkanin žakárských s celoplošným vzorem. Některé publikace studentky již byly citovány jinými autory, což svědčí o zájmu vědecké komunity o výsledky autorky a aktuálnosti tématu.

Vyjádření k postupu řešení a použitým metodám

Pro řešení problematiky uvedené v doktorské práci jsou použité metody zvoleny správně. Postup řešení je logický a systematický. Použité postupy a metody zcela odpovídají standardnímu přístupu k řešení daných typů úloh.

Dosažení výsledků, splnění cílů práce

Ze závěrů jednotlivých kapitol předložené práce vyplývá, že cíle vymezené v práci byly splněny. Realizované činnosti přinesly nové poznatky a postupy. Přínos studentky vidím především v experimentální části práce, kdy byl realizován velký objem prací, které musela studentka realizovat pro získání potřebných dat. Jedná se v hlavní míře o přípravu vzorků pro měření a jejich provedení a vyhodnocení.

Formální zpracování práce

Po formální stránce je práce zdařilá. Text je srozumitelný. V práci je využita celá řada odborných zdrojů, na které je v textu odkazováno. Obrázky, grafy a schémata jsou až na výjimky názorné a dobře čitelné. Úvodní část práce přinášející informace o současném stavu je možné považovat za zbytečně rozsáhlou. Je však nutné konstatovat, že uvedený výčet prací zabývajících se danou problematikou ukazuje na skutečnost, že se studentka v dané oblasti pohybuje dlouhou dobu a má ji důkladně prostudovanou. V práci se objevuje malý počet překlepů a formulačních nepřesností.

Vyjádření k publikacím studenta DSP

Je viditelné, že studentka během studia průběžně uveřejňovala výsledky svojí výzkumné práce jak na vědeckých konferencích, tak i formou publikování v časopisech. Publikační aktivita studentky zahrnuje autorství a spoluautorství řady publikací vztahujících se k tématu disertační práce. Tato skutečnost svědčí o schopnosti studenta formulovat výsledky své vědecké práce a prezentovat je odborné komunitě. Za nejvýznamnější publikaci považuji článek v časopise *Textile Research Journal* s názvem *New method to measure yarn crimp in woven fabric* publikovaný v roce 2015. Jediným nedostatkem je absence seznamu vlastních publikací doktorandky přímo v disertační práci.

Připomínky a otázky

- Často se objevují informace obecně známé, které práci nepřinášejí navýšení jeho kvality.
- Není zřejmé, které části kapitoly 2 a 3 jsou původním přínosem autorky.
- Na straně 32 je špatně použit termín popisu napětí, kdy je použit termín „síla“.
- Na straně 30 je chybně odkazováno na obr. 13.
- Obr. 19, 20, 21, 22 jsou bez bližšího popisu těžce pochopitelné. Nešťastné je zařazení pouze černobíle verze obrázku, kdy není jasná poloha minimální a maximální hodnoty specifického napětí. Mnohem srozumitelněji je tato oblast popsána v publikaci doktorandky *New method to measure yarn crimp in woven fabric* uveřejněné v časopise *Textile Research Journal*.

Během **obhajoby** by měla studentka zaujmout stanovisko k následujícím otázkám:

- Uveďte všechny předpoklady pro Peirceův model. V práci není uveden plný výčet všech předpokladů, za kterých je tento model sestaven.
- Vysvětlete, jak je možné využít vztah (14) pro určení flotáže (viz str. 15, řádek 37).
- Jak významný je vliv lineární nestejnomyšernosti textilního materiálu na měřené hodnoty setkání?
- Proč je v algoritmu určení vypočtené hodnoty setkání výpočet opakován právě 18krát (viz str. 26)?
- Rozved'te, jakou cestou by se měly ubírat další směry výzkumu v dané oblasti?

Závěrem konstatuji, že publikované materiály mají charakter původních řešení a předložená práce Ing. Ivy Mertové „Setkání nití ve tkanině“ splňuje po všech stránkách požadavky kladené na disertační práci a doporučuji ji proto k obhajobě.

Oponentní posudek

disertační práce

Ing. Ivy Mertové

„Setkání nitě ve tkanině“

Oponent: RNDr. Pavel Kavan, CSc.

Předložená práce se zabývá setkáním nitě v tkanině. Jde o veličinu, která charakterizuje zvlnění osnovních, resp. útkových nití v tkanině. Úzce tedy souvisí se strukturou tkaniny, jež dále ovlivňuje nejen mechanické, ale obecně též další fyzikální i užité vlastnosti tkaniny. Určuje také spotřebu materiálu v osnově, resp. útku, a má tím bezprostřední dopad na cenu tkaniny. Vzhledem k těmto skutečnostem považuji problematiku setkání tkaniny za významnou pro textilní obor, konkrétně pro teorii tkanin, výrobu tkanin i pro oblast zkušebnictví.

Práce je členěna do 5 kapitol, čítajících 70 stran textu, a je doplněna 7 přílohami. Disertantka uvádí 54 odkazů na odbornou literaturu, v autoreferátu k dané práci pak celkem 36 odkazů na publikace v odborných časopisech, kapitolu v knize a dále na příspěvky na konferencích nebo počítačový software, jichž byla autorkou nebo spoluautorkou. Podle mého názoru bylo vhodné uvést přímo v disertaci seznam publikovaných prací autorky, které mají vztah k řešené problematice.

Po úvodu následuje **1. kapitola**, nazvaná „**předmět a cíle disertační práce**“. Tímto předmětem je vývoj nové metodiky měření setkání příze ve tkanině, která bude přesnější a méně náročná jak z hlediska času, tak i z hlediska nákladů na laboratorní vybavení v porovnání s jinými dosud používanými metodami.

Dílčí cíle pak definuje autorka jako:

- ověření nové metodiky na sadě jednoduchých experimentálních tkanin,
- porovnání výsledků s jinými dostupnými metodami měření setkání,
- predikce tloušťky tkaniny dle vybraných modelů tkaniny a
- porovnání predikované tloušťky tkaniny s hodnotami experimentálně zjištěnými.

V rešeršní **2. kapitole**, nazvané „**přehled současného stavu problematiky**“, uvádí disertantka definici setkání a přehled dostupných experimentálních metod měření setkání. Zmiňuje také hlavní problém těchto metod, jímž je stanovení síly potřebné k narovnání příze vypárané z tkaniny. Dále se zde také zabývá odhadem setkání na základě vybraných modelů provázání příze v tkanině (model lineární, parabolický, hyperbolický, aproximace funkci sinus aj.). Detailně pak v **3. kapitole** hodnotí klasický **Peirceův model tkaniny** „oblouk-úsečka“.

Kapitola 4., nazvaná „**nová metoda měření setkání**“, je těžištěm celé práce. Principem této nové metody, navržené autorkou, je znalost a porovnání dvou tahových pracovních křivek: příze vypárané ze tkaniny a příze volné, ze které byla tkanina vyrobena. Autorka vychází z důležitého předpokladu, že příze vypáraná z tkaniny má stejné strukturní a mechanické chování jako příze před zatkním. Tento předpoklad umožnil disertantce odvodit funkční

závislost (54) mezi aplikovaným napětím a poměrným prodloužením již vyrovnané příze při dalším pohybu příčnicku dynamometru. Symbolem λ v rovnici (54) rozumí autorka poměr l_o/h_o , kde l_o je délka nitě vypárané ze tkaniny o definované délce h_o . Ke stanovení hodnoty parametru λ využívá disertantka inverzních funkcí k tahovým pracovním křivkám. Minimalizací součtu čtverců poměrných prodloužení nezatkané a vypárané příze dospěje k rovnici (60) pro výpočet parametru λ a hodnotu setkání pak určuje pomocí jednoduchého vztahu (61): $s=(l_o-h_o)/h_o=\lambda-1$.

Celý autorkou navržený postup určení hodnot setkání, prezentovaný v 4. kapitole, který vychází z porovnání dvou tahových pracovních křivek- příze vypárané z tkaniny a příze volné- považuji za velmi originální, ačkoliv je relativně jednoduchý. Kladně hodnotím skutečnost, že jej disertantka publikovala v zahraničním odborném časopise.

K 2. a 4. kapitole mám několik připomínek:

- str. 11- obr. 3 nazvaný „Detekce tahové síly k narovnání příze dle ASTM D 3883“ je schematický. Avšak poloha bodu B na obrázku není zřejmá, neodpovídá popisu na str. 12: „Bod B je dán jako průsečík přímky z bodu C rovnoběžné s osou y a křivky AD“.
- str. 12- obr. 4 nazvaný „Detekce bodu C z tahové křivky...“ – v popisu x-ové osy má být zřejmě „**Relativní prodloužení**“, jde-li o bezrozměrnou veličinu (ve shodě s veličinami uvedenými na str. 6).
- str. 28 – „Upínací délka l_o je menší než délka nitě vypáraná ze tkaniny.“ – zřejmě má být „Upínací délka h_o ...“
- str. 32 – „... uvažujeme, že křivky s označením 2 a 3 budou mít totožný průběh jestliže: a) síly σ ...
„Otázkou je volba dolní hranice intervalu síly σ_b , kde mají tahové křivky...“ –v obou případech má být zřejmě „**napětí**“ Je třeba striktně rozlišovat veličiny „síla“ a „napětí“ (viz též seznam veličin na str.5 a 6).
- str. 33 – podmínka $dS/d\lambda =0$ je nutná, ale nikoliv postačující pro splnění podmínky minima součtu S...zde postrádám zdůvodnění, proč se v daném případě jedná o minimum.

Kapitola 5., nazvaná „**Praktická část**“, je poměrně obsáhlá. Autorka v ní nejprve definuje experimentální soubory tkanin (celkem 3 soubory tkanin různé vazby). Dále uvádí způsob získání průměrných tahových pracovních křivek volných (nezatkaných) nití a nití vypáraných z experimentálních tkanin, sice dle normy ČSN EN ISO 2062 při využití dynamometru Instron 4411. Následuje výpočet inverzních křivek, výpočet parametru λ a určení setkání. Výsledky setkání porovnála autorka s hodnotami získanými dalšími metodami (obrazová analýza měkkých řezů tkanin, palcová metoda aj.) pomocí korelačních koeficientů a graficky. Korelační koeficienty mezi metodami se ukázaly být statisticky významné.

Disertantka dále provedla předpověď tloušťky tkanin podle vybraných modelů tkaniny a porovnála je s hodnotami experimentálně zjištěnými. Také zde konstatovala na základě grafů a korelačních koeficientů vysokou míru shody predikovaných a experimentálních hodnot tloušťky tkanin.

V poslední kapitole, závěru, autorka shrnuje poznatky, k nimž dospěla při studiu dané problematiky. Současně zde vymezuje směr dalšího výzkumu, a sice nutnost komparace nově navržené metody s normovanými metodami měření setkání dle ASTM a ISO.

Shrnutí:

Předložená disertační práce je nesporným přínosem pro teorii tkanin i pro textilní praxi. Autorkou navržený postup určení hodnot setkání, který vychází z porovnání dvou tahových pracovních křivek- příze vypárané z tkaniny a příze volné- považuji za originální, ačkoliv je relativně jednoduchý. Stanovené cíle práce byly splněny.

Po formální stránce je práce přehledná, výsledky experimentů jsou zpracovány pečlivě a působí přesvědčivým dojmem. Jazykovou úroveň hodnotím jako velmi dobrou. Mé připomínky mají jen upřesňující charakter a nesnižují význam práce.

Závěrem mohu konstatovat, že disertantka prokázala schopnost řešit samostatně problém důležitý pro textilní teorii i praxi. Proto **doporučuji předloženou disertační práci k obhajobě.**

V Liberci 16. 11. 2019

RNDr. Pavel Kavan, CSc. /