

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**



**Ing. Ivana Dosedělová**

**Analýza vlastností spojů technických konfekcí  
s ohledem na způsob zatěžování**

**AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE**



Název disertační práce: **ANALÝZA VLASTNOSTÍ SPOJŮ  
TECHNICKÝCH KONFEKČÍ S OHLEDEM  
NA ZPŮSOB ZATĚŽOVÁNÍ**

Autor: **Ivana Dosedělová**

Obor doktorského studia: textilní technika

Forma studia: kombinovaná

Školící pracoviště: Katedra konfekční výroby

Školitel: Doc. Ing. Otakar Kunz, CSc.

Školitel specialista:

**Liberec 2010**



# 1. Předmět a cíl práce

Předložená práce je řešena v oblasti aplikace technických textilií do technických konfekcí. Předmětem práce je *analýza vlastností spojů* výrobků technických konfekcí a *možnosti jejich stanovení*. Práce se zaměřuje na ty vlastnosti spojů, které jsou *závislé na způsobu namáhání* – tzn. mechanicko-fyzikální vlastnosti (a to především na pevnost jako nejdůležitější funkční vlastnost). Dále se práce zaměřuje na spoje, které jsou matematicky popsateľné (a které jsou také nejčastěji využívány při spojování textilií) – tj. šité spoje.

V práci je analyzována problematika spojů technických konfekcí od definování jejich vlastností (závislých na způsobu namáhání), přes teoretickou analýzu determináčních faktorů vlastností spojů, po stanovení vlastností spojů experimentálními metodami. Jsou zde definovány souvislosti mechanicko-fyzikálních vlastností se strukturou a parametry spoje. Dále se práce zabývá stanovením základních mechanických charakteristik spojů – a to matematicky pomocí predikční funkce nebo experimentálně pomocí zkušebního zařízení. Práce se zabývá také možnostmi stanovení rázové pevnosti. Součástí výzkumu vlastností spojů v dynamickém režimu je vyřešení možnosti laboratorního testování dynamických vlastností, tzn. navržení a sestavení vhodného přístroje, který umožní měření těchto mechanických charakteristik. Smyslem analýzy je připravit podklady pro projektování šitých spojů technických konfekcí.

Práci je nutno považovat za výchozí dílo k řešení dalších problémů, které vznikají v této oblasti využití textilií. V této práci jsou vytýčeny dva hlavní a korespondující cíle:

- prvním cílem je *vytvoření a rozvoj teorie parametricky popsateľných vlastností* textilních spojů, jako výkladu předkládajícího obecné podstatné charakteristiky spojů, včetně analýzy hlavních determináčních faktorů ovlivňujících mechanicko-fyzikální vlastnosti, výkladu definujícího vlastnosti spojů, jejich odlišnosti a zvláštnosti a určujícího vztahy pro jejich výpočet;
- druhým cílem je *vývoj přístroje pro testování rázové pevnosti*, který umožní simulovat rázové namáhání na laboratorním vzorku textilního materiálu – na plošné textilii nebo textilii se spojením a dále vypracování metody pro hodnocení pevnosti v podmínkách dynamického namáhání.

## 2. Přehled současného stavu problematiky

V posledních letech se silně rozvíjí odvětví výroby technických textilií na něž navazuje nově vzniklé odvětví – *výroba technických konfekcí*. Vyrábět technickou konfekci znamená zpracovávat plošné technické textilie do *trojrozměrných výrobků*, které slouží ke speciálním účelům. Tyto výrobky nacházejí uplatnění v celé řadě lidských činností a možnosti využití technických textilií se stále rozšiřují.

Technické konfekce musí odolávat náročným podmínkám aplikace, proto je kladen velký důraz na *kvalitu zpracování* (při selhání funkčnosti výrobků technických konfekcí může dojít v některých případech i k ohrožení lidského života). Neustále rostoucí nároky na kvalitu výrobků pak vytvářejí tlak na zkvalitňování nejen procesu výroby, ale také *zkvalitňování a zpřesňování procesu jejich testování*. To představuje především testování funkčnosti a spolehlivosti. Tyto nároky pomůže splnit využití výkonné měřicí techniky v kombinaci s výpočetní technikou, která zajistí archivaci velkého množství naměřených dat a umožní také rychlou dostupnost a analýzu dat. Znalost vlastností spojů, jejich determináčních faktorů a možnost testování v konečném důsledku umožní projektování spojů ve výrobcích.

K tradičním oblastem výzkumu a vývoje technických textilií přistupují výzkumné aktivity v dalších odvětvích – vytváření trojrozměrných textilních výrobků pomocí spojů. Vědeckovýzkumná a vývojová činnost je prováděna jak v rámci vytváření spojů (zde se soustředí především na řešení problematiky textilní techniky nebo problematiky spojování nekonvenčními způsoby), tak v rámci testování spojů (zakládá se hlavně na testování základních funkčních vlastností). Největší důraz je kladen na kvalitu zpracování a s tím související požadavky na *pevnost spoje jako jeho základní funkční vlastnost*.

Problematika spojování technických textilií a výroba technických konfekcí není v literatuře příliš rozšířená. Není publikována *literatura*, která by poskytovala ucelené informace. Dílčí informace poskytují odborné časopisy pro výrobce a zpracovatele technických textilií a výrobce s tímto souvisejících strojů a zařízení jako např. Technische Textilien, Melliland international (Frankfurt nad Mohanem) nebo IFAI Media Guide (mediální průvodce Mezinárodní asociace textilního průmyslu).

Ani problematika testování technických konfekcí a vlastností spojů těchto výrobků není v literatuře řešena na odpovídající úrovni. Vlastnosti spojů byly analyzovány ve vztahu k výrobkům oděvních konfekcí nikoli však u výrobků technických konfekcí. Práci na dané téma publikoval O. Kunz (viz [14]). Autor zde uvádí základní vlivy na pevnost spoje, dále model výpočtu teoretické příčné pevnosti hřbetových švů. Aby bylo možno vztah použít k predikci pevnosti a projektování švů, je třeba stanovit koeficienty švu. V závěru uvedené práce je také diskutován význam analýzy vlastností spojů pro oděvní konfekce z hlediska směru působících sil.

Při řešení úloh nelineární mechaniky poddajných těles, kterými jsou i textilie, se využívá náhrada reálných těles spojitým prostředím – kontinuem. Podrobně se zabývá teorií mechaniky textilií, jako geometricky a fyzikálně nelineárního, směrově orientovaného útvaru, B. Stříž (viz [15, 16]), jež zde odhaluje teoretické závislosti mezi strukturou a vlastnostmi textilních produktů.

V současné době jsou pro stanovení pevnosti spoje standardně používány normované experimentální metody (viz [17,18]), které jsou realizované jako příčné namáhání v quasistatickém režimu. Pro stanovení rázové pevnosti spoje nejenže není stanovena norma či metoda měření, ale doposud nebyl ani zkonstruován přístroj, který by umožňoval měření rázové pevnosti plošné textilie, natož jejího spoje. Práce se bude snažit zaplnit tuto mezeru ve výzkumu vlastností textilních spojů.

Citovaná literatura se vůbec nezamýšlí nad rázovým namáháním textilních spojů. Problematikou rázu se sice zabývají některé práce [např. 24, 25], ale tyto práce jsou zaměřeny na analýzu namáhání nití v šicím procesu s výstupy použitelnými pro výrobce šicích nití.

Vzhledem k tomu, že odborná literatura vztahující se k danému tématu není známa, byly prvotním zdrojem informací odborníci z oboru výroby technických konfekcí. Výrobci řeší problematiku zpracování technických textilií a způsoby testování dle možností vlastními silami. K testování pevnosti využívají v případě quasistatického namáhání laboratorní vzorky a dynamometry, v případě rázového namáhání technických konfekcí kontrolují kvalitu zkouškami již hotových výrobků.

Byl také proveden průzkum u výrobců zkušebních zařízení. Žádná z firem nenabízí zařízení, na kterém by bylo možno jakkoli testovat rázovou odolnost plošných textilií. Proto byl k tomuto účelu navržen a zkonstruován prototyp přístroje, který pracuje na principu Charpyho kladiva.

### 3. Použité metody

Analýza mechanicko-fyzikálních vlastností spojů technických konfekcí využívá tři typy výzkumných činností:

- *základní teoretickou analýzu* – k vymezení determinačních faktorů
- *aplikovaný výzkum* – ke stanovení mechanických charakteristik spoje
- *experimentální vývoj* – k řešení možnosti laboratorního testování dynamických vlastností

#### 3.1 Teoretická analýza vlastností spojů a jejich determinačních faktorů

Teoretická analýza vlastností spojů není zaměřena na zjišťování konkrétních hodnot, ale směřuje k definování základních vlastností spojů a k vymezení závěrů o jejich nejdůležitějších determinujících faktorech a také souvislostech mezi nimi.

Metodou rozkladu sledovaného objektu (zatěžovaného spoje) na jednotlivé části (strukturní prvky spoje, podmínky spojování, způsob namáhání) a dedukcí, která staví na podkladě známých a pravdivých faktů vycházejících ze zkušeností a studia dostupné literatury, byla vytvořena teorie jako soubor tvrzení, které jsou podloženy jednoduchými matematickými vztahy či podpořeny schematickým vyjádřením vysvětlujícím jejich příčiny (event. jsou v práci následně ověřovány experimenty).

#### 3.2 Stanovení mechanických charakteristik spoje

Následná experimentální analýza vlastností spojů uplatňuje poznatky základní analýzy a vychází z konfrontace experimentálně zjištěných hodnot mechanických charakteristik: příčné pevnosti spoje při quasistatickém zatěžování, modulů rovinné napjatosti spoje, rázové deformační práce.

Stanovit mechanické charakteristiky spoje lze v zásadě dvěma způsoby – experimentálním měřením pomocí laboratorních vzorků či teoreticky pomocí predikční funkce.

##### 3.2.1 Stanovení teoretické pevnosti při quasistatickém namáhání

Stanovení teoretické pevnosti spoje při quasistatickém namáhání vychází ze statického rozboru rovnováhy sil působících na komponenty spoje. Složitá konfigurace spoje je pro základní rozbor vyjádřena jako sériové spojení prvků textile-nit. Na tyto prvky působí tahová síla realizovaná jako příčné namáhání švu. Dále je předpokládán rozklad působící síly na složky tvořící soustavu rovnoběžných sil, působících ve vazných bodech švu. Uvedenou situaci je možno matematicky popsat a vyjádřit teoretickou pevnost švu jako lineární funkci pevnosti niti v klíče sníženou o poškození nitě při šití a počtu vazných bodů. Pro složitější konfigurace je zaveden koeficient švu.

##### 3.2.2 Verifikace koeficientu švu

Koeficient švu vyjadřuje vliv uspořádání strukturních prvků spoje. Je určován experimentálně (na základě normovaných metod ČSN EN ISO 13935-1,2), definován je poměrem příčné pevnosti vyšetřovaného švu (švu se složitější konfigurací) ku příčné pevnosti

základního švu (jednoduchého hřbetového švu se stehem dvounitným vázaným). Nejedná se o konstantu, je to veličina ovlivňovaná řadou faktorů (závisí na použitém materiálu, niti, druhu švu, druhu stehu, napětí nitě, ...), umožňuje však jednoduchou aplikaci teoretického vztahu pro predikci pevnosti švu.

### 3.2.3 Stanovení modulů rovinné napjatosti v quasistatickém režimu

Stanovení modulů rovinné napjatosti je provedeno experimentálně-analytickou metodou vycházející z [16], je umožněno náhradou textilie s výraznou strukturou plošným kontinuem bez struktury se stejnými mechanickými vlastnostmi. Pro určení modulů je třeba znát typ anizotropie plošné textilie (ve sledovaném případě bude textilie namáhána rovnoměrně rozdělenými poměrnými silami v hlavních směrech struktury – půjde o anizotropii ortotropní).

Pro určení modulů napjatosti se využívá Hookeův zákon v tenzorovém vyjádření, který definuje vztah mezi tenzorem deformace (určuje se stanovením posuvů částic při přetvoření) a tenzorem napětí (je definován prostřednictvím Cauchyho tenzoru skutečných poměrných sil), je však nutno zvolit konjugovanou dvojici – byl zvolen Biotův tenzor napětí a tenzor protažení:

$$\frac{1}{2} ( F^{-1} J \Sigma R + R^T J \Sigma (F^{-1})^T ) \Leftrightarrow ( \Delta - I ) \quad (1)$$

Metoda vychází z rozdílu souřadnic blízkých bodů, z nichž je třeba určit materiálový gradient posuvu resp. materiálový deformační gradient a prostorový deformační gradient. Dále vypočítat jakobián transformace a z pravé polární dekompozice tenzoru  $F$  určit tenzor rotace.

Metodou postupného zatěžování experimentálních vzorků s definovaným obrazcem konstantní silou a snímáním obrazu byl získán soubor snímků původních a deformovaných obrazců. Pomocí analýzy obrazu byla vytvořena databáze posuvů, zachycující deformaci (posuv) pro danou strukturu a stav zatěžování.

Složky Cauchyho tenzoru se určují z podmínek rovnováhy přetvořeného segmentu a známých hodnot zatěžujících sil. Pro jednoosou napjatost v hlavních směrech struktury (která je uplatněná v experimentální části) má Cauchyho tenzor skutečných poměrných sil jen jednu nenulovou složku, kterou lze určit jako poměr jediné působící síly a skutečné šířky deformovaného experimentálního vzorku textilie.

### 3.2.4 Vyšetřování rázu plošných textilií

Pro teoretické vyšetřování dynamických jevů u textilií (viskoelastických, anizotropních útvarů) je možno použít jako základní aparát vlnovou teorii.

Reálná skutečnost je ale tak složitá, že ji nelze exaktně popsat – proto vlnová teorie pracuje s přibližným fyzikálním modelem prostředí – kontinuem. Aplikaci analytických metod vlnové teorie rázu na analýzu rázové pevnosti textilií a spojů ale znesnadňují ještě další vzniklé složky vln, zapříčiněné specifickými vlastnostmi textilií:

- viskoelastické vlastnosti – vznik tlumení
- omezené rozměry, speciální tvary, drsnost povrchu – vznik odražených vln
- spoje textilií (navíc nové kontinuum nemusí být téhož typu) – vznik přestupujících vln



Výchozím problémem elastodynamiky textilií, který je důležitý z praktického hlediska, je podélný ráz.

Analytické vyšetřování podélného rázu niti vede ve svém důsledku k určení pohybové rovnice pro podélné vlnění v niti definované jako viskoelastické jednorozměrné kontinuum. Viskoelastické vlastnosti zde popisují vztahy mezi napětím a přetvořením - reologické rovnice.

Analytické vyšetřování podélného rázu plošné textilie částečně objasní, jak vypadá šíření rozruchu vyvolaného náhlým zatížením okraje textilie s ohledem na její konečné rozměry. Pruh textilního materiálu bude na počátku rázu (než nastane odraz podélné vlny odlehčení od protilehlé hraniční přímky) považován za viskoelastickou polorovinu. Ke kvalitativnímu rozboru počátku rázu bude využito Huygens-Fresnelova principu.

Analytické vyšetřování podélného rázu plošných textilií se švem není provedeno. Ani zjednodušené řešení rázu textilie bez švu nedává odpověď na procesy uvnitř textilie po „delší době“ působení rázu. Vzniká zde složitá situace šíření vln a tento neobyčejně složitý komplex problémů by byl v případě spojených textilií ještě rozšířen o problematiku přestupu a odrazu vln na rozhraní prostředí.

### 3.2.5 Základní dynamické charakteristiky švu

Základní dynamickou charakteristikou je mez pevnosti v rázu, určovaná jako maximální síla nutná k destrukci vzorku. Jedná se o naměřenou hodnotu, vyhodnocenou ze záznamu hodnot působící rázové síly snímaných s vysokou frekvencí v průběhu zkoušky. Dále je možno stanovit impulz rázové síly  $I^R$  (známe-li časový průběh síly při rázu).

V praxi se často určuje deformační práce pro rázové namáhání  $A_{def}^R$ . Vyjadřuje energii spotřebovanou k deformaci či destrukci rázově namáhaného vzorku – její hodnota je vypočtená z rozdílu energií na počátku a na konci rázu. Dále je možno stanovit součinitel dynamického působení  $C_d$ , který vyjadřuje rozdíl v chování materiálu při dynamických a statických zkouškách – vypočítá se jako podíl střední hodnoty deformační práce při statickém namáhání ku střední hodnotě deformační práce při rázovém namáhání.

$$\bar{I}^R = \int_0^{\tau} \vec{F}_{\tau} \cdot dt \quad (2)$$

$$A_{def}^R = E_{p1} - E_{p2} = m_k g (h_1 - h_2) \quad (3)$$

$$C_d = \frac{A_{def}^S}{A_{def}^R} \quad (4)$$

### 3.2.6 Stanovení deformace rázově namáhaného vzorku

Další charakteristikou, která popisuje chování rázově namáhané textilie, je deformace, přičemž experimentální metody měření deformace při namáhání vzorku tahovou silou obvykle vyhodnocují jeho **relativní prodloužení  $\varepsilon$** .

Jelikož přístroj na měření rázového namáhání neobsahuje čidlo pro stanovení absolutního prodloužení při přetrhu, bude sledování deformace provedeno pomocí optické metody, pro kterou bude využito kamery s vysokou rychlostí frame rate ( $10^4$  fps). Kamera zaznamená úhel překyvu kyvadla měřícího přístroje  $\alpha_3$  při přetrhu vzorku. Relativní prodloužení vzorku se pak vypočte z geometrie deformovaného vzorku v okamžiku přetrhu při rázovém namáhání dle vztahu:

$$\varepsilon = \frac{l_k(1 - \cos \alpha_3)}{L \cdot \sin \left[ \arctg \frac{l_k(1 - \cos \alpha_3)}{L + l_k \sin \alpha_3} \right]} - 1 \quad (5)$$

### 3.3 Laboratorní testování mechanicko-fyzikálních vlastností

#### 3.3.1 Laboratorní testování quasistatických vlastností

Zjišťování tahových vlastností švu je normováno ČSN EN ISO 13935-1,2 – Zjišťování maximální síly do přetruhu švu. Metody určují postup zjišťování maximální síly a maximální tažnosti. Měření je prováděno na zkušebním vzorku, na dynamometru, za přesně definovaných podmínek (viz [17,18]) – jmenovitě:

- rychlost posuvu čelistí
- rozměry zkušebních vzorků
- postup zhotovení zkušebních vzorků
- umístění vzorku do čelistí
- upínací délka

Pro experimentální zjišťování tažnosti švu není stanovena norma. Návrh metody pro zjišťování tažnosti je uveden v práci.

#### 3.3.2 Laboratorní testování rázových vlastností

Pro experimentální stanovení hodnoty rázové pevnosti plošné textilie a švů neexistuje přístroj, který by byl k tomuto účelu komerčně vyráběný. Proto byl navržen a zkonstruován přístroj CHK/RMI16000 pro měření mechanických charakteristik textilie v dynamických podmínkách. Pracuje na principu kyvadlového rázového kladiva, které bylo následně instrumentováno.

Do měřicího přístroje je mezi rám a pevnou čelist zabudovaný tenzometrický článek, napojený na řídicí jednotku (slouží pro nastavení průběhu měření a sběr dat). Řídicí jednotka řídí frekvenci snímání dat a zaznamenává v krátkém časovém okamžiku do paměti průběh síly z tenzometrického snímače v reálném čase. Snímání hodnot je započato nárůstem síly na tenzometrickém snímači a ukončeno po zaplnění paměti. Množství dat je dáno nastavenou vzorkovací frekvencí a velikostí paměti řídicí jednotky.

Výstup naměřených dat z řídicí jednotky je realizován po kabelu s konektorem RS-232, který umožňuje vzájemnou sériovou komunikaci s výpočetní jednotkou (slouží pro vyhodnocování a zpracování dat). Aplikační software po ukončení měření automaticky načte naměřené hodnoty z řídicí jednotky, zobrazí naměřené hodnoty (tabulka naměřených hodnot s vyhodnocením nejvyšší dosažené síly, pracovní diagram závislosti síly na čase), a umožňuje další práci s daty (pomocí příkazů).

Podstata metody měření spočívá v namáhání zkušebních vzorků plošné textilie (textile se švem) rázovou silou, působící definovaným směrem (ve směru struktury materiálu, kolmo ke švu apod.). Zkušební vzorek má stanoveny rozměry, typ a polohu spoje. Vyhodnocuje se maximální nárazová síla, impulz nárazové síly a deformační práce nutná k přetruhu textilie/spoje. Přístroj umožňuje sledovat změnu síly v průběhu rázového působení pomocí grafického znázornění naměřených dat.

## 4. Přehled dosažených výsledků

### 4.1 Přehled determinačních faktorů

Faktory, jež zásadním způsobem ovlivňují mechanicko-fyzikální vlastnosti lze rozdělit do tří skupin:

- použitý materiál (šitá textilie, šicí nit)
- parametry spojování (druh švu, druh stehu, hustota stehů, směr šití, podmínky při tvorbě švu)
- způsob namáhání (velikost a směr působící síly, doba a způsob působení síly, rychlost změny velikosti síly)

Použitý materiál a parametry spojování jsou faktory, které ovlivní mechanicko-fyzikální vlastnosti spoju při jejich vytváření. Způsob namáhání ovlivňuje vlastnosti spoje při užívání výrobků, je třeba jej zohlednit při testování vlastností.

*Tabulka 1: Výčet vlivů na základní mechanicko-fyzikální vlastnosti*

	<b>vliv na příčnou pevnost</b>	<b>vliv na podélnou tažnost</b>
<b>šitá textilie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pevnost šitého materiálu</li> <li>• odolnost proti poškození (šitím, užíváním, údržbou)</li> <li>• dostava, vazba (vliv na opotřebení nitě)</li> <li>• tloušťka materiálu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• roztažnost šitého materiálu</li> <li>• tloušťka šitého materiálu (vliv na spotřebu nitě)</li> <li>• stlačitelnost šitého materiálu</li> </ul>
<b>šicí nit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pevnost niti v kličce</li> <li>• odolnost proti opotřebení (šitím, údržbou)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tažnost šicí nitě</li> <li>• pružnost šicí nitě</li> </ul>
<b>druh švu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• počet a prostorové uspořádání vrstev</li> <li>• počet nosných stehových řádků</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• v závislosti na deformačních vlastnostech materiálu</li> </ul>
<b>druh stehu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• počet vazných bodů</li> <li>• umístění vazných bodů</li> <li>• počet průchodů nitě materiálem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uložení nití ve spoji (vázané stehy s přesunutými vaznými body)</li> <li>• zásoba nitě ve spoji</li> </ul>
<b>hustota stehů</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• počet vazných bodů</li> <li>• počet průchodů nitě materiálem</li> <li>• intenzita poškození materiálu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• spotřeba nití ve stehu (nebezpečí poškození materiálu)</li> </ul>
<b>směr šití</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• směr švu vůči struktuře materiálu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• v závislosti na deformačních vlastnostech materiálu</li> </ul>
<b>podmínky při tvorbě švu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• šířka švu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• napětí nití (spotřeba nití ve stehu)</li> </ul>
<b>velikost a směr působící síly</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kolmo ke švu</li> <li>• pod úhlem vůči struktuře</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ve směru švu</li> <li>• pod úhlem vůči struktuře</li> </ul>
<b>doba a způsob působení síly</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• relaxace</li> <li>• jednorázově x cyklicky</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• creep</li> <li>• jednorázově x cyklicky</li> </ul>
<b>rychlost změny velikosti síly</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vysoké rychlosti – vyšší hodnoty napětí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vysoké rychlosti – nižší hodnoty protažení</li> </ul>

## 4.2 Predikční funkce pro teoretické stanovení příčné pevnosti šitého spoje

$$F_s = 2 \cdot 10^{-5} \cdot (h \cdot b + 10) \cdot F_n \cdot F_{nkp} \cdot F_{ns} \cdot \alpha \quad (6)$$

kde:  $F_s$  .... pevnost švu [N]  
 $F_n$  .... pevnost nitě v tahu [N]  
 $F_{nkp}$  ... poměrná pevnost nitě v kličce [% z výchozí pevnosti nitě v tahu]  
 $F_{ns}$  .... poměrná pevnost nitě po šití [% z výchozí pevnosti nitě v tahu]  
 $h$  ..... hustota stehu [ $\text{cm}^{-1}$ ]  
 $b$  ..... šířka vzorku (délka švu) [mm]  
 $\alpha$  ..... koeficient švu

## 4.3 Koeficienty švu

Sérií experimentů (simulací mechanického namáhání vytypovaných spojů normovanou metodou [17]) byly stanoveny hodnoty pevnosti vytypovaných spojů a stanovena přibližná hodnota koeficientu  $\alpha$  pro nejužívanější druhy švů a stehů. Byly sledovány nejzásadnější vlivy – viz tabulka výsledků.

**Tabulka 2:** Výsledky průměrných naměřených hodnot příčné pevnosti spojů a odpovídajících koeficientů švu  $\alpha$

sledovaný vliv	druh švu	druh stehu	$F_s$ [N]	$\alpha$
druh stehu	<b>jednořádkový hřbetový 1.01.01</b>	<b>301</b>	<b>212,3</b>	<b>1,00</b>
	jednořádkový hřbetový 1.01.01	101	169,6	0,80
	jednořádkový hřbetový 1.01.01	304	219,1	1,03
	jednořádkový hřbetový 1.01.01	401	253,5	1,19
druh švu	jednořádkový hřbetový 1.01.01	301	212,3	1,00
	jednořádkový přeplátovaný 2.01.01	301	219,6	1,03
	jednořádkový zakládáný 2.04.01	301	255,1	1,20
počet stehových řádků	jednořádkový přeplátovaný 2.01.01	301	219,6	1,03
	dvouřádkový přeplátovaný 2.01.03 (4mm)	301	423,4	1,99
	třířádkový přeplátovaný 2.01.07 (4+4mm)	301	633,9	2,99
počet st. řádků v závislosti na druhu švu	dvouřádkový hřbetový 1.01.03 (4mm)	301	256,0	1,21
	dvouřádkový přeplátovaný 2.01.03 (4mm)	301	423,4	1,99
	dvouřádkový zakládáný 2.04.03 (4mm)	301	466,3	2,20
vzdálenost stehových řádků	dvouřádkový zakládáný 2.04.03 (4mm)	301	466,3	2,20
	dvouřádkový zakládáný 2.04.03 (8mm)	301	476,5	2,25
	dvouřádkový zakládáný 2.04.03 (12mm)	301	487,4	2,30

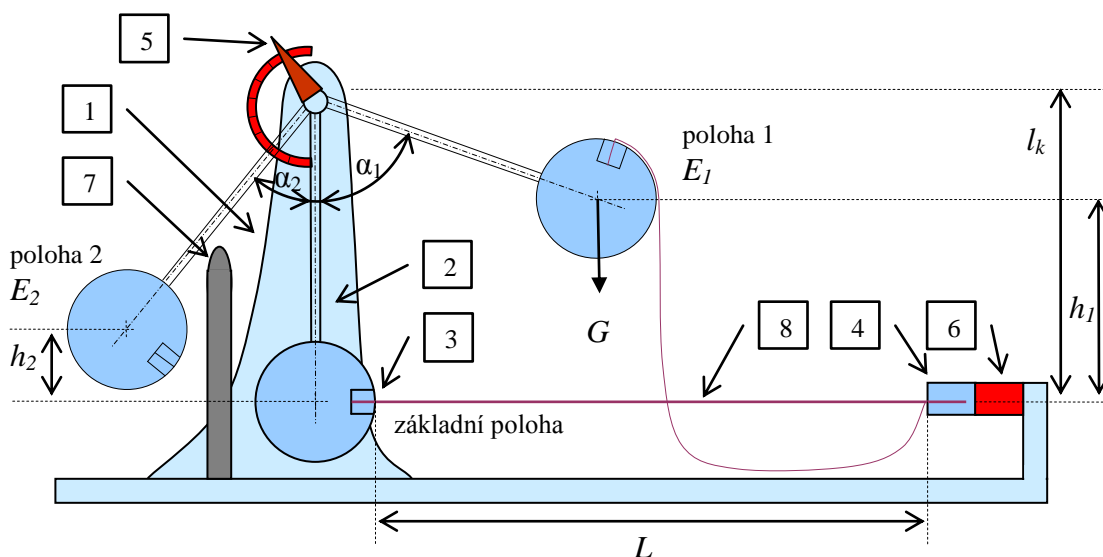
#### 4.4 Moduly rovinné napjatosti švu

Byla provedena identifikace a konfrontace modulů rovinné napjatosti předpjaté plošné textilie a švu zatížené jednoosým namáháním. Moduly rovinné napjatosti byly určovány pro vybrané zástupce švů (viz tabulka 3). Osa zatěžování nebyla pootočená vzhledem ke struktuře textilie – zatěžující síla (25 N) působila ve směru útku (v případě příčného namáhání švu) nebo ve směru osnovy (v případě podélného namáhání švu).

**Tabulka 3:** Vypočtené hodnoty modulů plošné napjatosti

vzorek	$\bar{E}_{11}$ [Nm <sup>-1</sup> ]	$\bar{E}_{22}$ [Nm <sup>-1</sup> ]	$\bar{E}_{12}$ [Nm <sup>-1</sup> ]	$\bar{E}_4$ [Nm <sup>-1</sup> ]	$\tilde{E}_4$ [Nm <sup>-1</sup> ]
1: hřbetový šev ve směru příčném	1370,027	6229,346	516,108	1258,993	1299,833
2: přeplátovaný šev ve směru příčném	3251,113	3177,503	513,074	1863,440	1350,526
3: hřbetový šev ve směru podélném	2978,971	594,611	669,149	592,125	414,142
4: přeplátovaný šev ve směru podélném	2683,923	1650,836	534,456	1269,218	791,773
5: textilie ve směru útku	2966,216	1279,221	541,950	1107,289	723,633
6: textilie ve směru osnovy	1795,381	4081,807	519,086	1458,757	1115,259

#### 4.5 Laboratorní přístroj CHK/RMI16000

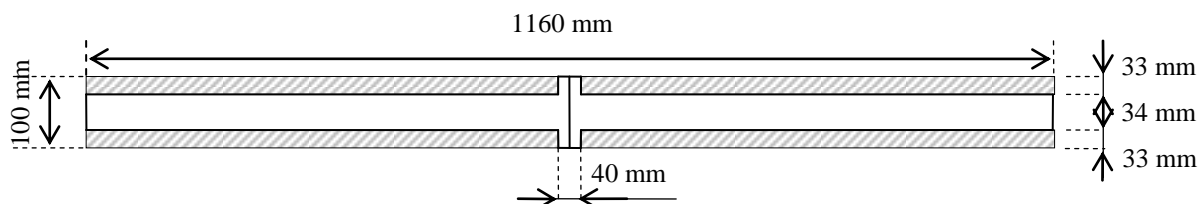


**Obrázek 1:** Schéma laboratorního přístroje pro měření rázové pevnosti

### Popis přístroje:

- (1) ... rám
- (2) ... výkyvné kyvadlo
- (3) ... otočná upínací čelist
- (4) ... pevná upínací čelist
- (5) ... úhlová stupnice
- (6) ... měřicí soustava
- (7) ... brzda
- (8) ... rovina vypnuté textilie

- $l_k$  ... délka kyvadla
- $L$  ... upínací délka vzorku
- $G$  ... tíhová síla kyvadla
- $\alpha_1$  ... počáteční úhel výkyvu
- $h_1$  ... počáteční výška výkyvu
- $E_1$  ... počáteční potenciální energie
- $\alpha_2$  ... konečný úhel výkyvu
- $h_2$  ... konečná výška výkyvu
- $E_2$  ... konečná potenciální energie



**Obrázek 2:** Zkušební vzorek pro rázovou zkoušku

### 4.6 Součinitel dynamického působení

Experimentálním měřením byly stanoveny dynamické charakteristiky deformační práce a součinitel dynamického působení a dále byl posouzen vliv vstupních parametrů technologického vypracování spoje na tyto charakteristiky.

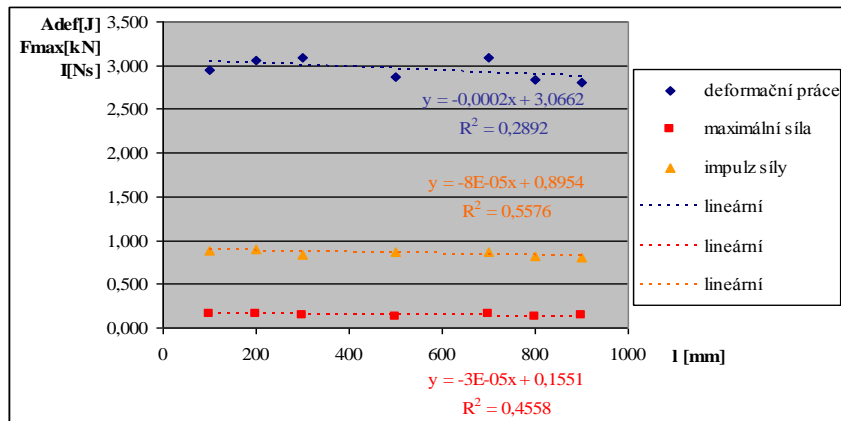
**Tabulka 4:** Hodnota součinitelů dynamického působení v závislosti na druhu švu

sledovaný faktor	šev/steh	počet/vzdálenost stehových řádků	$A_{def}^R$ [J]	$A_{def}^S$ [J]	$C_d$
prostorové uspořádání vrstev	1.01.01/301	1 / 0 mm	2,348	1,199	<b>0,51</b>
	2.01.01/301	1 / 0 mm	2,447	1,249	<b>0,51</b>
	2.02.01/301	1 / 0 mm	3,134	1,605	<b>0,51</b>
	2.04.01/301	1 / 0 mm	3,134	1,648	<b>0,53</b>
počet stehových řádků	2.01.01/301	1 / 0 mm	2,447	1,249	<b>0,51</b>
	2.01.03/301	2 / 2 mm	4,687	3,003	<b>0,64</b>
	2.01.07/301	3 / 2 mm	5,932	5,195	<b>0,88</b>
vzdálenost stehových řad	2.01.03/301	2 / 2 mm	4,687	3,003	<b>0,64</b>
	2.01.03/301	2 / 4 mm	4,880	3,095	<b>0,63</b>
	2.01.03/301	2 / 6 mm	5,072	3,198	<b>0,63</b>

### 4.7 Závislost dynamických charakteristik na poloze spoje

Experimentálním měřením byly stanoveny dynamické charakteristiky deformační práce, maximální rázová síla a impulz síly a dále byl posouzen vliv polohy spoje ve výrobku na výslednou rázovou pevnost.

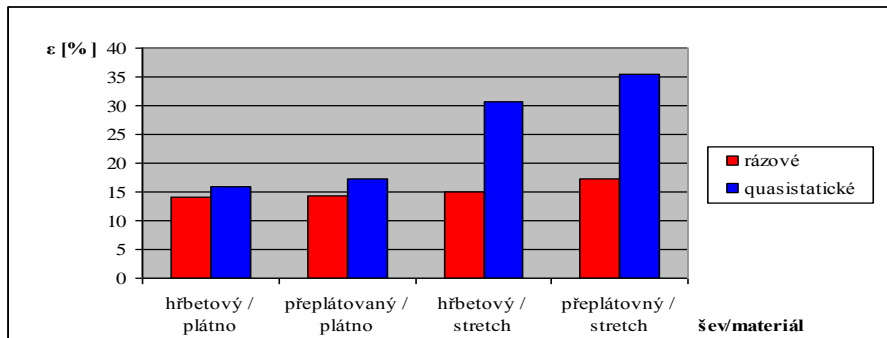
**Graf 1:** Závislost dynamických charakteristik na vzdálenosti švu od čelisti zkušebního přístroje



#### 4.8 Poměrná deformace při přetrhu

Analýza je provedena prostřednictvím konfrontace deformace při rázovém a quasistatickém namáhání, která byla sledována na vzorcích stejných konfigurací stehu a švu s různou rychlostí změny působící síly.

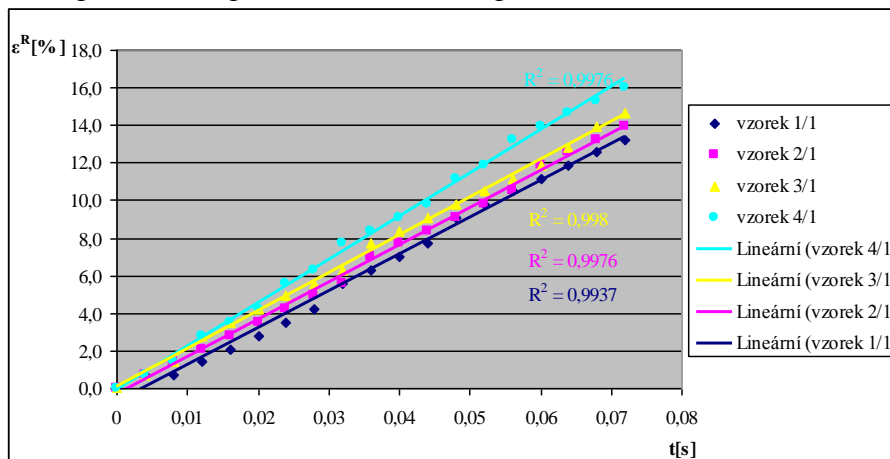
**Graf 2:** Poměrné prodloužení při přetrhu vzorku při rázovém a quasistatickém namáhání



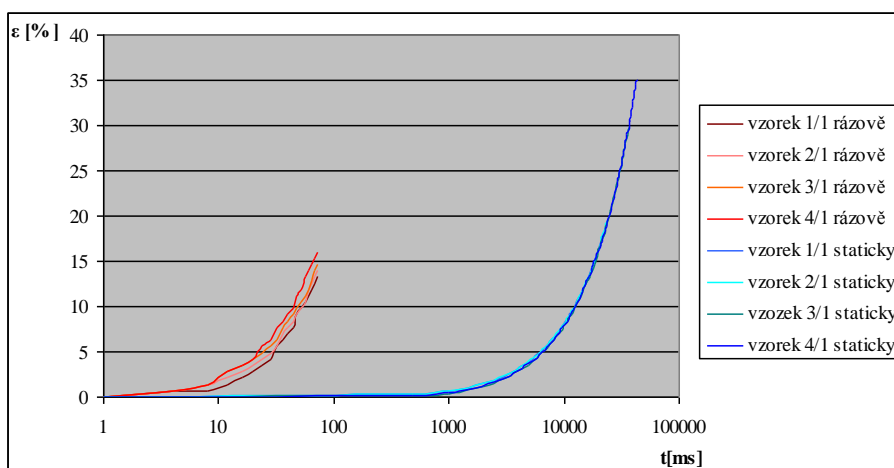
#### 4.9 Průběh deformace

Byl vyhodnocen průběh deformace vytypovaných vzorků a porovnán s průběhem deformace stejných vzorků při quasistatickém namáhání.

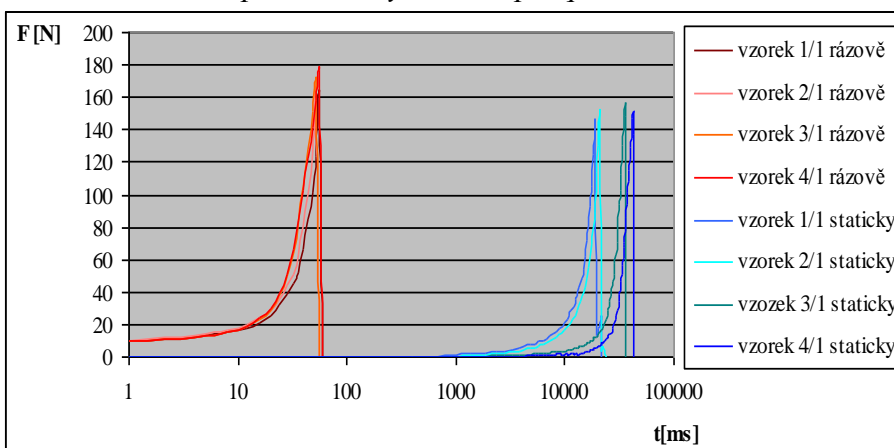
**Graf 3:** Závislost poměrného prodloužení na čase při rázovém namáhání



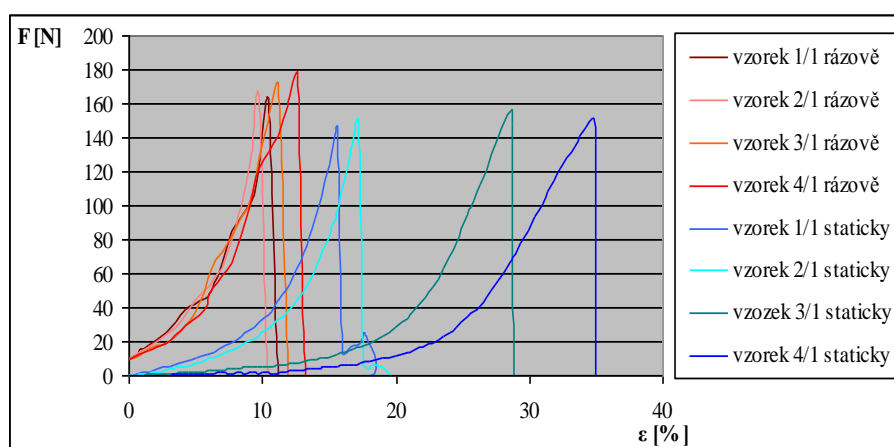
**Graf 4:** Porovnání závislosti poměrného prodloužení na čase při quasistatickém a rázovém namáhání



**Graf 5:** Porovnání závislosti působící síly na čase při quasistatickém a rázovém namáhání



**Graf 6:** Porovnání závislosti působící síly na prodloužení při quasistatickém a rázovém namáhání





## 5. Zhodnocení výsledků a nových poznatků

Práce přináší nové aktuální poznatky o mechanicko-fyzikálních vlastnostech spojů prospěšné především v oblasti výroby, testování a používání technických konfekcí.

Aktuálnost práce vyplývá z vysokých nároků na kvalitu výrobků technických konfekcí a to především nároků na pevnost spojů, jako jednu z nejdůležitějších vlastností spojů. Vysoké náklady na zkoušení již hotových výrobků vedou k potřebě řešit možnost stanovení pevnosti teoreticky či testováním vhodných vzorků na vhodném přístroji.

### Shrnutí výsledků práce:

- byly definovány hlavní mechanicko-fyzikální vlastnosti spojů – příčná pevnost a podélná tažnost – jako nejdůležitější funkční vlastnosti (práce též upozorňuje na rozdílnost vlastností a priority určování v závislosti na šitém materiálu)
- byla provedena teoretická analýza determinačních faktorů
  - byla provedena detailně, s ohledem na způsob vytváření spojů a především na způsob namáhání spojů při užívání výrobků
  - vliv způsobu namáhání je zohledněn ve dvou rovinách: vliv směru namáhání vůči struktuře a vliv rychlosti změny velikosti působících sil
  - předkládá ucelené informace o objektivních příčinách vlivu determinačních faktorů na výslednou pevnost švu
  - vysvětluje jednotlivé ovlivňující faktory, jakož i jejich interakce
  - umožňuje najít východiska a stanovit podstatné argumenty predikční funkce pro předvídání pevnosti švu, vede k zavedení koeficientu švu jako vstupního parametru pro predikci pevnosti spoje
  - odhaluje důležitost testování, speciálně potřebu testování v různých podmínkách působení akčních sil, zvláště pak dynamicky působících
  - ve svém důsledku umožní sladit parametry spoje, použitý šitý materiál, nitě, techniku a technologii zpracování
- byl předložen matematický model pro predikci pevnosti šitého spoje při quasistatickém namáhání jako funkční závislost reálně existujících proměnných
- byly experimentálně verifikovány koeficienty švu pro vybrané typy švů
- na základě doplňkového měření pevnosti nití v kličce a pevnosti nití po šití byly stanoveny orientační koeficienty
- byly experimentálně ověřeny změny mechanických charakteristik při změnách dílčích determinačních faktorů
- byla provedena aplikace algoritmu výpočtu modulů plošné napjatosti na oblasti švů, která ověřila jeho vhodnost k praktickému využití při jednoosém namáhání švů
- poprvé byly stanoveny moduly plošné napjatosti švu, umožňující charakterizovat odolnost švu vůči namáhání; byly konfrontovány moduly pro vytypované zástupce švů
- byly vymezeny teoretické podklady pro objasňování šíření rázu v nitích a plošných textiliích
- byl navržen a zkonstruován prototyp přístroje pro testování rázové pevnosti textilií a jejich švů imitující dynamické namáhání; umožňuje sledování dynamických charakteristik – deformační práce, maximální rázové síly i impulzu síly, event. relativního prodloužení

- byla vypracována metoda zkoušení rázové pevnosti švů, vhodná pro sledování pevnostních charakteristik švů v podmínkách dynamického namáhání
- byla provedena experimentální analýza součinitele dynamického působení z hlediska vlivu vstupních parametrů technologického vypracování spoje
- byla provedena experimentální analýza dynamických charakteristik švu – rázové pevnosti jako maximální rázové síly, impulzu síly a deformační práce – s cílem ověřit vliv polohy švu na výslednou pevnost
- byla provedena experimentální analýza deformace rázově namáhaného vzorku se švem – byla vyhodnocena maximální poměrná deformace a průběh deformace při rázovém působení síly, výsledky byly konfrontovány s deformací stejně provedených vzorků při quasistatickém namáhání

#### Přínos práce:

- pro vědní obor:
  - přínos v oblasti pedagogické jako podpora teorie tvorby stehů, švů a konfekcionování technických textilií – práce rozšířila poznatky týkající se vlastností spojů a jejich testování a položila základy pro další výzkumné řešení, které má připravit podmínky pro projektování spojů především technických konfekcí
  - teoretická analýza hraje důležitou roli při formulaci výsledného matematického modelu pro teoretickou predikci pevnosti
  - zavedením koeficientu švu lze teoreticky stanovit jeho skutečnou pevnost, která se stává významným kritériem pro projektování struktury spojů
  - prototyp přístroje pro testování rázové pevnosti textilií umožňuje experimentálně stanovit dynamické charakteristiky švu
- pro praxi:
  - přínos především pro zpracovatele technických textilií a výrobce technických konfekcí
  - poznatky analýzy determinačních faktorů mají zásadní význam při projektování spojů a umožňují stanovení optimální technologie jejich hotovení
  - predikční funkce pro teoretické stanovení pevnosti švu umožní nejen prognózu pevnosti, ale i spolehlivosti a zabezpečení funkčnosti spojů (vztah může být lehce využit)
  - výsledky experimentálních měření nachází uplatnění při stanovení pevnosti švu teoreticky, umožní předvídat chování spojů a snížit vysoké náklady na testování již hotových výrobků
  - realizace měřicího přístroje umožňuje ověřování rázové pevnosti; uplatní se v praxi výzkumu i výroby pro laboratorní testování; bude přínosem pro projektování konstrukce spojů namáhaných rázově

#### Předmět dalšího vývoje:

- Práce je syntézou současného stavu znalostí dané problematiky, ze které lze vycházet při dalším výzkumu v této oblasti.
- Složitost mechanického působení na komponenty spoje způsobuje, že model pro predikci quasistatické příčné pevnosti není univerzální, respektive není dostatečně přesný pro všechny spoje. Do pevnosti se promítá mnoho různorodých vlivů, které by

bylo vhodné podrobněji analyzovat. Například se zabývat možnostmi teoretického stanovení pevnosti přepřátovaných švů, kde na pevnost mají vliv i další faktory (míra sevření vrstev, tření mezi vrstvami apod.)

- Dále je třeba rozvíjet podmínky experimentálního ověřování rázové pevnosti švů, zdokonalit přístroj z hlediska ovladatelnosti, bezpečnosti a softwaru – řešit možnosti usnadnění vyhodnocování zkoušek, testování větších vzorků, návazně na požadavky technologie výroby technických konfekcí.
- Stávající normované zkušební metody pro experimentální stanovení pevnosti švu nepostihují problematiku vlivu způsobu namáhání ani z hlediska rychlosti změny velikosti síly ani z hlediska konečného efektu směru působící síly – na základě těchto skutečností je třeba hledat cesty k vytvoření normovaných metod měření.
- Náročný úkol představuje potřeba odhalit hlubší zákonitosti dynamických vlastností spojů a stanovit teoretické závislosti definující vlastnosti rázově namáhaných spojů – fyzikální podstata je příliš složitá, není přesně známá a popsána ani pro izotropní elastické materiály jednoduchých tvarů.

## 6. Práce autora se vztahem ke studované problematice

- [1] DOSEDĚLOVÁ, I. *Problematika technických konfekcí, charakteristiky spojů a jejich vlastností*, písemná práce ke zkoušce DS, TU v Liberci, 2004
- [2] DOSEDĚLOVÁ, I. Strength of the sewn seam – the prediction function, the influential factor. In *Structure and Structural Mechanics of Textile Fabric*. Technical University in Liberec, 2005. ISBN 80-7372-002-7.
- [3] DOSEDĚLOVÁ, I. Strength of the sewn seam in dependence on the method of strain, In *Structure and Structural Mechanics of Textile Fabric*. Technical University in Liberec, 2006. ISBN 80-7372-135-X.
- [4] DOSEDĚLOVÁ, I. Theoretical and experimental method for determination of sewn seam strength, In *6th TEXTILE SCIENCE*. Technical University in Liberec, 2007. ISBN 978-80-7372-207-4.
- [5] DOSEDĚLOVÁ, I. *Manuál pro použití laboratorního přístroje CHK/RMI16000*, TU v Liberci, 2008
- [6] DOSEDĚLOVÁ, I. *Analýza vlastností spojů technických konfekcí s ohledem na způsob zatěžování*, písemná práce ke SDZ, TU v Liberci, 2008
- [7] DOSEDĚLOVÁ, I. *Technical textiles processing*, výukové materiály pro kurz specialistů z JAR, TU v Liberci, 2009
- [8] DOSEDĚLOVÁ, I. Impact strength of sewn seam in dependence on seam location in product, In *Structure and Structural Mechanics of Textile Fabric*. Technical University in Liberec, 2009. ISBN 978-80-7372-542-6
- [9] DOSEDĚLOVÁ, I. Determination of sewn seam impact strength, In *9<sup>th</sup> International Scientific Conference New Trends in Technical Systems Operation*. Technical University in Košice, 2009. ISBN 978-80-553-0312-3.
- [10] DOSEDĚLOVÁ, I. Determination of sewn seam impact strength. In *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering*, Scientific supplement of Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering, Romania, Fascicule 4, 2009. ISSN: 1584-2665 [print], ISSN: 1584-2673 [CD-Rom].

## 7. Literatura

- [1] KUNZ, O. Konfekcionování technických textilií. *Problematika konfekcionování technických textilií*. KKV Prostějov, 2001.
- [2] HANUŠ, J. Oblasti využití technických textilií. *Problematika konfekcionování technických textilií*. KKV Prostějov, 2001.
- [3] PILLER, B.; LEVINSKÝ, O. *Malá encyklopedie textilních materiálů*. SNTL Praha, 1982.
- [4] MILITKÝ, J. *Textilní vlákna*. TU v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-644-X.
- [5] KUNZ, O. Speciální technologie výroby ochranných oděvů. *Ochranné oděvy II*. KKV Prostějov, 2002.
- [6] *Encyklopedia techniki*. Wydawnictwa naukowo-techniczne Warszawa, 1986. ISBN 83-204-0574-2.
- [7] *Norma ISO 4916:1982. Textiles; Seam types, Classification and terminology*, International Organization for Standardization, 1982.
- [8] *Norma ČSN ISO 4915:1991. Textilie; Druhy stehů, třídění a terminologie*, Český normalizační institut, 1993.
- [9] Červjakov, F., I.; Nikolaenko, A., A. *Švejnye mašiny*. Izdatelstvo Mašinostroenie Moskva, 1976.
- [10] Sindel, R. *Nähgarne für extrem belasteten Nähte*. AMANN, 1998.
- [11] Nahtquerfestigkeiten. *Die Naht – Nähtechnische Informationen von Gütermann*, 1986, Nr. 86, s. 6
- [12] KOŠKOVÁ, B.; KOŠEK, M. *Struktura a vlastnosti vláken*, VŠST Liberec, 1991.
- [13] STANĚK, J. *Nauka o textilních materiálech*, díl I, část 4, Vlastnosti délkových a plošných textilií. VŠST Liberec, 1988.
- [14] KUNZ, O. K problematice vlastností švů ve vztahu k vlastnostem šitého materiálu. *Informativní přehled*. VÚP Brno, 1979, č.1, s. 41
- [15] STŘÍŽ, B. *Mechanika textilií*, Část 1: Základy mechaniky kontinua, TU v Liberci, 2001. ISBN 80-7083-458-7.
- [16] STŘÍŽ, B. *Mechanika textilií*, Část 2: Aplikace mechaniky kontinua, TU v Liberci, 2003. ISBN 80-7083-692-X.
- [17] *Norma ČSN EN ISO 13935-1. Textilie, tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků – Část 1: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strib*. Český normalizační institut, Praha, 1999.
- [18] *Norma ČSN EN ISO 13935-2. Textilie, tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků – Část 2: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Grab*. Český normalizační institut, Praha, 1999.
- [19] *Technický normalizační příkaz TSO-C23d. Požadavky na osobní padákové komplety a jejich součásti*. Státní letecká inspekce, Praha, 1994.

- [20] *Norma DIN EN ISO 179-1. Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften – Teil 1: Nicht instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung.* Deutsches Institut für Normung, Berlin, 1997.
- [21] *Norma DIN EN ISO 179-2. Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften – Teil 2: Instrumentierte Schlagzähigkeitsprüfung.* Deutsches Institut für Normung, Berlin, 1997
- [22] *Norma DIN EN ISO 13802, Kunststoffe – Verifizierung von Pendelschlagwerken – Charpy-, Izod- und Schlagzugversuch.* Deutsches Institut für Normung, Berlin, 1997
- [23] *Norma ČSN 80 0893. Zkoušení textilních lan. Zkouška rázové odolnosti.* Český normalizační institut, Praha, 1990
- [24] BEGLAROVNA, K., G. *Issledovanie kinetiki razrušenija švejnych nitok*, Disertační práce, Moskovskaja gosudarstvennaja akademija legkoj promyšlennosti, Moskva 1993
- [25] PECH, J. *Dynamischen Belastung der Fäden beim Nähen.* AMANN, 1998
- [26] BAJER, J. *Mechanika 2.* UP v Olomouci, 2004. ISBN 80-244-0884-8.
- [27] PETERKA, F. *Úvod do kmitání mechanických soustav s vnitřními rázy.* Academia Praha, 1981.
- [28] BREPTA, R. *Rázy a vlny napětí v pevných a elastických tělesech.* ČVUT Praha, 1977.
- [29] BREPTA, R. *Vlny napětí a rázové jevy v lineárně elastických a viskoelastických prostředích,* TU v Liberci, 1997. ISBN 80-7083-228-2.
- [30] KARPÍŠEK, Z.; DRDLA, M. *Applied statistics*, text book, VUT Brno, 2007.
- [31] ANDĚL, J. *Matematická statistika.* SNTL Praha, 1978.
- [32] SOBOTKA, Z. *Reologie hmot a konstrukcí,* Academia Praha, 1981.
- [33] LENĎÁKOVÁ, K. *Studie namáhání textilie a švů u vysokoroztažných textilií jako anizotropních materiálů.* Bakalářská práce 346/06, Technická univerzita v Liberci, 2006.
- [34] VACULOVÁ, A. *Analýza pevnosti kevlarových a nomexových nití v kličce.* Bakalářská práce 396/07, Technická univerzita v Liberci, 2007.
- [35] MACHÁŇOVÁ, L. *Analýza vlivu poškození šicí nitě při šití na pevnost spoje technických textilií.* Bakalářská práce 285/04, Technická univerzita v Liberci, 2004
- [36] VESELÁ, J. *Analýza závislosti mechanických vlastností vzorku textilie a švu na způsobu upnutí do čelistí dynamometru.* Bakalářská práce 425/08, Technická univerzita v Liberci, 2008

## 8. Summary

This work deals with problems of the analysis of the theoretical knowledge and determination of the properties of sewn seams of the products, where the method of straining is necessary to take into account. The content of the work is divided into three main chapters.

Introductory chapter characterizes technical readymade products and its seams as an entity, which must fulfill high demands on quality.

Basic theoretical analysis of the mechanical-physical properties of the seams is done in the next chapter. Strength and stretchability of the seam is defined here as the basic functional property of the seam. Here is also done the analysis of determination factors, which determine mechanical-physical properties of the seam in the principal way while the seam is made or while the product is used. Knowledge of the determination factors will be the base for projecting of the seams – it means the choice of parameters of the material, choice of the sewn threads and choice of technology of the processing.

The next chapter deals with the determination of the mechanical characteristics, which describe the properties of the seams. The characteristics depend on the one from determination factors – on the method of straining. It is very necessary to take into account the method of acting force, direction of acting force and speed of change of magnitude of the force during the testing of the seams. This chapter is divided into two parts – one deals with determination of mechanical characteristics during quasistatic straining, second deals with determination of the mechanical characteristics at the impact straining. Each of these parts is divided into the area of theoretical determination and the area of experimental identification of the mechanical characteristics.

This work defines mathematical model for prediction of the strength of the sewn seam during quasistatic straining as linear function of strength of threads in a loop, coefficient of abrasion of thread, number of tied points on given length of the seam and coefficient of the seam. Coefficients of the seams for selected types of the seams are experimentally verified. Resistance of the seam against straining can be characterized also by determination of modules of areal state of stress, and it is the reason why the application of algorithm of calculation of modules of areal state of stress in the area of seams is done in this work. Next the theoretical bases are specified to clarify the spread of the impact in the threads and in the areal textiles.

Solving of the possibility of the laboratory testing of dynamical properties is one of the conditions of research, which deals with the properties of the seams in dynamical mode. The apparatus for measuring of these mechanical characteristics was projected and constructed and method for determination of impact strength was defined. Analysis of the impact coefficient, from the view of the initial parameters of technological processing of the seam, is done on the basis of the experimental measuring. Next experimental analysis of dynamical characteristics of the seam (impact strength as the maximal impact force, impulse of the force and deformation work) and experimental analysis of deformation of impact strained sample with the seam is done. Maximal relative deformation and the course of deformation at impact is evaluated. The results are confronted with deformation of the same samples which are strained quasistatically.



Vydala Textilní fakulta, Technické univerzity v Liberci  
jako interní publikaci pod pořadovým číslem  
DFT/1/2010 v počtu 20 výtisků