



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní

OPAKOVATELNOST A REPRODUKOVATELNOST VYBRANÝCH PŘÍSTROJŮ PRO MĚŘENÍ TERMOFYZIOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ

Diplomová práce

Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství
Studijní obor: 3106T011 – Textilní a oděvní technologie

Autor práce: **Bc. Katarína Huntošová**
Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.

Liberec 2015



REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY OF SELECTED INSTRUMENTS FOR MEASURING THERMO- PHYSIOLOGICAL PROPERTIES

Diploma thesis

Study programme: N3106 – Textile Engineering
Study branch: 3106T011 – Textile and clothing technology - Design of clothing product

Author: **Bc. Katarína Huntošová**
Supervisor: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Katarína Huntošová
Osobní číslo: T11000028
Studijní program: N3106 Textilní inženýrství
Studijní obor: Textilní a oděvní technologie
Název tématu: Opakovatelnost a reprodukovatelnost vybraných přístrojů pro měření termofyziologických vlastností
Zadávací katedra: Katedra oděvnictví

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte literární průzkum zaměřený na principy měření a predikce tepelné vodivosti textilií a metody jejího měření.
2. Stanovte základní parametry textilií, které určují jejich tepelnou vodivost, a vyberte reprezentativní vzorky vhodné pro porovnání vybraných přístrojů.
3. Navrhněte a realizujte experiment pro komplexní porovnání tepelné vodivosti zjištěné na vybraných přístrojích zahrnující i vliv operátora.
4. Proveďte komplexní statistickou analýzu dat a porovnejte výsledky s jednoduchou predikcí využívající výpočet celkové porózy.
5. Porovnejte jednotlivé přístroje z hlediska přesnosti, správnosti a nároků na realizaci měření.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- Song, G. Ed.: Improving comfort in clothing, Woodhead Publishing, Cambridge 2011
- Křemenáková D., Mishra R., Militký J. and Šesták J. eds.: Selected topics of textile and material science, Publishing House of WBU, Pilsen 2011, kap. 28
- Stark C., Fricke J.: Improved heat transfer models for fibrous insulations, Int. J. Heat Mass Transfer, 36, No. 3, pp. 617 -626, 1993, ISSN 0017-9310
- Saville B. P.: Physical testing of textiles, Woodhead Publishing, Cambridge 2011

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Konzultant diplomové práce: prof. Ing. Jiří Militký, CSc.

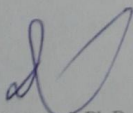
Katedra materiálového inženýrství

Ostatní konzultanti: doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

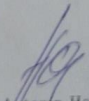
Katedra oděvnictví

Datum zadání diplomové práce: 1. listopadu 2012

Termín odevzdání diplomové práce: 27. května 2013


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2012

Technická univerzita v Liberci

Doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.

Katedra oděvnictví, FT

Studentská 2

461 17 Liberec


ŽÁDOST

Žádám o prodloužení termínu odevzdání diplomové práce do: červenec 2015

Název diplomové práce: Opakovatelnost a reprodukovatelnost vybraných přístrojů pro měření termofyziologických vlastností

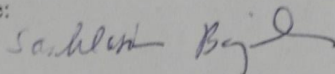
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Vladimír Bajžík, Ph.D

Jméno, příjmení a adresa žadatele: Katarína Huntošová, Stankovany 97, 034 92

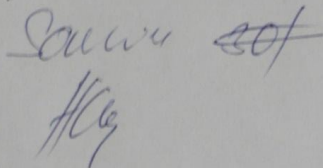
Podpis žadatele: 

Datum podání žádosti: 20.5.2013

Vyjádření vedoucího práce:



Vyjádření vedoucího katedry:



Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem pod'akovanie pánovi Ing. Vladimírovi Bajzíkovi, Ph.D. za ochotný prístup pri konzultáciách čo sa týka odbornej aj obsahovej formy práce, tiež za pomoc a venovaný čas pri vykonaní praktickej časti diplomovej práce. Taktiež pánovi profesorovi Ing. Jiřímu Militkému, CSc. za pomoc, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce. Pod'akovanie patrí tiež pani Ing. Ivete Vyskočilovej, ktorá si našla čas a stala sa tak súčasťou experimentu ako operátorka.

A v neposlednom rade moje veľké ďakujem patrí mojej rodine a známym za materiálnu aj psychickú podporu a povzbudenie počas celého štúdia.

Abstrakt

Diplomová práca sa venuje princípom merania a základnou predpoveďou tepelnej vodivosti textílií. V práci sú charakterizované základné informácie súvisiace s vedením tepla textíliou, s prestupom tepla z jedného textilného materiálu do iného textilného materiálu a informácie súvisiace s termofyziologickým komfortom, ktorý je dôležitý hlavne pri odevoch. Značná časť práce pojednáva o vlastnostiach textilných materiálov, ktoré priamo ovplyvňujú vedenie tepla a tepelnoizolačné vlastnosti. Kľúčové sú metódy merania a následné vyhodnotenie údajov k získaniu potrebného výsledku. V práci nájdeme detailný postup štatistického vyhodnocovania metódou Opakovateľnosti & Reprodukovateľnosti, ktorú sme ďalej aplikovali na náš experiment. Praktická časť práce zahŕňa tiež stručné informácie o štatistickej metóde ANOVA. Cieľom diplomovej práce bolo otestovať vybrané vzorky rôzneho materiálového zloženia na prístroji Alambeta a na prístroji TexTest 3300, uplatniť štatistické metódy k získaniu potrebných výsledkov, následne ich porovnať a určiť faktory ovplyvňujúce prípadnú variabilitu medzi samotnými vzorkami a meranými atribútmi.

Abstract

This diploma thesis addresses a fundamental principle of measurement and prediction of thermal conductivity of textiles. The work is characterized by basic information related to the heat conduction cloth with heat transfer from one material to another textile material and information related to the thermo-physiological comfort, which is important especially for clothes. A significant part of the work deals with the properties of textile materials, which directly affect the heat conduction and thermal properties. Key measurement methods and subsequent evaluation of data for obtaining the results. In this work we find a detailed procedure for the statistical evaluation method repeatability & reproducibility, we also applied our experiment. The practical part also includes brief information on the statistical method ANOVA. The aim of this thesis was to test selected samples of different material composition of the device and the device Alambeta and TexTest 3300, to apply statistical methods for obtaining the results, then compare them and determine the factors affecting the potential variability between samples themselves and measured attributes.

Kľúčové slová:

- Tepelnoizolačné vlastnosti
- Tepelná vodivosť
- Termofyziologický komfort
- Prístroj Alambeta
- Prístroj TexTest 3300
- Opakovateľnosť
- Reprodukovateľnosť
- Štatistická metóda R&R
- Štatistická metóda ANOVA
- Analýza systému merania
- Analýza rozptylu

Key words:

- Thermal insulation properties
- Thermal conductivity
- Thermo-physiological comfort
- Device Alambeta
- Device TexTest 3300
- Repeatability
- Reproducibility
- Statistical method R&R
- Statistical method ANOVA
- Analysis of measurement system
- Analysis of variance

Zoznam použitých symbolov:

Symbol	definícia	jednotky
A	Plocha textílie	[m ²]
A₂	Koeficient	-
B	Tepelná jímavosť	[Ws ^{1/2} /m ² K ⁻¹]
C_P	Tepelná kapacita	[J kg ⁻¹ K ⁻¹]
D	Priemer priadze	[mm]
D₃; D₄	Koeficienty	-
D₀	Dostava osnovy	[ks/10cm]
D_ú	Dostava útku	[ks/10cm]
D_s	Substančný priemer	[mm]
E	Modul pružnosti	-
H	Integrálne sorpčné teplo	[J/g vlákna]
H_{op}	Počet operátorov	[ks]
I	Moment zotrvačnosti	kg m ²
L	Hrúbka textílie	[m]
L_o	Dĺžka tkaniny pre L _o	[mm]
L_ú	Dĺžka tkaniny pre L _ú	[mm]
M	Počet opakovaní	[ks]
P	Elektrický príkon	[W]
P_h	Hustota vlákna (merná hmotnosť)	Kg.m ⁻³
P_o	Počet osnovných nití	[ks]
P_n	Časť obvodu na hranici kvapaliny v ryhe	[mm]
P_ú	Počet útkových nití	[ks]
P_V	Variabilnosť medzi vzorkami	-
P_w	Obvod zmočenej ryhy	[mm]
Q	Diferenciálne sorpčné teplo	[J/g vody]
Q_{pr}	Množstvo prevedeného tepla	[J]
R	Plošný odpor vedenia tepla	[W ⁻¹ K.m ²]
\bar{R}	Priemer variačného rozpätia	-
$\bar{\bar{R}}$	Úroveň centrálnej priamky	-
RH	Relatívna vlhkosť vzduchu	[%]
R_{ij}	Variačné rozpätie	-
R_{ks}	Počet kusov	[sk]
R_o	Variačné rozpätie priemerov	-
R_p	Variačné rozpätie priemerov jednotl. vz.	-
S	Plocha priečného rezu vlákna	m ² .kg ⁻¹
T	Čas	[s]
T_g	Teplota zosklenia	[°C]
T_M	Teplota topenia	[°C]
TV	Celková variabilnosť	-

ÚCL	Horná regulačná medz	-
LCL	Dolná regulačná medz	-
V	Objem vlákien	[mm ³]
V_c	Objem celkový	[mm ³]
V_p	Veľkosť pórov	[mm ³]
Z	Zákrut priadze	-
Z_o	Zotkanie osnovy	[%]
Z_ú	Zotkanie útku	[%]
d₂[*]	Koeficient	-
h	Hrúbka vzorky	[mm]
q	Tepelný tok	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
t	Jemnosť vlákna	[g/km]
%EV	Opakovateľnosť	[%]
%AV	Reprodukovateľnosť	[%]
%R&R	Opakovateľnosť&Reprodukovateľnosť	[%]
%PV	Variabilnosť	[%]
Λ	Tepelná vodivosť	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Φ	Relatívna vlhkosť vzduchu	[%]
Γ	Povrchová energia	[Nm ⁻¹]
Γ_{sl}	Napätie medzi vláknom a kvapalinou	[Nm ⁻¹]
Γ_{sv}	Napätie medzi vláknom a vzduchom	[Nm ⁻¹]
Γ_{lv}	Napätie medzi kvapalinou a vzduchom	[Nm ⁻¹]
Σ_m	Smerodajná odchýlka merania	-
Σ_e	Smerodajná odchýlka meradla	-
Σ_o	Smerodajná odchýlka operátora	-
Σ_{rep}	Smerodajná odchýlka reproduk.	-
Σ_r	Smerodaj. odchýlka opakovateľnosti	-
Ψ	Pórozita	[%]
μ	Zaplnenie priadze	(0;1)
μ_{lim}	Limitné zaplnenie	0,907
Θ	Zmáčací uhol	0-90°
ΔT	Rozdiel teplôt dvoch povrchov	[K]

OBSAH

Úvod	11
1 Komfort	12
2 Parametre určujúce tepelnú vodivosť textílií	17
2.1 Vlastnosti vlákien.....	17
2.2 Štruktúra priadze.....	23
2.3 Vlastnosti tkanín.....	26
2.4 Vlastnosti ostatných textílií.....	28
3 Analýza meracích mechanizmov	29
4 Metóda R&R	32
4.1 Štatistické vyhodnotenie R&R.....	38
5 ANOVA	39
6 Prístroje zvolené k experimentu	41
7 Experimentálna časť	43
7.1 Charakteristika testovaných vzoriek.....	43
7.2 Príprava vzoriek, meranie, zhodnotenie.....	45
7.3 Štatistické vyhodnotenie ANOVA.....	50
8 Záver	53
Zoznam použitej literatúry	55

Úvod

V dnešnej dobe sa na kvalitu a inováciu materiálov kladie čoraz väčší dôraz. Jednak pre vysokú konkurenciu a tiež pre potreby čím viac náročných zákazníkov, ktorí majú radi komfort a kvalitu. Metrológie na testovanie sú rôzne, k dispozícii je množstvo rozličných typov meracích prístrojov a tiež štatistických metód na ďalšie spracovanie a vyhodnotenie údajov k získaniu konečného výsledku.

Táto práca v úvode pojednáva o vlastnostiach textilných materiálov, ktoré priamo aj nepriamo vplyvajú na ich tepelnoizolačné vlastnosti. Ďalej sa v práci dozvieme dôležité informácie ohľadne termofyziologického komfortu, ktorý úzko súvisí aj s tepelnoizolačnými vlastnosťami dôležitými pri odevoch.

V tejto práci sa zameriame na kvalitu vzoriek rozličného materiálového zloženia, prevažne určené na ochranné odevy a ochranné pomôcky hasičov od spoločnosti VOCHOC. Využijeme prístroje dostupné na Technickej univerzite v Liberci, ktoré sú schopné merať tepelnoizolačné vlastnosti a prevedieme porovnanie štatistických metód použitých k vyhodnoteniu. Prístroj ALAMBETA je schopný merať tepelnú vodivosť, tepelnú jímavosť, hrúbku materiálu a prístroj TexTest 3300 je schopný merať priedušnosť testovanej textilie nedeštrukčným spôsobom.

Cieľom práce je vyhodnotiť spôsobilosť meracích systémov, návrh na ideálne podmienky merania a testovania a zistenie príčiny variability meraní. V závere sa teda môžeme pozrieť na výsledky a porovnanie dvoch významných štatistických metód a to metódu R&R a metódu ANOVA.

1 Komfort

Komfort je určitá potreba organizmu. Je to stav pohody a pohodlia spojený s dostatkom. Fyziologické funkcie organizmu nepocitujú z okolia žiadne nepriaznivé vnemy vnímané zmyslami. Organizmus necíti nadmerné teplo ani nadmerný chlad a je schopný v takomto stave pracovať a naplno fungovať. Pre vnímanie komfortu slúžia takmer všetky ľudské zmysly a to hlavne hmatový, zrakový, sluchový a čuchový. Chuťové zmysly v tomto prípade nemajú žiadnu rolu. [1]

Opakom komfortu je diskomfort. Nastáva v prípade vyššej pracovnej záťaže, či pri nevhodne vlhkej klíme kedy sa organizmus prehrieva, alebo pri nízkom pracovnom zaťažení kedy organizmus pociťuje skôr chlad. [1]

Nie každý človek má pre dokonalý komfort rovnaké požiadavky a z tohto hľadiska sa populácia delí na určité skupiny. Špecifické podmienky pre komfort potrebujú novorodiatka a malé deti, dlhodobo chorí ľudia alebo ľudia pokročilého veku. Do mimoriadnej skupiny patria lekári, chemici, požiarnici, záchranári,... skrátka ľudia nosiaci špeciálne ochranné odevy. Zvyšok ľudstva sa pohybuje v primeraných podmienkach pre optimálny komfort, ktorý si už každý môže prispôbiť, vyregulovať vhodným odevom. [1]

- Komfort sa delí na
- psychologický
 - senzorický
 - termofyziologický
 - patofyziologický

Psychologický komfort

Je z klimatického hľadiska veľmi dôležité brať na zreteľ klimatické podmienky dané geografickou polohou. Ekonomický pohľad na psychologický komfort zohľadňuje výrobné prostriedky, úroveň technológie, politický systém a podobne. Je známe, že človek má radšej materiály vyrobené z prírodných vlákien, nakoľko sú príjemnejšie. Taktiež majú sklon k prírodným motívom a tak postupne vzniká tradícia a teda podskupina psychologického komfortu z historického hľadiska. Z kultúrneho hľadiska sa pozeráme na komfort ovplyvnený rôznymi zvykmi a náboženstvami rozličných zemí a kultúr. Dôležitá je podskupina sociálneho aspektu, kde sa venuje pozornosť hlavne vzdelaniu, veku a sociálnemu postaveniu. Vysoké postavenie v príslušnom zaradení špecifikovaný iným odevom (napr. v armáde), môže

kompensovať slabý termofyziologický komfort. Módne vplyvy, farby, trendy a osobné požiadavky už spadajú pod módne návrhárstvo. [1]

Senzorický komfort

Ide o pocity človeka pri priamom kontakte pokožky s textíliou. Môže ísť o príjemné (mäkkosť,...) alebo nepríjemné (škrabanie,...) pocity.

Metódy hodnotenia senzorického komfortu:

- metóda hodnotenia splývavosti pomocou uhlu splývavosti
- objektívne hodnotenie senzorického komfortu
- hodnotenie omaku pomocou systému KES
- „snake“ diagramy
- hodnotenie tepelného omaku

Pri hodnotení tepelného omaku môžeme použiť dva prístroje:

Thermo – Labo

Ide o prvý prístroj schopný merať tepelný omak textílií. Spôsob merania je založený na prikladaní predhriateho medeného telesa s hrúbkou 1mm na skúšanú textíliu. Textilná vzorka je položená na nádobe s konštantnou teplotou. Zadná strana telieska je tepelne izolovaná tvrdou polyesterovou penou. U tohto prístroja bol za objektívny parameter zvolený maximálny tepelný tok $q(\max)$ [$Wm^{-2}K^{-1}$]. Nevýhodou je však zložité matematické spracovanie nameraných hodnôt a zdĺhavé meranie. [1]

Alambeta

Prístroj vyvinutý Hesom a Doležalom je schopný merať okrem stacionárnych tepelno–izolačných vlastností (tepelná vodivosť, tepelný odpor) aj dynamické (tepelný tok, tepelná jímavosť). Je to počítačom riadený poloautomatický prístroj, ktorý je schopný po nameraní potrebných hodnôt ich štatisticky vyhodnotiť a tiež má zabudovaný program zabraňujúci chybným meraniam. Za objektívny parameter tepelného omaku bola zvolená tepelná jímavosť b [$Ws^{1/2}/m^2K^{-1}$]. Viac o prístroji Alambeta sa dozvieme v kapitole č. 6. [1]

Patofyziologický komfort

Je to komfort, pri ktorom sa berie na zreteľ hlavne toxická povaha textílie. Skúma pôsobenie úprav textílie – chemických substancií nachádzajúcich sa v textílii a mikroorganizmov na pokožke. Pôsobenie spomenutých dejov je závislé na odolnosti

človeka individuálne. Nepriaznivé pôsobenie nekvalitnej, nevhodnej textílie môže vyvolať napríklad kožné ochorenie (alergie,...). [1] [2]

Termofyziologický komfort

Jeho súčasťou je termoregulácia - dispozícia organizmu udržiavať si potrebnú teplotu aj napriek vplyvom okolia, ktoré môže teplo predávať aj prijímať. Ľudský organizmus je teda inteligentný samoregulačný systém udržiavajúci potrebnú vnútornú teplotu cca 37°C s toleranciou $\pm 4^\circ\text{C}$. Pri termoregulácii prebiehajú metabolické premeny, na základe ktorých existuje chemická termoregulácia (vytvára teplo) a fyzikálna termoregulácia (vydáva teplo).

Medzi človekom a okolím sa môže teplo prenášať tromi spôsobmi a to kondukciou teda vedením, konvekciou teda prúdením a radiáciou teda žiarením. Odvod plynnej vlhkosti z povrchu ľudského tela môže byť prenášaná taktiež vedením a prúdením. Termofyziologický komfort sa dá dosiahnuť len pokiaľ relatívna vlhkosť vzduchu ϕ [%] nepresahuje hranicu 90%. Ľudský organizmus však produkuje aj vodu v podobe potu. Pri voľnom povrchu pokožky k okoliu postačuje k odpareniu len dostatočný rozdiel parciálnych tlakov pary. V miestach kde je pokožka zakrytá oblečením sa pot odparuje zložitejšie. Prestup vlhkosti potom prebieha difúziou (prostredníctvom pórov), sorpciou (vniknutie potu do neusporiadaných molekulových štruktúr vo vlákne a potom jeho naviazanie na hydrofilné skupiny), alebo kapilárne (pot sa vpije do plochy textílie). Všetky tri spomenuté transporty vlhkosti prebiehajú súčasne. Pri termofyziologickom komforte je dôležitá aj vlhkosť jímavosť. Hodnotí sa tepelný kontakt a vnem suchej textílie a vlhkej pokožky, ktorá sa dá presvedčivo nasimulovať zvlhčeným úpletom COOLMAX-FC 205. [3]

Spomenutý komfort sa dá hodnotiť dvomi spôsobmi a to za pomoci prístrojov, tieto prístroje sú schopné veľmi dobre charakterizovať potrebný fyzikálny dej. Druhý spôsob je meranie prestupu vlhkosti a tepla pri vhodne vytvorených podmienkach napodobujúcich fyziologický systém ľudského tela. V súčasnosti je väčšinou používaný druhý princíp merania, nakoľko je schopný presnejších výsledkov. [4]

Gravimetrická metóda

Pri tejto metóde sú potrebné vzorky kruhového tvaru, ktoré sa upevnia na miskú so silikagelom. Misky so vzorkami sa zväžia a potom sa uložia na šesť hodín do klimatizačnej komory. Po šiestich hodinách sa opäť zväžia a vypočíta sa relatívna priepustnosť. Táto metóda je však nevýhodná pre slabú presnosť nameraných hodnôt a taktiež pre zdĺhavosť

merania. Na podobnom princípe bola používaná aj metóda DREO. Dnes sú už tieto metódy nahradené. [1]

SKIN model

Hlavnou časťou prístroja je zvlhčovaná a vyhrievaná porózna podložka, ktorá presvedčivo napodobňuje ľudskú pokožku. Zabezpečuje simuláciu prechodu tepla, ku ktorému dochádza medzi kožou a jej okolím. Toto merania sa môže uskutočňovať samostatne alebo pri meniacich sa podmienkach, to znamená, že sa môže meniť relatívna vlhkosť, teplota a tiež rýchlosť prúdiaceho vzduchu. Výsledné hodnoty tak môžu zodpovedať rôznym premenlivým aj ustáleným podmienkam nosenia odevu. [1]

PERMETEST

Permetest funguje na podobnom princípe ako SKIN model. Meria tepelný tok q prechádzajúci modelom ľudskej pokožky. Povrch tejto „umelej“ pokožky je porézny a zvlhčuje sa. Týmto spôsobom sa napodobňuje ochladzovanie organizmu potením. Skúšaná vzorka je na tento povrch položená cez oddeľovaciu fóliu a vonkajšia strana meranej vzorky je ešte ofukovaná. [4] K novým spôsobom hodnotenia tepelného komfortu patrí:

Potiacie torzo

Je to valec veľký približne ako trup človeka. Vlastnosti materiálov, z ktorých sú jednotlivé vrstvy torza, sú použité tak aby sa čo najviac približovali vlastnostiam vrstiev ľudského tela. Ide o vrstvy ako je pokožka, podkožie, tuková vrstva a samozrejme jadro. Konkrétne ide o materiály: kompaktný teflón, polyetylén, polyamid a hliník. Pre dosiahnutie teploty torza zrovnateľnej s teplotou ľudského tela sa valec napúšťa vhodne vodou a ďalej je vyhrievaný zahrievacími fóliami. Tento prístroj je vybavený 36-timi tryskami, ktoré simulujú ľudský pot. Po vyhriatí každej vrstvy torza na potrebnú teplotu sa na prístroj umiestňuje 20 čidiel. Aby jednotlivé vrstvy zbytočne nestrácali teplotu, celý prístroj je obklopený tepelnými panelmi. Torzo je umiestnené na citlivých váhach aby sa dalo určiť množstvo vody, ktorá sa počas skúšania odparí a skondenzuje. Opísané potiacie torzo je počas skúšky vložené do klimatickej komory s prúdom vzduchu 2m/s. Skúšané vzorky sa prikladajú na valec. Celý takto pripravený systém sa uzatvára vonkajším plášťom. Nádrž s vodou, za pomoci ktorej sa simuluje pot človeka je postavená vedľa klimatickej komory. Testy za pomoci potiacieho torza sa prevádzajú pri dvoch rôznych zaťaženiach a to 350W a 500W. Pri 500W skúška prebieha v piatich etapách – 1. suchá tepelná izolácia, 2. vysoká aktivita s uvoľňovaním potu, 3. odpočinok, 4. opäť vysoká aktivita s uvoľňovaním potu, 5. odpočinok a sušenie. [1]

Tepelný manekýn

Podobne ako potiacce torzo aj figurína, tzv. tepelný manekýn spĺňa všetky potrebné vlastnosti na dokonalé napodobenie ľudskej pokožky. Výhodou oproti potiacemu torzu má tepelný manekýn v tom, že je schopný obmedzeného pohybu. Po celej figuríne je rozmiestnených až sedemnášť tepelných častí na sebe nezávislých, ktoré sú schopné pomocou počítača udržiavať svoje teploty na priemernej hladine, čo robí cca 33°C, taktiež sú schopné presne merať elektrický príkon P [W]. Elektrický príkon je potrebný na čo najpresnejšie určenie rozdelenia tepla v tele človeka. Ďalej počítač vyhodnotí úrovne tepelného toku q neoblečeného manekýna a v druhom kroku tepelný tok oblečeného manekýna. Na záver sa počíta rozdiel medzi nameranými hodnotami. Na meranie vplyvu vzduchových medzier na tepelný odpor bola odporučená ALAMBETA. Dokáže určiť súčet hodnôt tepelných odporov navrstvených viacerých odevov. [1]

Bioklimatická komora

Tento princíp merania umožňuje simuláciu vhodných klimatických podmienok vo veľmi širokom rozsahu. Na výpočtový systém sú napojené čidlá, snímače teploty, dychu,... pomocou ktorých sa snímajú potrebné parametre. Tieto prístroje sú vlastne uzatvorené komory s nastaviteľným vyhrievaním stien a s prívodom vzduchu určitej teploty a vlhkosti. Teplota v komore sa môže pohybovať v rozmedzí -50°C až +60°C. V bioklimatickej komore je možné vykonávať skúšky na tepelných manekýnoch ale aj na živých ľuďoch. [1]

V prípade kedy nie je potrebné mať vzorku s konkrétnymi rozmermi, ale je možné merať určité vlastnosti priamo na hotovom výrobku, hovoríme o nedeštrukčných testovaniach textilných materiálov. Tým sa stáva meranie menej nákladné, čo je samozrejme v každom prípade veľkou výhodou. Takýmto prístrojom je napríklad FX 300 – prístroj na meranie priedušnosti. Princípom je vytvorenie tlakového rozdielu medzi povrchmi testovanej vzorky a skúmanie takto vytvoreného priechodu vzduchu najčastejšie pri 100Pa. Testovaná plocha má rozlohu 5 alebo 20cm². [1]

2 Parametre určujúce tepelnú vodivosť textílií

2.1 Vlastnosti vlákien

Množstvo druhov vlákien aj vláknových štruktúr bolo už pred stovkami rokov používaných v rôznych technických aplikáciách pre ich výhodné vlastnosti. Vlastnosti vlákien použitých na výrobu plošných textílií ovplyvňujú celý rad výsledných vlastností konečnej textílie. Tieto vlastnosti sú úzko spojené s chemickým zložením vlákna a so spôsobom výroby vlákna. Detailnejšie opisujú úžitkové vlastnosti textílie, jej spracovateľnosť a životnosť. Vlastnosti vlákien, ktoré ovplyvňujú ich následné použitie môžeme rozdeliť do niekoľkých tzv. podskupín. V tejto práci bližšie spomenieme napríklad geometrické, termické a povrchové vlastnosti, pretože najviac súvisia s tepelnoizolačnými vlastnosťami konečných výrobkov. [5]

Ku **geometrickým vlastnostiam** patrí ohybnosť vlákna, je hlavnou charakteristikou, nakoľko umožňuje formovanie priadzí. Je závislá na module pružnosti **E** na momente zotrvačnosti **I**. Logicky vyplýva, že pri vyššom module pružnosti bude potrebné použiť menší priemer vlákna, ak chceme zachovať dostatočnú ohybnosť. Hrúbka vlákien sa v textilnom priemysle vyjadruje jemnosťou **T** [tex]. Ide o vzťah hmotnosti vlákna na jednotku dĺžky vlákna [g/km]. (1). [5]

$$T = \frac{m}{l} \quad (1)$$

Rovnaká hodnota jemnosti **T** u rôznych vlákien nezabezpečuje aj rovnaký priemer a hustotu vlákien. Čím má vlákno vyššiu jemnosť a členitejší povrch, tým sa zvyšuje aj jeho merný povrch, čo je výhodou pre výrobu hydrofóbných vlákien s prirodzeným zmáčaním. Spomenuté vlákna majú hlboko ryhovaný povrch po celej svojej dĺžke, vďaka ryhám prebieha na vlákne transport kvapaliny. Spontánne zmáčanie môžeme vyjadriť vzťahom (2). [5]

$$SZ = \frac{P_w}{P_n} * \cos \theta < 1 \quad (2)$$

V prípade, že hodnota $SZ = 1$, znamená to, že nedochádza k pohybu kvapaliny a v prípade $SZ > 1$ neprebíha zmáčanie. Práve vďaka týmto úvahám sa neskôr navrhol napríklad tvar vlákna H, ako vidíme na obrázku č. 1, tak aby boli schopné spontánneho zmáčania. [3]



Obr. č.1: profil schopné spontánneho zmáčania [3]

Profil H má výborné zmáčacie schopnosti. Tieto funkčné vlákna sa vyrábajú z rôznych vláknotvorných polymérov. Priadze z nich vytvorené sa používajú na tvorbu filtračných textílií, geotextílií a s obľubou aj zvukovo a tepelnoizolačné materiály. Jemnosť vlákien ovplyvňuje tiež hustotu a kapilaritu priadze. [3]

Tvarom priečneho rezu sa ovplyvňuje okrem sorpčných a tepelnoizolačných vlastností aj omak, objemnosť priadze, lesk, tuhosť,... [3]

Neodmysliteľné sú **sorpčné vlastnosti**. Pokiaľ sú vlákna v prostredí, ktoré obsahuje častice iných látok, napríklad vody, vodnej pary, prachu,... dochádza k určitým procesom. Ide o adsorpciu, difúziu a transport cez vlákna. Tieto procesy sú ovplyvnené elektrostatickým priťahovaním. [3]

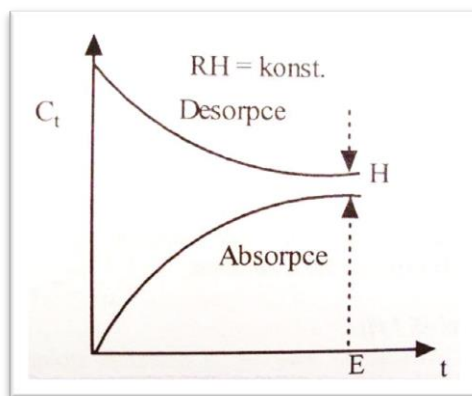
Difúzia častíc prostredím k vláknám je veľmi rýchly proces a tak nepôsobí na kinetiku deja. Adsorpcia na povrchu vlákien môže byť lokalizovaná (chemická) alebo nelokalizovaná (fyzikálna). Od množstva častíc závisí ako hlboko do vlákna preniknú. Vo väčšine prípadov však ide len o čiastočné vniknutie. Difúzia hmotou vlákien je dej, kedy sa častice dostávajú už priamo do štruktúry vlákien. V nejednom prípade takto vniknuté penetranty vytvoria väzbu s vláknom a ďalšieho transportu sa už nezúčastňujú, zostávajú vo vlákne. Ďalším procesom je desorpcia molekúl penetrantov z vlákien naspäť do okolia. Takže z poznatkov vyplýva, že molekuly rôznych penetrantov sa môžu usadiť na povrchu vlákna, môžu sa dostať do štruktúry vlákna, alebo sa cez vlákna len pretransportovať na druhú stranu. Spomenuté deje prebiehajú väčšinou súčasne, preto ich jednotlivé pozorovanie vyžaduje špeciálne podmienky pre experimenty. [3]

Pokiaľ je vlákno v styku s kvapalinou len čiastočne dochádza k zmáčaniu. Je to dej kedy dochádza k energetickej rovnováhe medzi vláknom, kvapalinou a okolitým vzduchom. Pokiaľ ide o vláknové zväzky nastáva vzlianie kapilárnym prechodom v póroch medzi jednotlivými vláknami. Súvisí s energetickou rovnováhou aj s geometriou zväzku. Tieto procesy ďalej ovplyvňujú prípravu kompozit, zušľacht'ovacie procesy a postupy výroby napríklad netkaných textílií. Vo väčšine prípadoch sa pokladá za výhodu afinita k vode, teda keď sú vlákna hydrofilné. Sú to vlákna prírodné alebo syntetické s hydrofilnými skupinami. V niektorých situáciách sú však vhodné aj vlákna hydrofóbne, ktoré nedokážu vodu transportovať. Na takýchto zväzkoch sa voda viaže prostredníctvom mikropórov a prasklín. Keď berieme do úvahy použitie vlákien sorpcia je ďalej podmienená existenciu určitých sorpčných miest, ich prístupnosťou a druhotným vznikom týchto centier. [3]

Rovnovážna sorpcia

Informácie o adsorpčných spojnic miest s rovnakou teplotou sa získavajú sledovaním závislosti medzi množstvom penetrantov v okolí vlákna a množstvom penetrantov na povrchu prípadne vo vlákne v momente rovnováhy, kedy sa ustálilo rozdelenie penetrantov. Tieto experimentálne skúšky sa vykonávajú pri konštantnej teplote. V bežných situáciách sa stáva, že na jedno väzné miesto sa ukladá viac častíc (molekúl) a tak vzniká viacvrstvová adsorpcia. V mnoho prípadoch sa nedá oddeliť povrchová adsorpcia od absorpcie. Špeciálnu pozornosť si však vyžadujú sorpcia vody a vodných pár, nakoľko úzko súvisia okrem spracovateľských vlastností aj s vlastnosťami fyziologickými. Pozorovaním rovnomernej absorpcie vodných pár sa vytvárajú absorpčné a desorpčné izotermy. [3]

Pri vytváraní rovnomerných absorpčných izoteriem sa zohľadňujú pokusy kedy sa pri konštantnej relatívnej vlhkosti ovzdušia RH pozoruje koncentrácia vodnej pary vo vláknach počas určitého času. Môže sa začať suchým vláknom, ktoré sa postupne zvlhčuje (absorpcia), alebo od mokrého vlákna, ktoré sa postupne vysušuje (desorpcia). Krivky sú schématicky zobrazené na obrázku č. 2. [3]



Obr. č. 2: Kinetika absorpcie a desorpcie vlhkosti [3]

Problémom však je dlhotrvajúce ustalo vanie rovnováhy. Pri jednom vlákne to trvá niekoľko minút, tento čas sa pri ustalo vaní zväzkov samozrejme predlžuje. Nepriaznivý účinok má aj teplo, ktoré sa počas absorpcie uvoľňuje a je spojené s bobtnaním vlákien. Pri obvykle bežných teplotách sa ustalo vanie predlži aj na viac ako 24 hodín. Rozdiel medzi absorpčnou a desorpčnou izotermou pri určitej RH vyjadruje tzv. hysterezia. K hysterezii môže dôjsť aj ak má vlákno póry otvorené na obidve strany. Užitočný význam má pri požadovaní minimálnej či maximálnej vlhkosti vlákien za splnení určitej vlhkosti ovzdušia. [3]

Zmäčanie a kapilarita

Pre praktické použitie textílií je potrebné pozorovať vzájomné pôsobenie vlákien s vodou. Okrem sorpcie sa tu vytvára aj viazanie vodných molekúl kapilárnymi silami. Obsah kapilárne viazanej vody je mnohonásobne vyšší než obsah vody viazanej sorpciou. Na prejedenie molekuly vody z vnútra vlákna na povrch treba energiu, ktorá prekoná kohézne príťažlivé sily. Kvapaliny obsadzujú minimálnu časť povrchu. K zväčšeniu ich povrchu je potrebná práca rovnajúca sa povrchovej energii γ [Nm^{-1}]. Povrchová energia musí byť hodnotou rovná povrchovému napätiu. Rozdiel medzi vnútorným a vonkajším tlakom Δp guľatej kvapky s polomerom r je daný Laplaceovým tlakom (3).

$$\Delta p = \frac{2 \cdot \gamma}{r} \quad (3)$$

Pokiaľ ostáva kvapka vody na povrchu vlákna, vytvárajú sa až tri rôzne povrchové napätia a to napätie medzi vláknom a kvapalinou γ_{sl} , vláknom a vzduchom γ_{sv} a povrchové napätie medzi kvapalinou a vzduchom γ_{lv} . Pri zmáčaní vlákna je dôležitým parametrom

zmáčací uhol θ , ktorý charakterizuje typ styku kvapky s vláknom, resp. s iným pevným povrchom. Vyjadruje sa nenáročným vzťahom (1).

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{sv} - \gamma_{sl}}{\gamma_{lv}} \quad (4)$$

Keď sa zmáčací uhol rovná nule: $\theta = 0^\circ$ - nastáva maximálne zmáčanie. K čiastočnému zmáčaniu dochádza ak $0 \leq \theta \leq 90^\circ$ a pre nezmáčavý povrch platí $\theta > 90^\circ$.

Tepelné javy pri sorpcii vody

Pri absorbovaní molekúl vody do vlákna dochádza v prvom rade ku kondenzácii na povrchu vlákna. Teplo vytvorené pri zmene z plynného skupenstva do kvapalného sa pohybuje okolo 2450 J/g vody. Tvorba sekundárnych väzieb vplyvom molekúl vody spôsobuje vyššie usporiadanie systému a tým sa znižuje celková energia vlákna. Nepotrebná energia sa uvoľní ako sorpčné teplo. Z toho vyplýva, že sorpcia vody je vlastne dej sprevádzaný tvorbou tepla. Popíšeme si dva typy tepelnej sorpcie. Prvým je diferenciálne sorpčné teplo Q [J/g vody], čo je teplo uvoľnené z 1 g vody na nedefinovanom množstve vlákien pri zadanej relatívnej vlhkosti vzduchu RH. Pokiaľ je vlákno na začiatku suché, diferenciálne sorpčné teplo je vyššie. Druhým typom je integrálne sorpčné teplo H [J/g vlákna]. Ide o teplo uvoľnené pri maximálnom nasýtení 1 g vlákien pri určitej vlhkosti. Čím väčšiu zmáčaciu schopnosť vlákno má, tým je hodnota H vyššia. [3]

Vplyv vody na vlastnosti vlákien

U polymérov voda znižuje teplotu zosklenia a zároveň zvyšuje ťažnosť. Za prítomnosti vody vlákno bobtná a tým relatívne mení svoj priemer, dĺžku, objem aj plochu pričného rezu. Pri prírodných vláknach ako sú bavlna, jutové vlákna alebo ľan narastá s vlhkosťou aj ich pevnosť. Pri vlnených a viskózových vláknach naopak klesá. U všetkých vlákien však klesá trenie vlákien a narastá tepelná vodivosť, elektrická vodivosť a tiež ťažnosť. [3]

Tepelné vlastnosti patria k najdôležitejším vlastnostiam rozhodujúcim o voľbe správnych parametrov pre spracovanie a následné použitie vlákien. Sú ovplyvnené chemickým zložením a nadmolekulárnou štruktúrou vlákien.

Teplota topenia a zosklenia

Určité vlastnosti sa rýchlo menia pri rôznych teplotách, ide o tzv. tepelné prechody. Pri mnoho prípadoch sa sledujú fázové prechody. Fázový prechod I. druhu je typický zmenou skupenstva. Pri topení sa pravidelne usporiadané kryštály menia na neusporiadanú štruktúru

taveniny. Tento dej je vystihnutý teplotou topenia T_M . Sklený prechod je teplotný interval v ktorom sa zo skleného stavu amorfné látky dostávajú do stavu kaučukovitého. Priemerná teplota spomenutého intervalu sa nazýva teplotou zosklenia T_g . Táto teplota dokáže zmeniť modul pružnosti, viskozitu, tepelnú kapacitu a mnoho ďalších vlastností.

Tepelná kapacita

Vyjadruje sa merným teplom za určitého konštantného tlaku C_p [$J\ kg^{-1}\ K^{-1}$]. Merné teplo je teplo potrebné k ohriatiu 1 kg vlákien presne o 1 stupeň Kelvina. Ide o funkciu teploty, rýchlosti ohrevu a molekulárnej a nadmolekulárnej štruktúry vlákien. K hodnoteniu tepelných vlastností polymérnych materiálov je dôležitá aj tepelná vodivosť.

Tepelná vodivosť

Tepelná vodivosť určuje rýchlosť prechodu tepla v materiáloch. Ovplyvňuje ohriatie, chladnutie aj celkové tepelnoizolačné vlastnosti. Vyjadruje sa súčiniteľom tepelnej vodivosti λ [$W.m^{-1}.K^{-1}$]. [3]

V mnohých prípadoch je potrebné u vlákien získať nové, lepšie vlastnosti alebo odstrániť vlastnosti nevyhovujúce. Ide o **modifikáciu vlákien**. Zohľadňuje sa pri tom cieľ použitia vlákien. Takto upravené vlákna označujeme ako modifikované, teda vlákna druhej generácie, u ktorých chemický názov materiálu nič neprezrádza o jeho vlastnostiach. Skupinu modifikovaných vlákien tvoria z väčšej časti syntetické vlákna používané v technických aj odevných materiáloch. Vzhľadom k určitému momentu kedy sa modifikácia prevádza vznikajú skupiny: Pri modifikácii prebiehajúcej v priebehu prípravy polymérov sa mení napríklad relatívna molekulová hmotnosť. Pri modifikácii počas prípravy vlákien sa menia podmienky dĺženia a fixácie, tvarovanie,... Počas modifikácie pri použití vlákien sa môže zmeniť rubovanie, dodatočná kryštalizácia a podobne.

Vlákna s nekruhovým prierezom sú pripravované na tryskoch s nekruhovým prierezom. Takto profilované vlákna väčšiu odolnosť proti žmolkovaniu a vyznačujú sa aj pomerne rýchlou zmáčavosťou. Pri niekoľkých špecifických profiloch sa v dôsledku nerovnomerného ochladzovania pri zvlákňovaní tvorí špirálový zákrut, ktorý výborne zlepšuje tepelnoizolačné vlastnosti.

Ultrajemné vlákna majú príjemný omak, sú schopné transportovať vlhkosť kapilármi medzi jednotlivými vrstvami vlákien a majú zvýšenú odolnosť proti zašpineniu. Nevýhodou ultrajemných vlákien je predovšetkým vysoká krčivosť.

Tvarovanie je ďalší spôsob modifikácie vlákien. Môže sa jednať o mechanické oblúčkovanie, vytváranie nepravidelnej štruktúry, nepravidelné tepelné spracovanie alebo zvlákňovanie pri šikmom uhle. Týmito úpravami vzniká dvojrozmerná oblúčkovitá štruktúra

alebo trojrozmerná špirálová štruktúra. Obidve vzniknuté štruktúry sú charakteristické zvýšenou objemnosťou vlákien. [3]

2.2 Štruktúra priadze

Tvorba vláknových materiálov je základom celej textilnej výroby. Každý materiál by mal spĺňať isté podmienky, ktoré následne musia vyhovovať spotrebiteľovi. Všeobecne hovoríme o vlastnostiach, na ktoré má vplyv princíp výroby textílie, štruktúra textílie a vonkajšie sily pôsobiace na materiál.

Ako pri samotných vláknach tak aj pri priadzi je dôležitým parametrom práve jemnosť udávaná v [tex] podľa vzťahu (1). K určovaniu geometrických vlastností však poznanie jemnosti nepostačuje. Z tohto dôvodu máme pre priadzu zadaný vzťah (5), kde veličina **S** je vhodnejším parametrom. Udáva celkovú plochu vlákien v priadzi v priečnom reze. S veličinou **S** sa môžeme stretnúť aj v inom prípade a to pri určovaní objemu vlákien na jednotku dĺžky hodnotenej priadze. [5]

$$T = S \cdot \rho \quad (5)$$

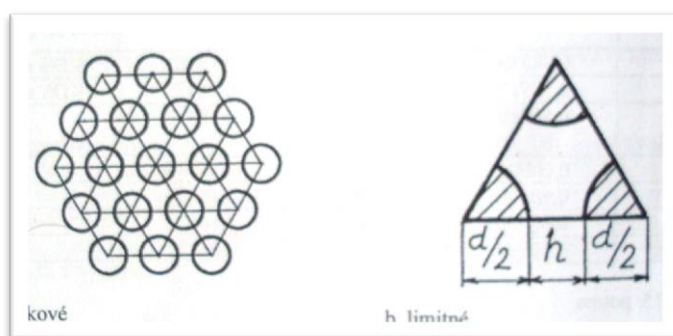
Žiadna priadza nie je geometricky skutočným valcom, z toho dôvodu neexistuje ani jednoznačný vzťah pre zisťovanie priemeru priadzí. Väčšinou sa teda pri zisťovaní priemeru priadze vychádza z priemeru určitého pomyselného valca, v ktorom sa priadza nachádza celá alebo aspoň jej väčšia časť. Tak získame hodnotu **D_s** – substančný priemer. V každom prípade platí, že substančný priemer je hodnota nižšia alebo rovná priemeru priadze. $D_s \leq D$. Ďalším dôležitým parametrom pri určovaní vlastností priadze je jej zaplnenie **μ**, ktoré vyjadruje pomer plochy vlákien k celkovej ploche priečného rezu priadzí. Dá sa vypočítať podľa vzťahu (6) alebo podľa vzťahu (7), s ktorým sa stretávame častejšie. [6]

$$\mu = \frac{D_s}{D} = \frac{S}{\pi D^2} = \frac{4T}{\pi D^2 \rho} \quad (6)$$

$$D = \frac{2}{\sqrt{\pi \mu \rho}} \sqrt{T} = K \sqrt{T} \quad (7)$$

$$K = \frac{2}{\sqrt{\pi\mu\rho}} \quad (8)$$

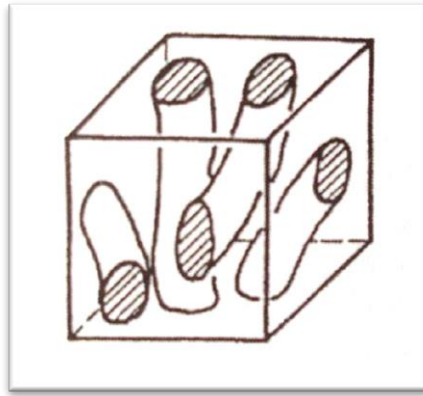
Pri ideálnom modeli zväzku vlákien sa určujú niektoré hraničné hodnoty. Plastové usporiadanie nám ponúka opakujúcu sa štruktúrnú jednotku – rovnostranný trojuholník s tzv. limitným zaplnením μ_{lim} , obrázok. č. 3 [12], ktoré má konštantnú hodnotu 0,907. Nie je priamo závislé od jemnosti, ale v prípade s veľmi nízkou jemnosťou vlákien sú v miestach dotyku vlákna uložené tesnejšie a tým sa znižuje objem pórov a celkový objem priadze. Ide o najtesnejšie usporiadanie vlákien aké môže nastať. [6]



Obr. č. 3: Celkové a limitné zaplnenie priadze [6]

Pokiaľ je vláknová štruktúra mäkká, ohybná, porézna s nízkou mechanickou odolnosťou, tak ide o štruktúru kde sa vlákna môžu pohybovať v priestore bez toho aby sa medzi sebou dotýkali a ovplyvňovali svoj presun, obecné sa takejto štruktúre hovorí voľná štruktúra. Pevná a tuhá štruktúra má obmedzený pohyb vlákien, hovoríme jej kompaktná.

Vláknové útvary majú určitý objem V_c pozostávajúci z objemu samotných vlákien V a z objemu medzivláknových priestorov, teda objemu vzduchu, ktorý získame rozdielom medzi V_c a V . Model vláknového útvaru vidíme na obrázku č. 4. [6]



Obr. č. 4: Hranolový model vláknového útvaru [12]

Podielom objemu vláknového materiálu vyplneného vzduchom získame tzv. pórozitu materiálu, vzťah (9). Vo väčšom počte malých pórov môže byť rovnaké množstvo vzduchu ako v niekoľkých málo póroch väčších rozmerov. Z tohto hľadiska je dôležité určiť veľkosť pórov v materiáli, vzťah (10). Pór si môžeme predstaviť napríklad ako vlákno zo vzduchu charakterizované rovnakými parametrami ako skutočné vlákna. Celkové rozmery póru sú závislé na zaplnení, ktoré ovplyvňuje jeho dĺžku aj priemer. Vyším zaplnením vznikajú užšie a dlhšie póry. Pórom sa kladie vysoká dôležitosť pretože veľkou mierou ovplyvňujú priedušnosť textilu, jeho nasiakavosť alebo filtračné schopnosti. [6]

$$\Psi = \frac{V_c - V}{V_c} = 1 - \frac{V}{V_c} = 1 - \mu \quad (9)$$

$$V_p = V \frac{1 - \mu}{\mu} = \frac{\pi d^2}{4} L \frac{1 - \mu}{\mu} \quad (10)$$

Pri manipulácii s materiálom dochádza k jeho stlačovaniu, čo má za následok zvýšenie zaplnenia štruktúrnej súčasti. Stlačovať sa dá materiál maximálne do hodnoty $\mu = 1$. V tomto prípade vzniká štruktúra bez pórov. Odpor proti stlačovaniu môžu vyvíjať miesta dotyku vlákien a ich ohybové schopnosti.

Ďalším spracovaním priadzí je pravý alebo ľavý zákrut. Preto k priadzam s určitým zákrutom potrebujeme veličinu zákrutu Z . Vyjadruje počet otáčok vytvorených na jednotku dĺžky a je možné vypočítať ju podľa jednoduchého vzťahu (11). [3]

$$Z = \frac{n}{v} \quad (11)$$

Čím vyšší je zákrut, tým sú vlákna viac stlačované a tým sa znižuje hodnota priemeru priadze. Táto nevýhoda je riešením pri určovaní jemnosti, priemeru a zákrutu priadze. Medzi jemnosťou, priemerom priadze a jej zákrutom existuje istý vzťah. Priadza s väčším počtom vlákien v priečnom reze je pochopiteľne hrubšia a vyznačuje sa tak väčším priemerom. Aj keď priemer priadze viac závislý od jemnosti, pri narastajúcom zákrute klesá, nakoľko dochádza k stlačovaniu vlákien a teda rastie aj zaplnenie priadze.

Jednotlivé priadze sa od seba líšia spôsobom uloženia vlákien, rôznym druhom vlákien alebo spôsobom vzájomného spojenia vlákien medzi sebou. [3]

2.3 Vlastnosti tkanín

Charakteristickým znakom tkaných materiálov je napodobenie prírodných vzhľadov a ich mnohotvárnosť. Väzba tkaniny je určitý spôsob previazania minimálne dvoch sústav nití a to osnovných a útkových. Všetky väzby sú odvodené od troch základných, plátrovej, keprovej a atlasovej. Na kvalitu používaných materiálov k výrobe tkanín sa stále zvyšujú požiadavky. Nové trendy vyžadujú odľahčené tkaniny na základe čoho sa uplatňujú stále viac jemnejšie priadze. Tkaniny sú materiálom používaným v širokom spektre technických aj odevných textílií (obuvnícky priemysel, tkaniny vhodné pre športové odevy, vojenské účely, filtre,...). [5]

Väzby plátrového charakteru sú najjednoduchšie a najpoužívanejšie. Je to obojstranná textília, charakteristická hustým previazaním a veľkým počtom útkových a osnovných väzbových bodov. Z toho vyplýva, že ide o kvalitne zaplnenú tkaninu pri minimálnom množstve spotrebovanej priadze, vďaka tomu sa tiež vyznačuje pomerne nízkou hmotnosťou. Použitie vhodné pre odevné textílie, bytové textílie, módne doplnky, technické výrobky,...

Uhlopriečnym riadkovaním v ľavom alebo pravom smere sa vyznačujú keprové väzby. Ich použitie sa uplatňuje najmä ako plášťoviny do chladného obdobia alebo na pracovné odevy. [7]

Atlasové väzby sú charakteristické vysokým leskom. Počet útkových a osnovných nití je vždy pri opakovaní väzby rovnaký, najmenej však päť. Vzďialenosť väzbových bodov v atlasovej tkanine je nepravidelná alebo sa určuje tzv. postupovým číslom, ktoré určuje ďalšiu niť na tvorbu väzbového bodu. Textílie tkané atlasovou väzbou sú rozhodne hustejšie

a ťažšie od predchádzajúcich typov materiálov. Je to materiál vhodný na stuhy, posteľnú bielizeň, dámsku spoločenskú šatovku,... [7]

Pri určovaní štruktúry tkaniny je dôležitým parametrom napríklad dostava, ktorá určuje hustotu tkaniny, teda presný počet nití v osnovnom a v útkovom smere. Vyjadrujeme ju pomocou jednoduchých zlomkov (12), (13).

$$d_o = P_o/L_o \qquad d_u = P_u/L_u \qquad (12),(13)$$

P_o (P_u) určuje počet osnovných (útkových) nití, L_o (L_u) je dĺžka tkaniny, v ktorej sa ráta P_o (P_u). Podľa nameranej hustoty tkaniny sa dá následne vypočítať celkový počet osnovných aj útkových nití v materiáli. Čím bude voľnejšie previazanie priadzí v tkanine, tým bude mať tkanina nižšiu kryciu schopnosť. Ovplyvnené budú tiež pružnosť, pevnosť, tvarovú stálosť, ťažnosť alebo drsnosť povrchu tkaniny. Spoločným previazaním sústav priadzí sa jednotlivé priadze zvlínia. Veľkosť tejto deformácie je ovplyvnená hustotou a väzbou tkaniny, druhom a jemnosťou nití. Jedná sa o ďalší dôležitý parameter potrebný pri určovaní štruktúry tkanín, o tzv. zotkanie (skrátene). Je to rozdiel medzi rozmerom výslednej tkaniny a dĺžkou nite vytiahnutej z tejto tkaniny po narovnaní. Zotkanie je dané vzťahom (14), (15), vyjadruje sa v %. [3]

$$Z_o = \frac{L_o - L_{tk}}{L_{tk}} \cdot 100 \qquad Z_u = \frac{L_u - \dot{S}_{tk}}{\dot{S}_{tk}} \cdot 100 \qquad (14),(15)$$

Za pomoci spomenutých vlastností tkanín vieme ďalej určiť plošnú či priestorovú geometriu textílie. Štruktúra tkaniny sa podieľa na výsledných úžitkových a estetických vlastnostiach. Z konečného spotrebiteľského hľadiska sa snažíme vyvinúť u rôznych tkanín rôzne vhodné vlastnosti. Podľa použitia sa požaduje napríklad iná životnosť pri módnom odevu a iná u bytových textílií. Zásadné zmeny pri vlastnostiach a konštrukciách tkanín sa vytvárajú používaním syntetických materiálov. Krycia schopnosť použitej priadze v tkanine je závislá na dĺžke vlákna, surovine, povrchovej štruktúre (chlpatosť...),... Je zrejmé, že pre tkaniny s tepelnoizolačnými vlastnosťami sú vhodnejšie vlnené vlákna vďaka svojej oblúčkovitej štruktúre. [3]

2.4 Vlastnosti ostatných textílií

Okrem tkaných textílií si určitú pozornosť zaslúžia aj pletené a netkané textílie. Na nite spracovávané v pletiaarskom priemysle sú kladené vyššie nároky ako pri nitiach určených na výrobu tkanín. Pletené textílie sa od tkanín odlišujú predovšetkým vysokou ťažnosťou a spôsobom výroby. Kým pleteniny sa vytvárajú previazaním viacerých sústav nití, pletenina je tvorená len jednou sústavou. Každá niť vytvára riadok očiek, ktoré vzájomným prepletaním vytvárajú súdržnú plošnú textíliu. Podľa smeru sústavy nití rozlišujeme záťažnú (pričnú sústava nití) a osovnú (pozdĺžna sústava nití) pleteninu. Fyziologicko hygienické vlastnosti pletenín sú dôležité pre užívateľa materiálu. Zo zdravotného hľadiska má nezanedbateľný význam priedušnosť, zabezpečuje potrebnú výmenu tepla medzi odevom a telom. Majú schopnosť zamedziť alebo aspoň spomaliť prestup tepla z teplejšieho prostredia do chladnejšieho. Pleteniny sú oproti iným plošným textíliám výnimočné svojou schopnosťou udržiavať telesné teplo. Týmto prijateľným vlastnostiam vďaka svojej zvýšenej pórovitosti a teda aj vyšším obsahom vzduchu. [3]

Netkané textílie ponúkajú veľké množstvo nových materiálov s novými vlastnosťami aké sa pri iných technológiách výroby nedajú dosiahnuť. Jedná sa o rôzne filtre, ochranné odevy, hlukovo a tepelnoizolačné materiály a iné. Na ich výrobu sa používajú bežné suroviny textilného charakteru prírodného aj syntetického zloženia, textilné odpady, špeciálne vlákna,... Mnohé úžitkové vlastnosti sú ovplyvnené priamo hrúbkou danej textílie. Stretávame sa s tým hlavne pri tepelnoizolačných alebo výplnkových materiáloch. Tepelnoizolačný charakter textílie je mierou odporu materiálu k transportu tepla. Rýchlosť prestupu tepla danou vrstvou môžeme vypočítať podľa vzťahu (16).

$$\frac{Q}{t} = \lambda \cdot \frac{A \cdot \Delta T}{L} \quad (16)$$

Vzájomnou hodnotou množstva prestúpeného tepla za určitý čas je definovaný plošný odpor k vedeniu tepla R podľa vzťahu (17). Táto veličina je dôležitou charakteristikou pri určovaní tepelnoizolačných vlastností, ktoré sú teda značne ovplyvnené odolnosťou proti stlačeniu.

$$R = \frac{\Delta T}{Q_{pr}} = \frac{L}{\lambda} \quad (17)$$

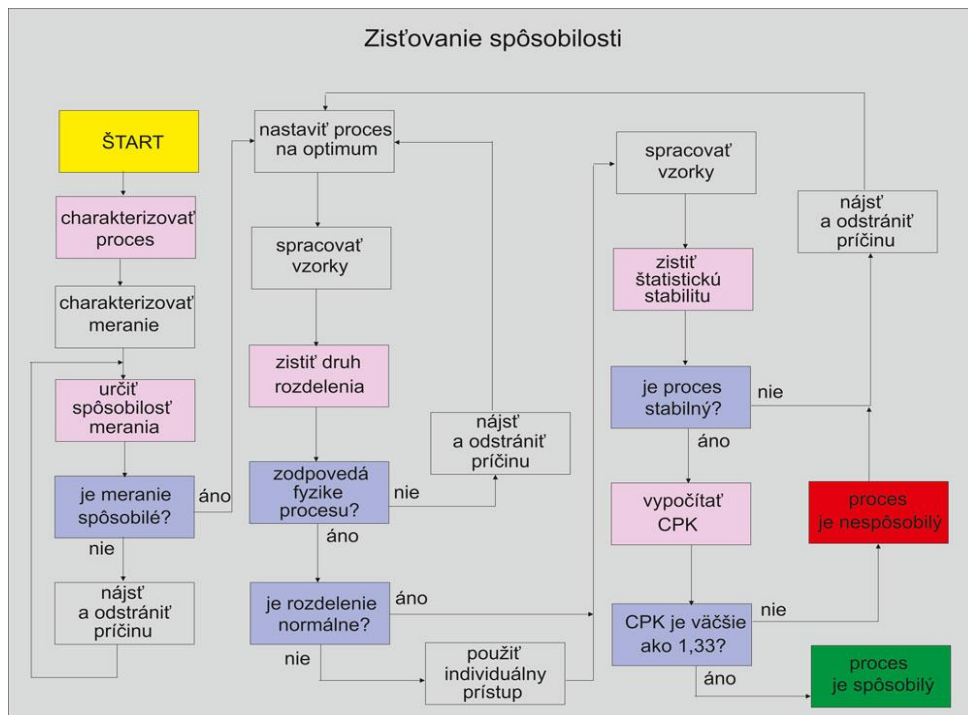
Dobrymi tepelnoizolačnymi schopnosťami sa vyznačujú netkané textílie u ktorých sa kládlo rúno kolmo, pretože disponujú vyšším odporom k stlačeniu oproti textíliám s priečne kladeným rúnom. Priaznivé ekologické, hygienické a energetické hľadisko teplovzdušného spoja spolu s nízkymi finančnými nákladmi prinášajú ďalšie výhody výroby. Pre maximálne dokonalé vlastnosti sa netkané textílie ešte pred dodaním spotrebiteľovi upravujú napríklad zmäkčovaním, potláčaním, hydrofóbnymi, hydrofilnými, či nehorľavými úpravami. Existuje naozaj veľké množstvo finálnych úprav a záleží len na požiadavkách konečného spotrebiteľa. Spomenuté úpravy sa uskutočňujú mnohými spôsobmi, napríklad krepovaním textílie, natavovaním povrchu, vrstvením,... U vrstvených textílií nie je podmienkou, že všetky vrstvy materiálu musia mať textilný charakter, vrstviť sa môže v rôznych materiálových kombináciách. [3]

3 Analýza meracích mechanizmov

Aby sa zaručil najvhodnejší princíp pre opakujúce sa technické činnosti z hľadiska bezpečnosti a kvality, existuje normalizácia. Zadáva skúšobné metódy, postupy a má na starosti rôzne opatrenia z hľadiska bezpečnosti. [8]

Hlavným zámerom je zabezpečiť, aby nebezpečenstvo, že merací mechanizmus bude vykazovať výsledky s neakceptovateľnými chybami ostalo v povolených intervaloch. Konfirmáciu prístrojov môžu vykonať len špecializovaný odborníci. Pre zistenie, či je daný proces spôsobilý treba vykonať kontrolný proces s určitým postupom, schému procesu pre lepšiu predstavivosť vidíme na obrázku č. 5. [9]

Rozptyl meranej hodnoty výrobku býva často ovplyvnený deformáciou samotného výrobku alebo princípom merania. Spôsob merania je vytvorený metódou, meradlom a operátorom. [9]



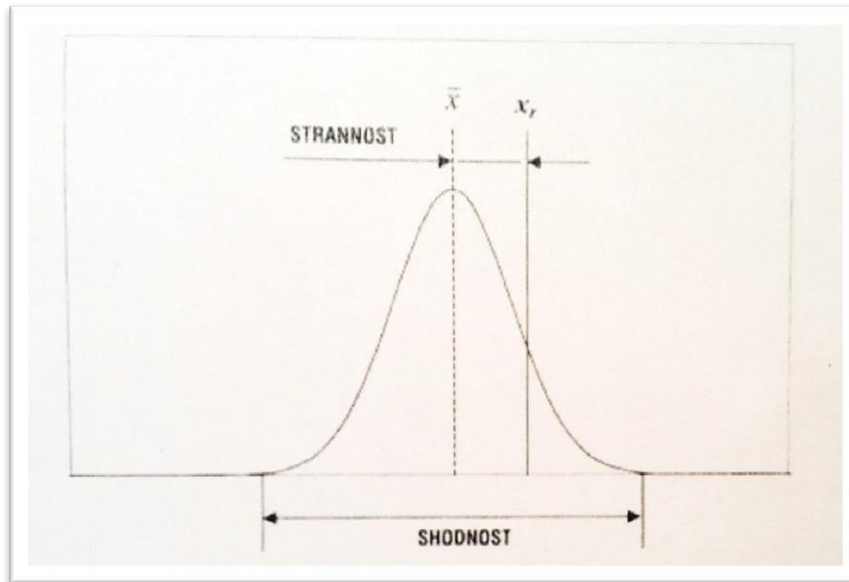
Obr. č. 5: Schéma zisťovania spôsobilosti

Meranie je rada experimentálnych operácií, kde cieľom je zistenie určitých hodnôt meranej veličiny. A však je to proces, ktorý pri každom meraní istým spôsobom deformuje posudzovaný fakt, zväčša strednú hodnotu a variabilitu. Základom pre skúmanie spôsobilosti systému je schopnosť meracieho mechanizmu. Jedným spôsobom zisťovania spôsobilosti je opakovateľnosť a reprodukovateľnosť meracích systémov. [9]

Neoddeliteľnou súčasťou plánovania kvality je analýza systému merania. Analýza skúma kvalifikáciu konkrétneho systému merania k meraniu pozorovaného znaku kvality v určitom tolerančnom alebo výrobnom rozpätí. [10]

Vhodnosť vybraného systému merania rozhoduje o kvalite nameraných výsledkov. Analýze systému merania je nutné venovať patričnú pozornosť, nakoľko namerané údaje sú ťažiskovým podkladom pre záverečné vyhodnocovanie. Kvalita systému merania je vo finále hodnotená množstvom štatistických charakteristík. Kľúčovým prvkom je presnosť. Jej hlavné zložky sú zhodnosť a strannosť. Strannosť sa vyjadruje rozdielom medzi aritmetickými priermi opakovaných meraní (\bar{X}) rovnakého atribútu kvality a prijatou referenčnou hodnotou (X_r). Je to miera správnosti merania. Zhodnosť predstavuje variabilitu výsledkov opakovaného merania rovnakého atribútu kvality. Mierou zhodnosti je väčšinou jeho nezhdnosť vyjadrená pomocou smerodajnej odchýlky výsledkov merania. Strannosť merania

vystihuje celkovú systematickú chybu a zhodnosť vystihuje vplyv náhodných chýb. Znázornené to vidíme na obrázku číslo 6. [11]



Obr. č. 6: Zhodnosť a strannosť meraní [11]

Fyzikálna veličina – tepelná vodivosť - je dôležitá vlastnosť určitého kusu materiálu viesť teplo, charakterizuje rýchlosť prestupu tepla zo zahriatych častí do iných chladnejších častí, s ktorými prichádza do kontaktu. Je to merná jednotka a dá sa zistiť s pomocou rôznych prístrojov na to určených. Vzhľadom k veku, ku klimatickým podmienkam, v ktorých sa prístroje nachádzajú a vzhľadom k permanencii používania, je potrebné z času na čas prístroje vyskúšať za účelom kontroly kvality merania. Takzvané kontrolné merania sa ďalej vyhodnocujú štatisticky. Na výber je viac možností.

Pre experiment, ktorému sa venujeme v tejto práci sme zvolili metódu založenú na opakovateľnosti a reprodukovateľnosti - R&R. Detailnejšie máme metódu opísanú v kapitole 4. Experiment pojednáva, či a nakoľko je metóda vhodná pre kontrolu prístrojov ALAMBETA a TexTest 3300.

Pomocou Alambety sme merali vzorky v dvoch variantách. Pri prítlaku 250Pa a pri prítlaku 1000Pa. Z hodnôt, ktoré Alambeta dokáže určiť sme sa zamerali na tri

najzákladnejšie a to konkrétne merná tepelná vodivosť λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$], tepelná jímavosť \mathbf{b} [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$] a hrúbka \mathbf{h} [mm].

4 Metóda R&R

Pri zdĺhavom meraní nie je možné zabezpečiť rovnaké podmienky merania. Podmienky opakovateľnosti sa väčšinou menia okolitými vplyvmi alebo zmenou operátora, ktorý sa na meraní podieľa. Pri takýchto situáciách je vhodné previesť hodnotenie R&R.

Tento systém percentuálne vyjadruje variabilitu meracieho mechanizmu proti medziam tolerancie, teda variabilite celkovej. Matematické uvažovanie vidíme vo vzťahu (18). Táto metóda je schopná rozlíšiť nestálosť výsledkov spôsobenú meracím prístrojom a operátorom. Záverom analýzy je zistenie presnosti a adekvátnosti použitia systému merania pre daný pozorovaný parameter. Pokiaľ prevyšuje reprodukovateľnosť, treba prehodnotiť zručnosti obsluhy, zvážiť prípadné zaškolenie, skontrolovať štandardné postupy všetkých operátorov. Ak však prevláda pôsobenie opakovateľnosti je dôležité zvážiť vhodnosť použitého meradla a samozrejme kontrola normovaného postupu merania. [8]

$$\sigma_m = \sqrt{\sigma_e^2 + \sigma_o^2} \quad (18)$$

V našej práci využijeme jednu z možností a to metódu priemeru a rozpätia. Dôležitá je prípravná fáza, kedy sa overí vhodnosť meracieho prístroju a vhodnosť meranej veličiny. Určí sa počet operátorov, počet meraných vzoriek a počet opakovaní merania každej vzorky. Vo väčšine prípadov sa na meraní podieľajú traja operátory, 10 kusov vzoriek a 2 – 3 opakovania. Do nášho experimentu budú zainteresovaný traja operátory, merať sa bude 10 rôznych materiálov, z každého materiálu bude testovaných 5 vzoriek a na každej vzorke bude meranie opakované trikrát. Pred meraním je potrebné kusy vzoriek očíslovať. Hlavný operátor podáva vzorky v náhodnom poradí operátorovi, ktorý práve prevádza meranie. Ten po zmeraní vzorky odčíta namerané hodnoty a nadiktuje hlavnému operátorovi údaje, ten ich zapíše do vopred pripravených tabuliek. [11]

Je potrebné značenie nameraných údajov - x_{ijk} $i \in \langle 1;h \rangle$

$j \in \langle 1;r \rangle$

$k \in \langle 1;n \rangle$

V prvom rade k vyhodnoteniu analýzy R&R je potrebné zistiť či je proces merania štatisticky zvládnutý z hľadiska variability opakovania. Zisťuje sa to pomocou regulačného diagramu. Zo získaných údajov sa vypočíta variačné rozpätie podľa vzťahu (19).

$$R_{ij} = \max x_{ijk} - \min x_{ijk} \quad (19)$$

Ďalej sa stanovujú hodnoty priemerného variačného rozpätia \bar{R} podľa vzťahu (20).

$$\bar{R}_{i..} = \frac{\sum_{j=1}^r R_{ij}}{r} \quad (20)$$

Úroveň centrálnej priamky regulačného diagramu $\bar{\bar{R}}$ podľa vzťahu (21).

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum_{i=1}^h \bar{R}_{i..}}{h} \quad (21)$$

Úrovne hornej UCL a dolnej LCL medze pre regulačný diagram podľa vzťahov (22) a (23).

$$UCL = D_4 \cdot \bar{\bar{R}} \quad (22)$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{\bar{R}} \quad (23)$$

Koeficienty D_3 a D_4 sú určené z tabuliek: Koeficienty pre odhad smerodajnej odchýlky a výpočet regulačných medzí. Stanovenie koeficientov zodpovedá počtu opakovaných meraní jednotlivých vzoriek jednotlivými operátormi, v našom prípade $n=3$. Rozsah podskupiny pre sV prípadoch kedy je počet opakovaných meraní určitého kusu nižší alebo rovný 6, tak hodnota D_3 je nulová a dolná regulačná medz sa neurčuje.

Konkrétne v našom experimente použijeme pre $D_3 = 0$ a pre $D_4 = 2,574$.

Získané hodnoty vynesieme do regulačného diagramu a uskutoční sa analýza. Ideálne je keď sa všetky variačné rozpätia nachádzajú vo vnútri diagramu. V prípade, že podmienka splnená nie je, je potreba zistiť, či je dôsledok ovplyvnený operátorom alebo meracím systémom. Operátorom by to bolo spôsobené pravdepodobne vtedy, ak sa výchylka v diagrame vyskytne len u jedného operátora. Ak by sa výchylky vyskytli u všetkých troch operátorov, citlivý je prístroj, na ktorom sa vzorky merali.

Pokiaľ sú všetky hodnoty variačného rozpätia vo vnútri regulačných medzí, znamená to, že je splnená ďalšia podmienka pre pokračovanie v hodnotení metódou opakovateľnosti a reprodukovateľnosti. V tomto prípade sa dá v ďalšom kroku určiť nová hodnota opakovateľnosti merania EV podľa vzťahu (24). [11]

$$EV = 5,15 \cdot \sigma_e = 5,15 \cdot \frac{\overline{R}}{d_2^*} \quad (24)$$

Koeficient d_2^* je závislý na počte opakovaní \mathbf{m} (3) a počte operátorov vynásobený počtom súčastí \mathbf{g} (15) podľa tabuľky: Vybrané hodnoty koeficientu d_2^* v závislosti na hodnotách parametrov. V našom prípade sa $d_2^* = 1,71$.

V hodnotení pokračujeme určením variability medzi operátormi. Ako prvé stanovíme aritmetické priemery opakovaných meraní individuálne každého kusu každým operátorom podľa vzťahu (25). [11]

$$\bar{x}_{ij.} = \frac{\sum_{k=1}^n x_{ijk}}{n} \quad (25)$$

Následne sa určí aritmetický priemer na základe priemerov opakovaných meraní samotných kusov samotnými operátormi podľa vzťahu (26).

$$\bar{x}_{i..} = \frac{\sum_{j=1}^r \bar{x}_{ij.}}{r} \quad (26)$$

Ďalej sa na základe aritmetických priemerov stanovuje variačné rozpätie zistených priemerov podľa vzťahu (27).

$$R_0 = \max_i \bar{x}_{i..} - \min_i \bar{x}_{i..} ; \quad i \in \langle 1; h \rangle \quad (27)$$

Podľa R_0 musíme ďalej určiť reprodukovateľnosť merania AV podľa vzťahu (28).

$$AV = \sqrt{(5,15 \cdot \sigma_0) - \left(\frac{(EV)^2}{n \cdot r}\right)} = \sqrt{\left(5,15 \cdot \frac{R_0}{d_2^*}\right) - \left(\frac{(EV)^2}{n \cdot r}\right)} \quad (38)$$

Koeficient d_2^* je v tomto vzťahu určený podľa počtu operátorov pričom $g = 1$ podľa tabuliek.

V našom prípade sa teda jedná konkrétne o hodnotu $d_2^* = 1,91$.

V tomto momente je možné vďaka hodnotám EV a AV určiť hodnotu R&R a to podľa vzťahu (29).

$$R \&R = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2} \quad (29)$$

Hodnoty opakovateľnosť merania, reprodukovateľnosť merania a opakovateľnosť & reprodukovateľnosť merania nám dáva možnosť zhodnotiť akým podielom sa na celkovom rozptylu R&R zúčastňuje len opakovateľnosť a samotná reprodukovateľnosť. Pre lepšiu predstavu a jednoduchšie následné spracovanie výsledkov sa spomenuté charakteristiky vyjadrujú percentuálne podľa vzťahov (30) a (31). Ak sú výpočty správne, musí následne platiť vzorec (32). [11]

$$P_{EV} = \frac{(EV)^2}{(R \&R)^2} \cdot 100 \quad (30)$$

$$P_{AV} = \frac{(AV)^2}{(R \&R)^2} \cdot 100 \quad (31)$$

$$P_{EV} + P_{AV} = 100 \quad (32)$$

Vysoká percentuálna hodnota opakovateľnosti svedčí o tom, že príčina variability je možná buď v meracom prístroji, v zvolenej metóde merania alebo v nestabilných podmienkach pri meraní. Ak je naopak vysoká percentuálna hodnota u reprodukovateľnosti, príčina variability môže byť v prístupoch jednotlivých operátorov, prípadne v ich schopnostiach odčítať namerané údaje z použitého prístroja.

Samotná veličina R&R získaná podľa vzťahu (29) nám ešte neurčuje definitívny výsledok o spôsobilosti analyzovaného systému. Je potrebné pridať súvis s celkovou variabilitou. K určení celkovej variability sú potrebné hodnoty variability medzi samotnými vzorkami. Ako prvé sa musia určiť aritmetické priemery všetkých meraní jednotlivých vzoriek. Použijeme vzťah (33). [11]

$$\bar{x}_{.j} = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^n x_{ijk}}{h \cdot n} \quad (33)$$

Zo získaných aritmetických priemerov vypočítame variačné rozpätie priemerov jednotlivých vzoriek podľa vzťahu (34).

$$R_p = \max_j \bar{x}_{.j} - \min_j \bar{x}_{.j}; \quad j \in \langle 1; r \rangle \quad (34)$$

Ďalej v analýze použijeme vzťah (35) pre zistenie variability PV medzi samostatnými vzorkami.

$$PV = 5,15 \cdot \sigma_p = 5,15 \cdot \frac{R_p}{d_2^*} \quad (35)$$

Vo vzťahu pre zistenie variability je koeficient d_2^* ovplyvnený počtom meraných vzoriek \mathbf{m} (5) a $\mathbf{g} = 1$. Preto $d_2^* = 2,48$.

Spôsobilosť systému merania pre hodnotenie variability medzi vzorkami sa dá určiť pomocou regulačného diagramu. Pre získanie centrálnej priamky a regulačných medzí máme k dispozícii vzťahy (36), (37) a (38).

$$CL = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^h \bar{x}_{i.}}{h} \quad (36)$$

$$UCL = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (37)$$

$$LCL = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (38)$$

Koeficient ovplyvnený počtom opakovaných meraní činí pre náš experiment $A_2 = 1,023$. Keďže medze regulačného diagramu sa posudzujú na základe variability podskupín, nie je podmienka aby všetky hodnoty ležali vo vnútri diagramu. Naopak systém sa považuje za vhodný pokiaľ je viac ako 50% vnesených hodnôt mimo regulačné medze a operátory sa stotožňujú v tom, o ktoré vzorky ide.

Analýza systému merania metódou R&R sa blíži k finále určením celkovej variability TV podľa vzťahu (39). [11]

$$TV = \sqrt{(R \& R)^2 + (PV)^2} \quad (39)$$

Poslednou úlohou pri vyhodnocovaní R&R je určenie opakovateľnosti, reprodukovateľnosti, opakovateľnosti & reprodukovateľnosti a variability medzi vzorkami v percentuálnom pomere vo vzťahu k celkovej variabilite. Vyjadríme to pomocou vzťahov (40), (41), (42) a (43).

$$\%EV = \frac{EV}{TV} \cdot 100 \quad (40)$$

$$\%AV = \frac{AV}{TV} \cdot 100 \quad (41)$$

$$\%R \& R = \frac{R \& R}{TV} \cdot 100 \quad (42)$$

$$\%PV = \frac{PV}{TV} \cdot 100 \quad (43)$$

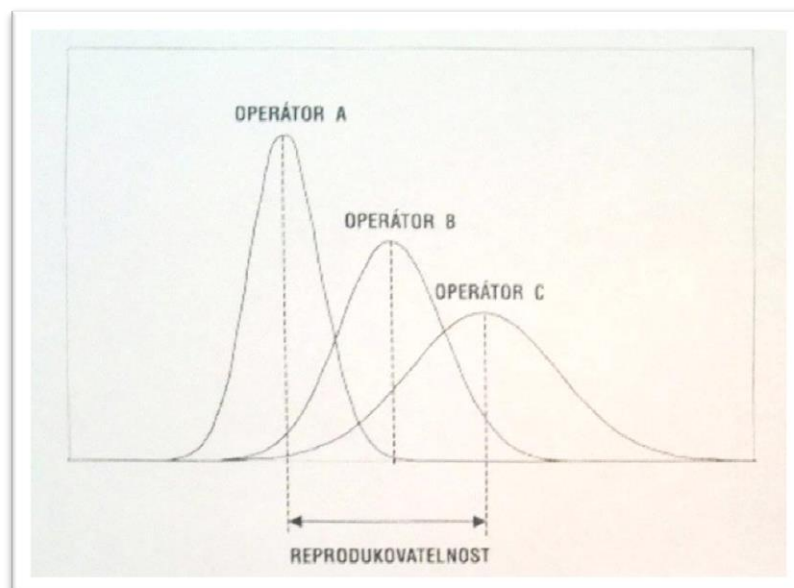
Východiská posudzovania máme uvedené v tabuľke číslo 1. [11]

Tabuľka 1: Východiská posudzovania

$\%R\&R \leq 10$	System merania je prijateľný
$10 < \%R\&R \leq 30$	System merania môže byť prijateľný (záleží od dôležitosti a nákladov)
$\%R\&R > 30$	System meranie je potrebné bezodmienečne zlepšiť

4.1 Štatistické vyhodnotenie R&R

Metóda R&R – Repeatability & Reproducibility je založená na opakovateľnosti a reprodukovateľnosti, čo vyplýva i zo samotného názvu. Opakovateľnosť stvára súlad meraní v opakovateľnosti kedy samostatné výsledky získava rovnakou metódou jeden operátor na tom istom meranom mieste v krátkych časových intervaloch. Reprodukovateľnosť znázorňuje premenlivosť stredných hodnôt pri meraní toho istého miesta vzorky rôznymi operátormi, teda pri zmene určitých podmienok merania, ako to vidíme znázornené na obrázku číslo 7. [11]



Obr. č. 7: Reprodukovateľnosť [11]

Po nameraní všetkých potrebných údajov, všetkými operátormi u každého zvoleného materiálu sme previedli kompletnú štatistickú analýzu za pomoci programu Microsoft Excel 2010 podľa postupu, ktorý máme opísaný v kapitole 4. Výsledné hodnoty všetkých materiálov a všetkých meraných vlastností boli pre lepšiu prehľadnosť usporiadané v tabuľke číslo 3.

5 ANOVA

Z anglického výrazu ANalysis Of VAriance sa jedná o analýzu rozptylu. Podobne ako metóda R&R aj ANOVA patrí k zložitým a rozsiahlym metódam. Systém ANOVA štatisticky testuje nulovú hypotézu o zhode stredných hodnôt pre tri a viac výberov. My sme zisťovali vplyv faktorov – operátorov na merané atribúty. Systém sa riadi podľa myšlienky: Ak by operátory nemali žiadny vplyv na merané veličiny tak sa ich pôsobenie nepreukáže ani na štatistických vlastnostiach meranej veličiny. [9]

Naopak, ak sa zistí, že vplyv operátorov bol významný, tak sa to ukáže aj na výsledných štatistických hodnotách meraných veličín, hlavne na variabilite, rozptyle a aritmetickom priemere. Rozdiel aritmetických priemerov a rozptylov individuálnych porovnávaných výberov sa pokladá za silu pôsobenia hodnotených faktorov. [9]

ANOVA sa využíva najmä v technickej praxi k určeniu významnosti spôsobu akým boli pripravené vzorky k experimentu na výsledok analýzy. Alebo k určeniu vplyvu typu použitého prístroja a ľudského faktoru na výsledok analýzy. Na spracovanie medzi laboratórných experimentov kde sa určuje významnosť rozdielu medzi zvolenými laboratóriami alebo na spracovanie plánovaných experimentov za účelom sledovania vplyvov rôznych faktorov ako čas, koncentrácia, teplo a podobne. [12]

Objasníme si princíp analýzy rozptylu na konkrétnom príklade, ktorý riešime v tejto práci. Sledujeme vplyv troch spôsobov testovania vzoriek, ktoré predstavujú traja operátory, hovoríme o takzvanom kvalitatívnom faktore. Každý operátor má k dispozícii k testovaniu päť vzoriek totožnej veľkosti, ktoré testuje v troch opakovaniach. Každý operátor predstavuje inú úroveň. Nakoľko nás zaujíma rozdiel medzi jednotlivými úrovňami, teda medzi

výsledkami jednotlivých operátorov a nevyberáme len priemerné výsledky, jedná sa o modely s pevnými efektmi. Jedným z predpokladov štatistickej analýzy je náhodná chyba nezávidlá náhodná veličina s normálnym rozdelením čo znamená, že stredná hodnota chýb sa rovná nule a rozptyl je konštantný. V našom experimente sa zameriavame na sledovanie jedného faktoru čo znamená, že ďalej k spracovaniu experimentu využívame jednofaktorovú ANOVU. [12]

Zjednodušene vysvetlený princíp systému ANOVA:

- Testovanie nulovej hypotézy, že sa individuálne stredné hodnoty výberov nelíšia
- Očakávanie, že každý výber je výberom z toho istého základného súboru
- Ak je očakávanie splnené, úroveň rozptylu by mala byť rovnaká vo všetkých skupinách. A tak sa dá odhadnúť rozptyl hlavného súboru.
- Na podstate odhadu rozptylu hlavného súboru, sa dá odhadnúť i rozptyl medzi skupinami.
- Tento odhadnutý rozptyl sa porovná so skutočným rozptylom medzi skupinami
- Ak je skutočný rozptyl nereálne veľký (F-test), tak nulová hypotéza musí byť zamietnutá.

Z týchto poznatkov nám vyplýva, že základ metódy ANOVA je rozloženie celkového rozptylu na rozptyl medzi skupinami a na rozptyl vo vnútri skupín. ANOVA má mnoho alternatív využitia a teda aj mnoho variant. Naš experiment spĺňa nasledovné: hodnotené výbery sú nezávislé, všetky výbery sú z normálneho rozdelenia a majú homogénny rozptyl. Vzhľadom k týmto splneným podmienkam sme v našej práci využili jednofaktorovú ANOVU s pomocou PC programu QC Expert na katedre textilných technológií. [13]

6 Prístroje zvolené k experimentu

Alambeta

Ako sme už spomenuli v kapitole 1.2, ide o poloautomatický prístroj so schopnosťou štatistického vyhodnotenia nameraných hodnôt a detekciou chybných meraní. Podmienka pri prístroji ALAMBETA je udržiavať konštantnú teplotu meracej plochy v rovnakej teplote akú má ľudská pokožka, čo je okolo 35°C, táto teplota sa nemení ani po kontakte s textíliou.

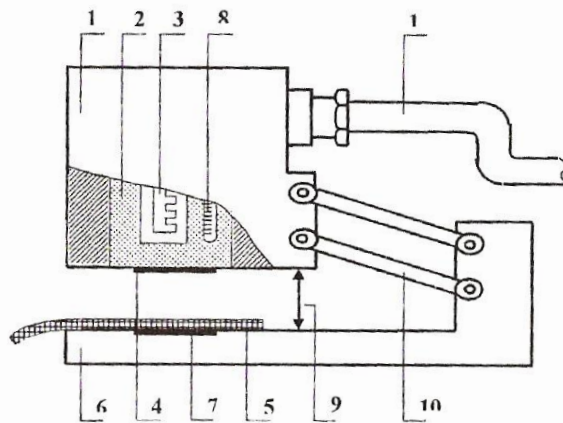
Na ALAMBETE môžeme merať viaceré parametre, ktoré spolu úzko súvisia. Začneme hrúbkou h , je udávaná v [mm]. Merná tepelná vodivosť λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$] je množstvo tepla prechádzajúce určitou dĺžkou za určitý čas s vytvorením rozdielu teplôt o 1 K. Výsledok tepelnej vodivosti udaný prístrojom ALAMBETA sa musí ešte vydeliť hodnotou 10^3 . Platí, že čím je teplota vyššia, tým viac klesá tepelná vodivosť. A čím má tepelná vodivosť nižšiu hodnotu, tým vyšší je plošný odpor vedenia tepla R [$\text{W}^{-1}\text{K}\cdot\text{m}^2$], vzťah (17), ktorý je tiež potrebné vydeliť hodnotou 10^3 . Objem tepla vyžarujúci z hlavice prístroja s teplotou t_2 do textílie s teplotou t_1 za určitý čas vyjadruje tepelný tok q [W/m^2], vzťah (44). [1]

$$q = b \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi \cdot \tau}} \quad (44)$$

Funkcia textílie vyrovnávať teplotné zmeny je vystihnutá mernou tepelnou vodivosťou a [m^2s^{-1}]. Vzťah (45). Pokiaľ má textília schopnosť rýchlo vyrovnávať teploty, hodnota mernej tepelnej vodivosti bude vyššia.

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (45)$$

Za najdôležitejšiu hodnotu prístroja ALAMBETA sa považuje už spomenutá tepelná jímavosť b [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$]. Predstavuje tepelný omak a objem tepla prejdeho určitou plochou za určitý čas s 1 K rozdielom. Materiál s vyššou tepelnou jímavosťou pôsobí na dotyk chladnejšie. Zjednodušenú schému prístroja ALAMBETA vidíme na obrázku č. 8.



Obr. č. 8: Schéma prístroja ALAMBETA [1]

Popis obrázku č. 8:

1 – izolačný kryt; 2 – kovový blok; 3 – vyhrievacie zariadenie; 4 – snímač tepelného toku; 5 – skúšaná vzorka; 6 – základ prístroja; 7 – snímač tepelného toku; 8 – teplomer, 10 – súčasné vedenie.

Postup princípu merania:

Umiestnenie vzorky na základňu prístroja – zahájenie merania - pokles meracej hlavice – dotyk meracej hlavice so vzorkou – zmena povrchovej teploty vzorky – PC zaznamenáva priebeh tepelného toku a zároveň sa fotoelektrickým senzorom meria hrúbka vzorky. [1]

TexTest FX 3300

Ide o elektronický prístroj, vid'. obrázok č. 9, používaný na zisťovanie priedušnosti textílií. Táto vlastnosť je vyžadovaná najmä pri odevoch určených na nosenie v teplom letnom období. U odevov určených do chladného počasia alebo priestoru je naopak vyžadované aby materiál použitý k výrobe bol schopný vytvorené teplo udržať. Princíp merania na prístroji TEXTTEST FX 3300 je závislý na vyvinutí tlakového rozdielu medzi povrchmi textilnej vzorky a vzápätí nameranie prietoku vzduchu. Meracia plocha má rozlohu 5cm^2 [$1/\text{m}^2/\text{s}$]. tento systém merania patrí k nedeštrukčným spôsobom, preto je výhodné z hľadiska merania priedušnosti priamo na výrobku bez poškodenia. [1]



Obr. č. 9: Prístroj TEXTEST FX 3300 na TUL

7 Experimentálna časť

7.1 Charakteristika testovaných vzoriek

Z dostupných materiálov sme vybrali desať vzoriek charakteristických rozmanitými vlastnosťami, čo je dôležité pri porovnávaní výsledkov. Testovali sme rôzne tkaniny a sendviče od spoločnosti VOCHOC. Firma VOCHOC sa zaoberá výrobou a vývojom ochranných prostriedkov proti tepelným rizikám.

Prvá vzorka má názov **BV 185 Tencate Tecashield**. Ide o materiál využívaný pri tvorbe ochranných odevov proti plameňom, elektrickým oblúkom, kvapalným chemikáliám a statickej elektrine. Materiál vyvinutý na základe meta-aramidových a para-aramidových vlákien, ktoré ponúkajú vysokú tepelnú stabilitu. Odolnosť voči ohňu je trvalá. Tento vysoko pevný materiál je zložený z 93% Nomexu Comfort (meta-aramid), 5% para-aramidové vlákno a 2% P140 (uhlíkové vlákno). Materiál je tvorený keprovou väzbou 2/1 a plošná hmotnosť je $215\text{g/m}^2 \pm 5\text{g/m}^2$. [14]

Druhá vzorka má názov **Pyrovatex 320**. Pyrovatex je trvalá nehorľavá úprava. Jedná sa o materiál zo 100% bavlny s plošnou hmotnosťou 320g/m^2 a je tvorený keprovou väzbou 3/1.

Je to priedušný materiál, hygienicky nezávadný, tiež zabezpečuje dobrú odolnosť proti mechanickej záťaži. Využitie je vhodné hlavne v sklárskom, hutníckom a strojárskom priemysle, kde je zvýšená možnosť vzniku požiaru. [15]

Ďalšia vzorka nesie označenie **1086**. Je to tkaný textilný materiál typ väzby rybia kosť s hliníkovou vrstvou, ktorá tvorí bariéru pre sálavé teplo. Využíva sa na výrobu takzvaných tienidiel alebo ochranných odevov. Je to trvanlivý a pružný materiál. Najčastejšie sa využíva v hutníckom priemysle. Jeho plošná hmotnosť je 645g/m². [16]

Ďalším materiálom je **A 370 K**, tvorený z recyklovaných 100% para-aramidových vlákien. Tvorený väzbou keper – rybia kosť + laminácia polyesterovou fóliou. Plošná hmotnosť 370g/m² ± 8g/m².

Ďalším materiálom je takzvaný textilný sendvič zložený z troch textílií a to konkrétne z vrstvy označovanej ako **4972**, s vrstvou **H974** a s vrstvou **Style 2100**. Kombinácia je uvedená pod spoločným označením **SF3 Winter**. Vrstva 4972 je tvorená 50% aramidovými vláknami, 49% viskózovými vláknami a 1% uhlíkovými vláknami. Spracovaná je ako kaftan 2/1 RH s plošnou hmotnosťou 260g/m². Druhá vrstva H974 je tvorená 50% aramidovými vláknami a 50% viskózovými vláknami s nehorľavou úpravou. Ide o TOPAZ 251 membránu s plošnou hmotnosťou 170g/m². Má výborné hydrofilné a napínacie vlastnosti. Aplikujú sa takmer vo všetkých ochranných odevoch. Tretia vrstva Style 2100 je tvorená 50% modakrylovými vláknami a 30% rayonovými vláknami. Plošná hmotnosť sa pohybuje na 470g/m² ± 40,7g/m². [17]

Tiež sme testovali textilný sendvič zložený z vrstiev **8.698** + **H024-6** + **4262S0000** pod spoločným názvom **FR3 REX** (3-vrstvový). Prvá vrstva 8.698 obsahuje 65% viskózy FR, 22% aramidových vlákien, 12% polyamidových vlákien a 1% belltronové vlákno, ktoré koriguje statické energie. Je to tkanina s plošnou hmotnosťou 250g/m². Vrstva H024-6 je 100% polyesterová dvojlícna pletenina s membránou TOPAZ 251, plošná hmotnosť vrstvy 145g/m². Vrstva 4262S0000 obsahuje 50% aramidové vlákna a 50% viskózové vlákna FR. Vrstva plní funkciu izolácie s plošnou hmotnosťou 270g/m².

Materiál **6907** obsahuje 39% viskózových vlákien, 2% karbónových vlákien, 53% meta-aramidových vlákien a 6% para-aramidových vlákien. Materiál je spracovaný keprovou väzbou 2/1 s plošnou hmotnosťou 230g/m².

Y316 je materiál zložený z 41% viskózových vlákien, 1% tvorí kovové jadro, 49% meta-aramidových vlákien a 9% para-aramidových vlákien. Tkanina tvorená ako keper 2/1 a kaftan 2/1 RH.

FR fabric 81/8 obsahuje 50% melamínových vlákien, ktoré sú známe veľmi nízkou horľavosťou, 25% meta-aramidové vlákna a 25% PTFE-PU, ide o nánosovú úpravu textílie takzvaným teflónom, ktorý znesie až 250°C. Plošná hmotnosť skúšaného materiálu je 100g/m² a tvorený je fiche technikou.

Posledný testovaný materiál má názov **Ami quilt Space 220**, zložený z 55% lenzing FR – je to materiál z celulózy s antihorľavou zložkou, lenzing udržuje telo v suchu a v pohode, bez stresu z tepla a z prípadného úpalu i pri vysokých teplotách. 35% meta-aramidové vlákna a 10% ostatné. Ide o prešivanú tepelnú vložku pre hasičské odevy s plošnou hmotnosťou 220g/m² ± 5%g/m². [18]

7.2 Príprava vzoriek, meranie, zhodnotenie

Vzorky určené k meraniu sme v prirodzenej polohe, nepokrčené, bez nečistôt, nenavlhnuté nechali v laboratóriu na katedre hodnotenia textílií 24 hodín na takzvané stabilizovanie pri klimatických podmienkach 24,2°C a vlhkosť 37%. Pred meraním na prístroji Alambeta bolo potrebné predkresliť si plochu meracej hlavice s rozmerom cca 11,5 cm, aby sme pri opakovanom meraní mali istotu, že meriame presne to isté miesto a to aj po zmene operátora. Poradie, v akom boli vzorky merané, sme určili podľa tabuľky náhodných čísel. Merania boli časovo náročné a tak sme bohužiaľ nezmerali všetky potrebné údaje v jeden deň. Doby merania boli prispôbené časovým možnostiam zúčastnených operátorov. Meranie tak trvalo až niekoľko dní s nepravidelnými časovými rozstupmi. Laboratórium nebolo klimatizované pre poruchu klimatizácie. Z týchto dôvodov vznikli obavy na ovplyvnenie výsledkov.

Každý materiál sme merali na piatich rôznych miestach trikrát a to sme opakovali s tromi operátormi. To znamená, že každé miesto určené k testovaniu bolo v závere zmerané deväťkrát a každý materiál štyridsaťpäťkrát v určitej pravidelnosti. Po kompletnej príprave vzoriek sme zapli prístroj Alambeta a počkali kým neprebehne referenčná fáza bez vzorku.

Ďalej sme v meraní na prístroji postupovali podľa návodu, ktorý máme podrobne uvedený v kapitole 6.

Aby sme si dokázali predstaviť usporiadanie a obšírnosť vypracovanej tabuľky spolu s výpočtami, môžeme sa podívať na tabuľku číslo 3. V tabuľke sú uvedené hodnoty namerané na vzorke Pyrovatex 320 prístrojom Alambeta pri prítlaku 250Pa. Hodnoty vyjadrujú tepelnú vodivosť materiálu λ [$W \cdot m^{-1}K^{-1}$].

Tabuľka 3: Tepelná vodivosť materiálu Pyrovatex 320

vzorka 2		merané miesto č.										
		1	2	3	4	5	Priemer					
Operátor A	meranie č.	1	36,2	36,4	34,9	34,7	34	35,24				
		2	36,6	35,8	34,6	34,5	34,1	35,12				
		3	33,4	34,6	32,4	33	34	33,48				
	pr.stl.	35,4	35,6	33,97	34,07	34,03	34,61					
	R_A	3,2	1,8	2,5	1,7	0,1	$\bar{R}_A = 1,86$					
vzorka 2		merané miesto č.										
		1	2	3	4	5	Priemer					
Operátor B	meranie č.	1	34,4	34,4	33,5	34,5	33,8	34,12				
		2	35,2	35,6	34,7	35,7	34,3	35,1				
		3	34,4	34,9	34,9	35,3	34,2	34,74				
	pr.stl.	34,67	34,97	34,37	35,17	34,1	34,65					
	R_B	0,8	1,2	1,4	1,2	0,5	$\bar{R}_B = 1,02$					
vzorka 2		merané miesto č.						AV	AV ²	R&R	P _{AV}	
		1	2	3	4	5	Priemer	1,25	1,56		5,87	
Operátor C	meranie č.	1	31,4	30,3	31,4	31,3	33,4	31,56	EV	EV ²	5,15	P _{EV}
		2	32,5	33,4	34,6	31,4	31,4	32,66	5,00	24,99	94,13	
		3	32,3	32,6	35,2	31,8	31,8	32,74	R _o	EV ² +AV ²	R&R ²	P _{ev} + P _{av}
	pr.stl.	32,07	32,1	33,73	31,5	32,2	32,32	0,04	26,55	26,55	100	
	R_C	1,1	3,1	3,8	0,5	2	$\bar{R}_C = 2,1$	UCL				
Priemerné variačné rozpätie všetkých operátorov							\bar{R}	1,66	4,27			
Priemer stĺpcov		34,04	34,22	34,02	33,58	33,44	R _p	PV			%EV	92,58
							0,78	1,62			%AV	23,12
							CL	PV ²			%R&R	95,42
							33,86	2,61			%PV	29,91
							UCL	TV				
							35,56	5,40				
							LCL					
							32,16					

Operátorom A som bola ja sama – Katarína Huntošová.

Operátorom B bol pán Vladimír Bajžik.

Operátorom C bola pani Iveta Vyskočilová.

Tabuľka 4: Prehľad výsledkov R&R

	Alambda 250Pa			Alambda 1000Pa			TexTest 3300
	λ	b	h	λ	b	h	
BV 185 Tencate Tecashield							
%EV	88,01	87,2	31,12	94,05	83,37	78,62	15,55
%AV	33,7	17,8	90,72	21,46	10,66	55,05	46,16
%R&R	94,24	88,99	95,9	96,46	84,05	95,98	48,71
%PV	33,45	45,6	28,33	26,36	54,19	28,07	87,34
Pyrovatex 320							
%EV	92,58	93,39	22,15	86,49	94,94	22,59	X
%AV	23,12	19,41	92,73	3,99	18,05	82,42	X
%R&R	95,42	95,39	95,34	86,59	96,65	85,46	X
%PV	29,91	30,01	30,17	50,03	25,68	51,92	X
1086							
%EV	83,15	84,92	23,66	93,97	96,65	70,01	5,08
%AV	42,66	12,54	96,66	22,87	13,9	68,54	31,52
%R&R	93,45	85,84	99,52	96,71	97,64	97,98	31,93
%PV	35,59	51,3	9,84	25,44	21,6	20	94,77
A 370 K							
%EV	75,99	90,75	22,74	92,47	94,44	43,19	9,3
%AV	58,57	19,86	96,9	19,76	19,99	88,66	87,77
%R&R	95,95	92,9	99,34	94,56	96,54	98,62	88,26
%PV	28,19	37,02	9,63	32,54	26,08	16,54	47,01
4972 + H974-6 + Style 2100							
%EV	76,71	68,45	15,81	29,31	71,98	10,57	2,49
%AV	42,43	16,96	36,58	29,55	11,2	68,95	99,95
%R&R	87,66	70,52	39,85	41,62	72,85	69,75	99,98
%PV	48,12	70,9	91,72	90,93	68,5	71,66	2,13
8.698 + H024-6 + 4262S0000							
%EV	86,17	93,62	54,01	82,16	95,69	46,53	2,31
%AV	36,82	2,74	64,02	41,7	21,51	69,17	99,97
%R&R	93,71	93,66	83,76	92,13	98,08	83,37	99,99
%PV	34,91	35,03	54,62	38,88	19,5	55,22	0,68
6907							
%EV	79,73	82,94	16,99	94,51	84,81	80,04	X
%AV	46,42	12,38	97,79	23,09	20,12	56,95	X
%R&R	92,26	83,86	99,25	97,29	87,16	98,24	X
%PV	38,57	54,47	12,21	23,12	49,02	18,7	X
Y316							
%EV	70,1	82,76	31,55	80,13	96,47	34,39	X
%AV	31,22	18,71	88,29	13,78	19,35	92,03	X
%R&R	76,73	84,85	93,76	81,31	98,39	98,24	X
%PV	64,12	52,92	34,78	58,22	17,85	18,67	X
FR FABRIC 81/8							
%EV	89,23	90,08	20,84	18,69	89,56	7,08	4,77
%AV	37,62	16,21	97,29	5,95	21,63	78,94	93,06
%R&R	96,83	91,53	99,5	19,61	92,13	79,26	93,18
%PV	24,96	40,28	9,98	98,06	38,88	60,98	36,29
AMIQUILT Space 220							
%EV	72,29	94,09	80,09	94,43	91,09	76,62	5,85
%AV	47,52	20,53	55,76	19,45	21,86	57,4	95,65
%R&R	86,51	96,3	97,58	96,41	93,68	95,74	95,83
%PV	50,16	26,94	21,85	26,54	34,99	28,87	28,57

Stručné zhrnutie vyčítané z tabuľky 4 znie: Najvyššie percento opakovateľnosti a reprodukovateľnosti u mernej tepelnej vodivosti pri 250Pa sa preukázalo na vzorke FR FABRIC 81/8 z materiálu 50%melamin/25%meta/25%PTFE-PU tvorený fische technikou, R&R = 96,83%. Najnižšie percento dosiahla vzorka Y316, zo 41%viscose/1%kovové jadro/49%meta-aramides/9%para-aramides, kombinácia kaftanu 2/1 RH a kepru 2/1, R&R = 76,73%.

U tepelnej jímavosti sa najvyššie percento R&R prejavilo u materiálu AQUIMILT Space 220, zloženie 55%lenzing FR/35%meta-aramid/10%ostatné, tvorená ako prešivaná tepelná vložka pre hasičské odevy, R&R = 96,3%. Najnižšie percento je u vzorky 4972+H974-6+Style 2100, zloženie 50%ker/49%vis/1%car + 50%kermel/50%viscose fr + 70%modacryliy/30%rayon, kombinácia kaftanu 2/1 RH + TOPAZ 251 membrána + Style 2100, R&R = 70,52%.

U meranej hrúbky sa najvyššie percento ukázalo u vzorky 1086, materiál Aluminized Preox Korspun I, Gentex Dual Mirror Aluminized Fabric, R&R = 99,52%. Najnižšie percento bolo prejavené u materiálu 4972+H974-6+Style 2100, materiál 50%ker/49%vis/1%car + 50%kermel/50%viskose fr + 70%modacryliy/30%rayon, kombinácia kaftanu 2/1 RH + TOPAZ 251 membrána + Style 2100, R&R = 39,85%.

Po vyhodnotení priedušnosti testovaných vzoriek sa najvyššie percento preukázalo na vzorke 8.698 + H024-6 + 4262S0000, materiál 65%viscose FR/22%aramid/12%polyamide/1%Belltron + 100% PES interlock + TOPAZ 251 membran + 50%aramid/50%viscose FR, tkanina + pletenina s membránou + izoláca, R&R = 99,99%. Najnižšie percento sa prejavilo u vzorky 1086, materiál Aluminized Preox Korspun I, Gentex Dual Mirror Aluminized Fabric, R&R = 31,93%.

U vzoriek Pyrovatex 320, 6907 a Y316 nemáme uvedené žiadne hodnoty priedušnosti, nakoľko sa jedná o materiály nepriedušné z lícnej strany, čo potvrdilo testovanie na prístroji FX 3300. Tento materiál si však i napriek svojej nehorľavej úprave zachováva termoregulačné vlastnosti zabezpečujúce komfort nositeľovi. U materiálov 6907 a Y316 vzniká nepriedušnosť vďaka kombinácii použitých vlákien a typu väzby tkaniny.

Definitívne výsledky máme uvedené v percentách. K posúdeniu adekvátnosti systému merania je percentuálne vyjadrenie podielov opakovateľnosti a reprodukovateľnosti

z celkovej variability najvhodnejšie. Práve na základe percentuálneho vyjadrenia sa hodnotí akceptovateľnosť analyzovaného systému.

Podľa kritérií uvedených v tabuľke 1 sme zistili, že v našom experimente je u všetkých vzoriek percentuálna hodnota R&R ďaleko vyššia než 30% a to u všetkých meraných parametrov. Bolo teda potrebné zistiť príčiny variability v použitom systéme merania. Najlepším ukazovateľom sú percentuálne hodnoty samostatnej opakovateľnosti a samotnej reprodukovateľnosti. Keď sa pozrieme na tabuľku číslo 2, kde máme hodnoty z materiálu Pyrovatex 320, vidíme v zelených políčkach (nad oranžovým políčkom) tieto samostatné hodnoty, ktoré nám po sčítaní dajú hodnotu 100% (oranžové políčko), z čoho vyplýva, že výpočty sú správne. Hodnota P_{av} je 5,87% a hodnota P_{ev} je 94,13%. Rozdiel medzi hodnotami je vysoký a preto môžeme jednoznačne určiť, že príčinou variability nespôsobil operátor. Po zhrnutí podmienok a dôkladnom skontrolovaní postupov merania je vysoko pravdepodobné, že variabilitu spôsobili nestabilné podmienky v laboratóriu, nakoľko sa tento alebo podobný percentuálny pomer vyskytuje zväčša u vlastností súvisiacich s teplotou a s vedením tepla a to bez ohľadu na hrúbku materiálu. Namerané veličiny pre zisťovanie hrúbky vzoriek majú pomer naopak. Percento reprodukovateľnosti je vyššie než percento opakovateľnosti. Je teda pravdepodobné, že príčinou variability u tohto atribútu bol s vysokou pravdepodobnosťou práve operátor. I napriek opatrnému zachádzaniu so vzorkami počas celého merania je možné, že došlo k určitým ohybom materiálov, ktoré v konečnom dôsledku ovplyvnili naše výsledky.

Na prístroji TexTest 3300 sme taktiež absolvovali merania v opakovaníach podľa tabuľky za zúčastnenia 3 operátorov. Meracia plocha má 5cm² a výstupná hodnota je prietok vzduchu cez testovanú textíliu. Výsledky boli čiastočne ovplyvnené podmienkami v laboratóriu a čiastočne operátorom. Pomer percent opakovateľnosti a percent reprodukovateľnosti nebol tak výrazný ako pri meraní na Alambete.

Po rozdelení meraných atribútov u každého kusu vzorky sme zistili, že s veľmi podobnými výsledkami skončili všetky testované materiály. Rozdiely medzi výslednými hodnotami sú nízke.

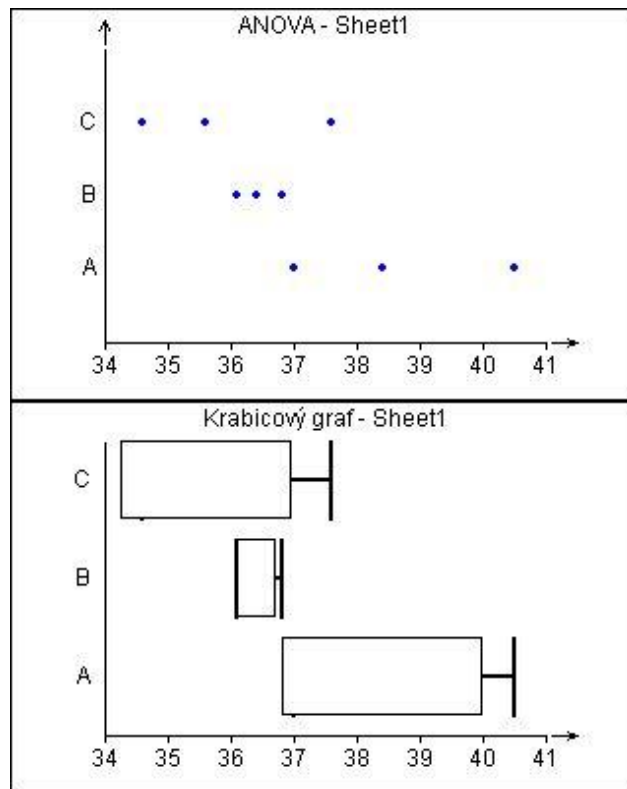
Pre úplnosť experimentu a záverečné porovnanie viacerých štatistických metód sme sa ku koncu experimentu rozhodli previesť analýzu systému merania ešte metódou ANOVA.

7.3 Štatistické vyhodnotenie ANOVA

K hodnoteniu systémom ANOVA sme si vybrali z nášho zoznamu vzoriek tri. Výber bol ovplyvnený hrúbkou vzoriek, kde sme dbali na rôznorodosť. Boli to vzorky: A 370 K, BV 185 Tencate Tecashield a vzorka 8.698. Po zadaní hodnôt do PC pre každý materiál zvlášť program QC Expert spracoval údaje a získali sme vypočítané výsledky analýzy ANOVA, s grafom ANOVA a s krabicovým grafom. Na ukážku pre lepšiu predstavivosť máme v práci zobrazené výsledky z merania vzorky BV 185 Tencate Tecashield. Meraný atribút merná tepelná vodivosť λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$] na Alambete pri prítlaku 250Pa. Na obrázku číslo 10 vidíme vypočítané výsledky pre konkrétnu vzorku, ktorý nám jasne ukazuje, že faktory spôsobujúce variabilitu nie sú významné. Na obrázku číslo 10 vidíme výsledný graf ANOVA a krabicový graf prislúchajúci k spomenutej vzorke.

Tabuľka 5: Zobrazenie výsledkov ANOVA

Analýza rozptylu - ANOVA			
Název úlohy :	Sheet1		
Data:	Všetchna		
Vybrané sloupce :	A		
	B		
	C		
Celkový průměr :	37		
Celkový rozptyl :	2,9375		
Průměrný čtverec :	2,611111111		
Reziduální rozptyl :	1,853333333		
Reziduální součet čtverců :	11,12		
Celkový součet čtverců :	23,5		
Vysvětlený součet čtverců :	12,38		
Počet úrovní faktoru :	3		
Sloupec	Počet hodnot	Efekty faktorů	Průměr úrovně
A	3	1,63333333333333	38,6333333333333
B	3	-0,56666666666667	36,4333333333333
C	3	-1,06666666666667	35,9333333333333
Test významnosti celkového vlivu faktoru :			
Závěr	Teoretický	Vypočítaný	Pravděpodobnost
Nevýznamný	5,14325285	3,339928058	0,105952394
Párové porovnávání dvojic úrovní	Scheffého metoda		
Srovnávaná dvojice	Rozdíl	Významnost	Pravděpodobnost
A - B	2,2	Nevýznamný	0,221451099
A - C	2,7	Nevýznamný	0,128172004
B - C	0,5	Nevýznamný	0,905289399



[Obr. č.10: Zobrazenie dát + krabicový graf]

Na väčšine vypočítaných výsledkov nám analýza systému ukazuje, že vplyv faktorov nemá celkový význam a nemá ani význam medzi jednotlivými porovnávanými dvojicami.

8 Záver

Účelom tejto práce bolo zhodnotiť R&R na prístroji Alambeta a TexTest FX 3300. Hrúbka testovaných materiálov sa pohybovala v rozmedzí od 0,46mm (1086 – HR5) do 3,96mm (8.689+H024-6+426250000 – FR3 REX 3-vrstvý). Merali sme vzorky s rôznym materiálovým zložením - tkaniny a sendviče navrhnuté na výrobu ochranných odevov a pomôcok pred ohňom, ktoré sme mali k dispozícii od spoločnosti VOCHOC. Práca bola zameraná na zisťovanie tepelnoizolačných vlastností ako merná tepelná vodivosť a tepelná jímavosť, zisťovanie priedušnosti textílií a s tým súvisiacu hrúbku testovaných vzoriek. Základom práce bolo ďalej pre tieto namerané údaje vytvoriť vhodné tabuľky, ktoré budú umožňovať postupné spracovanie štatistickej metódy Opakovateľnosť & Reprodukovateľnosť – R&R. Z výsledkov štatistiky sme v závere zisťovali vhodnosť zvoleného typu metódy pre tento účel.

Podľa výsledkov, ktoré môžeme vidieť zhrnuté do prehľadnej tabuľky č. 3 môžeme skonštatovať, že systém metódy R&R je pre tento účel veľmi citlivý. Všetky údaje %R&R totiž presahujú maximálnu prijateľnú hranicu 30%. Bolo teda potrebné zistiť príčiny variability v použítom systéme merania. Najlepším ukazovateľom sú percentuálne hodnoty samostatnej opakovateľnosti a samotnej reprodukovateľnosti. Na základe týchto veličín sme prišli k záveru, že namerané hodnoty nie sú ovplyvnené operátorom, ale skôr klimatickými podmienkami, v ktorých sa meranie uskutočňovalo.

Po konzultácii výsledkov zo systému R&R sme sa rozhodli previesť ešte jeden spôsob analýzy merania štatistickou metódou ANOVA. V tomto prípade sme vybrali tri reprezentatívne vzorky s rôznymi hrúbkami a previedli analýzu za pomoci PC programu QC Expert. Program nám automaticky vygeneroval protokoly, z ktorých je možné vyčítať, že vplyv faktorov u väčšiny meraných a hodnotených atribútov nie je významný.

V závere práce môžeme teda zhrnúť zistené informácie s výsledkom, že prístroje sú vhodné k meraniu príslušných vlastností avšak je dôležité následne si správne zvoliť systém štatistického vyhodnotenia. Niektoré metódy sú veľmi citlivé na akýkoľvek vplyv okolia, alebo operátora, iné sú citlivé menej a zohľadňujú drobné nedostatky. V každom prípade ale doporučujem a kladiem extrémny dôraz na to, aby sa operátor pred každým meraním, bez

ohľadu na merané vlastnosti, zameral na kvalitnú prípravu vzoriek, kontrolu a prípadnú úpravu klimatických podmienok a aby si pre svoj experiment vyhradil dostatok času.

Zoznam použitej literatúry:

- [1] Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií, skripta TU Liberec 2005, ISBN 80-7083-926-0.
- [2] Staněk J., Kubičková M.: Oděvní materiály, skriptum VŠST Liberec, 1986
- [3] Lizák P. a Militký J.: *Technické textilie*. 1. vyd. Ružomberok: Nadácia pre rozvoj textilného vysokoškolského vzdelávania, 2002. ISBN 80-968674-0-7.
- [4] Interní norma č. 23-304-01/01 Stanovení termofyziologických vlastností textilií, Výzkumné centrum Textil LN00B090, TU Liberec
- [5] Lizák P. *Evaluation methods of materials structure*. 1. vyd. Krakow: Towaryzstwo Slowakow w Polsce, 2011. ISBN 978-83-7490-384-4.
- [6] Neckář B.: *Morfologie a strukturní mechanika obecných vláknenných útvarů*. Liberec: TU, 1998. Dostupné z: https://skripta.ft.tul.cz/databaze/list_aut.cgi?aut=2&skr=2&pro=
- [7] Lizák P. *Textilné návrhárstvo*. 1. vyd. Krakow: Towaryzstwo Slowakow w Polsce, 2011. ISBN 978-83-7490-448-3
- [8] *Analýza meracích systémov* [online]. 2012 [cit. 2013-12-09]. Dostupné z: <http://ec.elf.stuba.sk/kme/buxus/docs/predmety/MK/AnalyzaMSskr.pdf>
- [9] Drápela K. a Bagár R.: *Statistické metódy I*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická u niverzita, 1999. ISBN 80-7157-416-3.
- [10] Navrátil T.: *Optimalizace kontrolních procesů ve výrobě statorů elektromotorů*. Brno, 2010. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brne. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Pernikář, Cs.C.

- [11] Plura J.: *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. 1. vyd. Hornocholupická 22, Praha 4: vydavatelství a nakladatelství Computer Press, 2001. ISBN 80-7226-543-1.
- [12] Meloun M. a Militký J.: *Interaktivní statistická analýza dat*. 3. vyd. Praha: Karolínium, 2012. ISBN 978-80-246-2173-9.
- [13] Drápela K. a Bagár R. *Statistické metody II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000. ISBN 80-7157-474-0.
- [14] Tencate. *Tencate: industrial safety*. Nijverdal, 2013. [cit. 2014-10-20]. Dostupné z: <http://www.tencate.com/emea/protective-fabrics/markets/industrial-safety/products/tecashield/default.aspx>
- [15] Vochoc. *Goodpro: good protection*. plzeň, 2014. [cit. 2014-10-16] Dostupné z: <http://www.goodpro.cz/detail-vyrobku.php?idVyrobku=4858>
- [16] Technicaltextilesblog. Technical Textiles: Heat, Ballistic , Electrical Arc & Cut Resistant Technologies: Molten Metal Splash Protection – The best fabrics by Gentex® Dual Mirror™. In: *Technicaltextilesblog.wordpress.com* [online]. 2012 [cit. 2014-10-08]. Dostupné z: <http://technicaltextilesblog.wordpress.com/tag/aluminized-fabrics/>
- [17] Vochoc. *Goodpro: good protection*. plzeň, 2014. [cit. 2014-10-22]. Dostupné z: <http://www.goodpro.cz/en/detail-vyrobku.php?idVyrobku=5012>
- [18] Textile fibers: Lenzing FR the heat protection fiber. *Www.lenzing.com: Leading Fiber Inovation* [online]. 2014 [cit. 2014-10-25]. Dostupné z: <http://www.lenzing.com/en/fibers/lenzing-fr.html>