

STANOVENÍ TEPELNÝCH ODPORŮ RUKAVIC POMOCÍ TEPELNÉHO MANEKÝNA

ESTIMATION OF GLOVES THERMAL RESISTANCES BY MEANS OF THERMAL MANIKIN

Jan Fišer^{a*}, Kateřina Pidrová^a, Róbert Toma^a

^a Odbor termomech. a techniky prostředí, Energetický ústav, FSI VUT v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, ČR

*Korespondující autor; e-mail: fiser@fme.vutbr.cz, tel.: +420 54114 3242

Abstrakt

Príspevek se zabývá testováním tepelných vlastností rukavic pomocí tepelného manekýna Newtona a klimatické komory FSI, VUT v Brně. Stěžejním bodem je návrh a ověření měřicí metodiky, která vychází z normy ČSN EN 511. Návrh byl následně prověřen při opakovaných měřeních na 5 různých vzorcích rukavic s cílem ověřit opakovatelnost měření a stanovit nejistoty měření. U měřených vzorků je dále uveden i nástin možností jejich použití při konkrétních činnostech a teplotách okolního vzduchu v souladu s postupem uvedeným v ČSN EN 511.

Klíčová slova: rukavice, tepelný odpor, tepelný manekýn, ČSN EN 511

Abstract

The paper deals with the testing of thermal properties of gloves using a thermal manikin Newton and climatic chamber of FME, BUT. The main point is the design and verification of measuring methodology, which is based on the standard ČSN EN 511. The proposal was subsequently verified by repeated measurements on 5 different samples of gloves to check the repeatability of measurements and determine the measurement uncertainty. For each measured sample, the paper also outline the possibility of its use in specific activities and ambient temperatures in accordance with the procedure defined in EN 511.

Key words: gloves, thermal resistance, thermal manikin, EN 511

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

V zimním období je nutno naše tělo ve venkovním prostředí chránit před nepříznivými povětrnostními podmínkami, které způsobují především zvýšený odvod tepla z těla. Hlavně periferní části těla, jako jsou například končetiny a uši, jsou více citlivé na chlad a tím pádem jsou i nejvíce náchylné k omrzlinám. Z důvodu ochrany před chladem začaly především severské národy, jako jedny z prvních, používat rukavice. Jiné zdroje uvádí, že nejstarší rukavice byly nalezeny i v hrobu faraóna Tutanchamona, avšak jejich primární funkce zřejmě byla sloužit jako módní doplněk. O rukavicích lze dále nalézt zmínky i u některých antických autorů. Postupem času se z rukavic stal módní, bohatě zdobený doplněk, který byl používán a oblíben především ve vyšších vrstvách společnosti. Ve 20. století došlo k výrazné proměně v jejich užívání. Rukavice přestaly být pouze módním doplňkem, ale začalo se více dbát i na jejich jiné funkce: ochrana proti chladu, pracovní ochranné pomůcky, vybavení pro sport atd. [1] [2].

V poslední době se vývoj rukavic rozdělil do jednotlivých skupin podle jejich použití. Každá z nich má specifické nároky a požadavky na konstrukci a parametry rukavic. Z mnoha možností specifického využití rukavic lze jmenovat například rukavice pro hasiče, lovce, řidiče, lékaře,

pro různé pohybové aktivity, neméně důležité jsou i pracovní rukavice a podobně. U každé skupiny je důležité, aby v rukavicích mohl člověk vykonávat určenou činnost a aby se snížily na minimum nežádoucí vlivy použití rukavic jako je snížení pohyblivosti, tepelný či celkový diskomfort dlaní atd. Nové materiály přináší také nové možnosti při konstrukci rukavic. Určit však optimální kombinaci materiálů s ohledem na finální cenu a funkčnost výrobku je dnes pro výrobce velmi obtížné. V současnosti se tak prakticky nelze obejít bez podrobnějšího testování, kterým lze ve vývojové fázi výrobku určit, zda při dané kombinaci materiálů bude rukavice vyhovovat pro danou činnost a bude mít požadované parametry. Jinak se může stát, že špatná kombinace sebelepších a jinak kvalitních materiálů způsobí, že rukavice nebudou použitelné pro daný účel, popřípadě, že naopak budou vzhledem k výrobním nákladům neprodejně. Kompletním testováním tepelných vlastností rukavic se v ČR nezabývá žádné specializované pracoviště, ačkoliv existují akreditované zkušebny, které provádějí alespoň částečné zkoušky parametrů a vlastností rukavic (více podrobností lze najít na [3]). Výrobci tedy mají jen velmi omezené možnosti, kde si mohou nechat své výrobky otestovat. Tento fakt byl i prvotním důvodem navázání spolupráce mezi pracovištěm autorů článku a firmou Holík International s.r.o., která patří k významným světovým výrobcům speciálních rukavic[4].

Cílem toho příspěvku je především prezentovat pilotní návrh metodiky vzniklé na základě ČSN EN 511 pro měření tepelných vlastností rukavic a následně demonstrovat její možnosti na vybraných vzorcích rukavic. Z těchto měření pak stanovit nejistoty a zabývat se otázkou opakovatelnosti měření.

Poznámka: Při vytváření příspěvku autoři vycházeli z textů, které vznikly v rámci řešení diplomové práce Kateřiny Pidrové [5].

2 POUŽITÉ METODY

2.1 Norma ČSN EN 511

Norma ČSN EN 511 je českou verzí normy EN 511:2006. Norma specifikuje požadavky a metody zkoušení pro rukavice chránící proti chladu přenášenému konvekcí a vedením (nebo jinak nazýváno proti kontaktnímu chladu) až do $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Specifické hodnoty různých tříd provedení jsou rozlišeny speciálními požadavky pro každou třídu rizika nebo speciální oblasti použití. Dále jsou v normě specifikovány požadavky na mechanické vlastnosti, chování při ohybu, propustnost vody a dále také popis zkoušení flexibility rukavic při extrémním chladu (platí pro rukavice určené k ochraně při teplotách pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Tepelná izolace rukavice se stanoví měřením příkonu potřebného k udržení konstantního teplotního gradientu mezi povrchem vyhřívávaného modelu ruky (skutečné velikosti) a okolním prostředím. Návrh a konstrukce ruky musí zajišťovat stejnou konstantní teplotu na celém povrchu ruky (maximální odchylka od střední teploty ruky nesmí překročit $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Rukavice musí být před zkoušením uloženy ve zkušebním prostředí, které má zkušební teplotu nejméně 24 hodin. Přívod tepla pro ruku musí být dostačující k tomu, aby udržel průměrnou teplotu ruky v každé oblasti v rozsahu $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ při teplotě okolí, která je nejméně o $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ nižší.

Zkušební zařízení se skládá z:

- modelu ruky,
- klimatizační komory,
- měřicího zařízení.

Zkušební vzorek musí být velikosti 9 (viz EN 420).

2.2 Postup měření dle ČSN EN 511

Model ruky se zkoušenou rukavicí se umístí vertikálně prsty dolů do zkušebního prostoru v klimatizační komoře. Teplota okolí se nastaví dostatečně nízko, aby vyhovovala požadavkům přílohy A. Rychlost proudění vzduchu je udržována na 4 ± 0.5 m/s a relativní vlhkost vzduchu na 50 ± 5 %. Mohou být použity alternativní podmínky, pokud je prokázán vzájemný vztah mezi získanými výsledky. Jakmile teplota ruky a příkon dosáhnou ustáleného stavu, provádějí se po dobu 10 minut měření střední hodnoty.

Výsledná tepelná izolace je vypočítaná pomocí vztahu:

$$I_{TR} = \frac{T_{HAND} - T_A}{Q_{HAND}} \quad (1)$$

kde I_{TR} je odolnost proti suché tepelné ztrátě ruky, ve které je obsažena odolnost poskytovaná oblečenou rukou, T_{HAND} je střední teplota povrchu měřené oblasti ruky ($^{\circ}\text{C}$), T_A je střední teplota vzduchu v klimatizační komoře ($^{\circ}\text{C}$), Q_{HAND} je změřené množství energie dodané do měřené oblasti ruky během ustáleného stavu (W/m^2).

Při zkoušení podle výše uvedeného postupu musí rukavice s tepelně izolačními schopnostmi splňovat hodnoty uvedené v následující *tabulce 1*.

Tabulka 1 Rozdělení tříd tepelné izolace rukavic

Třída provedení	Tepelná izolace I_{TR} [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$]
1	$0.10 \leq I_{TR} < 0.15$
2	$0.15 \leq I_{TR} < 0.22$
3	$0.22 \leq I_{TR} < 0.30$
4	$0.30 \leq I_{TR}$

Pro třídy provedení 2 až 4 musí výrobek dosáhnout při zkoušce oděru a při odolnosti proti dalšímu trhání podle EN 388 alespoň třídu provedení 2, jinak smí být pro konvekční chlad uváděna maximálně třída provedení 1.

2.3 Použité měřicí vybavení a metodika měření

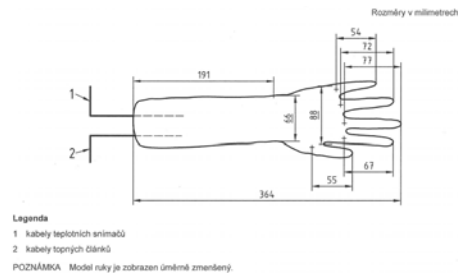
Pro účely měření bylo použito následující vybavení

- klimatická komora FSI, VUT v Brně (více viz [6])
- tepelný manekýn Newton

Tepelný manekýn Newton je výrobkem společnosti Thermetrics (divize firmy Measurement Technology Northwest). Manekýn má tvar průměrné lidské postavy a používá se jak k hodnocení tepelného komfortu osob ve vnitřním i venkovním prostředí, tak k hodnocení tepelně izolačních vlastností oděvů. Manekýn může být regulován na konstantní povrchovou teplotu, nebo na konstantní tepelný tok. Blíže je manekýn popsán v literatuře [7 a 8]. Jeho součástí je řídicí software ThermDAC8, pomocí kterého lze u manekýna nastavit jednotlivé požadované parametry a zároveň zaznamenávat naměřená data, jejichž grafickou interpretaci je možné sledovat přímo v průběhu měření [9].

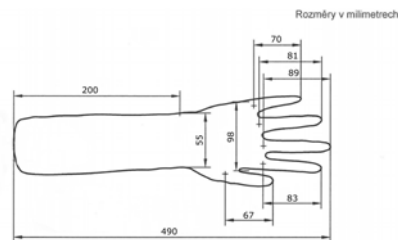
Detailní popis ruky manekýna

V normě ČSN EN 511 je uveden detailní popis rozměrů měřicí ruky. Schéma ruky a rozměry z normy jsou uvedeny na *Obrázku 1*.



Obrázek 1 Rozměry měřicí ruky dle normy ČSN EN 511

Rozměry ruky manekýna Newtona jsou uvedeny na *Obrázku 2* a je z něj patrné, že ruka je větší velikosti, než měřicí ruka popisovaná v normě ČSN EN 511. Ovšem po změření velikosti ruky manekýna podle normy ČSN EN 420 se ukázalo, že ruka manekýna je velikosti 9, což je i velikost vyžadovaná normou ČSN EN 511. Tato neshoda naznačuje, že je v normě ČSN EN 511 pravděpodobně uveden chybný obrázek, protože ruka uvedená na *Obrázku 1* odpovídá spíše velikosti 7 dle ČSN EN 420 a nikoliv požadované velikosti 9. [10]



Obrázek 2 Rozměry Newtonovy ruky - upravený obrázek 1 podle naměřených rozměrů

Tento rozpor nebyl dále řešen, neboť všechny zkušební vzorky rukavic byly velikosti 9 (pouze nejméně izolující vzorek byl velikosti 10, z důvodu snadnější manipulace při navlékání a svlékání rukavic), na ruku manekýna je bylo možné nasadit a velikostně si ruka i měřené vzorky odpovídaly. Na *Obrázku 3* je vyfocen detail ruky manekýna pro lepší ilustraci jednotlivých naměřených rozměrů.



Obrázek 3 Detail pravé ruky manekýna Newtona

Metodika měření a výpočtu tepelného odporu

Manekýn byl umístěn do středu klimatizační komory, ve stojící poloze se zapaženými rukama, které byly dále v loktech ohnuté směrem k zemi, aby bylo docíleno polohy rukou podle normy a zároveň mohl kolem nich volně proudit vzduch a měření nebylo ovlivněno tělem manekýna. Tato skutečnost je patrná z *Obrázku 4*.

Vně obou rukou byly umístěny čidla snímající teplotu okolního prostředí, která zaznamenávala okolní teplotu do jednoho souboru společně s daty z manekýna. Společně s čidlem okolní teploty byla na stojanu u pravé ruky umístěna i vlhkostní sonda.



Obrázek 4 Pohled na měřicí zařízení zezadu. Na stativích v blízkosti dlaní jsou umístěna čidla teploty a vlhkosti okolního vzduchu

Neboť se jednalo o pilotní měření, pro ověření metodiky měření, byly na základě dohody s firmou Holík International s.r.o. uplatněny některá zjednodušení oproti požadavkům normy ČSN EN 511. Tato zjednodušení byla přijata především z důvodu úspory provozních nákladů použité klimakomory. Teplota manekýna byla zvolena 34 °C a teplota vzduchu v komoře byla stanovena na 20 °C ± 1 °C, což nevyžadovalo aktivní chlazení prostoru komory. Zde tedy nebyl splněn požadavek normy na to, aby teplota okolního vzduchu byla alespoň o 20 °C nižší, než je teplota ruky, ale byla nižší pouze o 14 °C. Proudění vzduchu v klimatizační komoře bylo vypnuto, tím pádem zde nebylo možné dosáhnout normou požadovaného proudění vzduchu 4 m/s. Vlhkost vzduchu v klimatické komoře také nebyla nijak zásadně upravována a byla ponechána stejná jako u okolního vzduchu (cca od 30 do 45 % ± 5 %).

Vzhledem k výše popsaným zjednodušením bylo potřeba upravit i vztah 1, neboť v prostředí s nízkou rychlostí proudění vzduchu dochází v okolí povrchu manekýna k vytváření mezní vrstvy, jejíž tepelný odpor není zanedbatelný. Odpor tepelné mezní vrstvy je tedy potřeba odečíst od celkového tepelného odporu a vztah 1 pak přechází do podoby:

$$I_{TR} = I_T - I_\alpha = \frac{T_{HAND} - T_A}{Q_{HAND-T}} - \frac{T_{HAND} - T_A}{Q_{HAND-\alpha}} \quad (2)$$

kde Q_{HAND-T} je změřené množství energie dodané do měřené oblasti ruky během ustáleného stavu s oblečeným vzorkem rukavice (W/m²) a $Q_{HAND-\alpha}$ je změřené množství energie dodané do měřené oblasti ruky během ustáleného stavu bez oblečeného vzorkem rukavice (W/m²).

Úkony při měření

Na začátku měření byly levá a pravá ruka společně s pravým a levým předloktím zapnuty a nastaveny na teplotu 34 °C. Po dřívějších zkušenostech z měření s tepelným manekýnem, byly výše uvedené zóny nahřívány po dobu 2 hodin, aby byl manekýn řádně prohřátý a nevznikaly v něm parazitické tepelné toky do jeho vnitřních dutin. Tyto toky by mohly zkreslovat měření a tím by znemožnily jeho opakovatelnost. Po 2 hodinách nahřívání na ně byl nasazen jeden pár rukavic. Ruce se pak dále bez přerušení vyhřívaly i s rukavicemi na teplotu 34 °C a byl měřen tepelný tok generovaný manekýnem po dobu dalších dvou hodin. V průběhu celého měření bylo v klimatické komoře zhasnuto osvětlení, především z důvodu aby neovlivňovalo měření zvyšováním teploty vzduchu. Fotografie pořízené s rozsvícenými světly byly pořízeny po ukončení měření nebo delší dobu před jeho zahájením.

Úkony po měření

Ihned po skončení čtyřhodinového bloku měření jednoho páru rukavic byly rukavice z manekýna svléknuty a opět uloženy v klimatické komoře. Mezi dvěma měřeními bylo nutné dodržet časový rozdíl alespoň 4 hodin, aby bylo zajištěno řádné vychladnutí tepelného manekýna na teplotu okolí a měření provedená v jednom dni tak na sobě byla nezávislá. Dalším důvodem byla také časová rezerva pro případ potřeby úpravy teploty vzduchu v klimatizační komoře, protože při měření nemohla být spuštěna, aby zde nevznikalo nucené proudění vzduchu, které by bylo pro tuto naši metodiku nevhodné.

Vzhledem k časové vytiženosti klimatické komory bylo možné proměřit jednotlivé vzorky pouze 3x, proběhlo tedy 6 nezávislých měření pro jeden vzorek rukavice, protože byl vždy k dispozici jeden pár od jednoho vzorku (viz dále).

2.4 Testované vzorky

Od firmy Holík International s.r.o. jsme měli k dispozici těchto následujících 5 vzorků sériově vyráběných modelů rukavic. První čtyři vzorky jsou rukavice pro outdoorové aktivity spojené většinou s pobytem v lese, vzorek číslo 5 je pak speciální typ rukavice používaný pro ochranu rukou pracovníku v mrazírenských provozech.



Obrázek 5 Pět párů testovaných rukavic

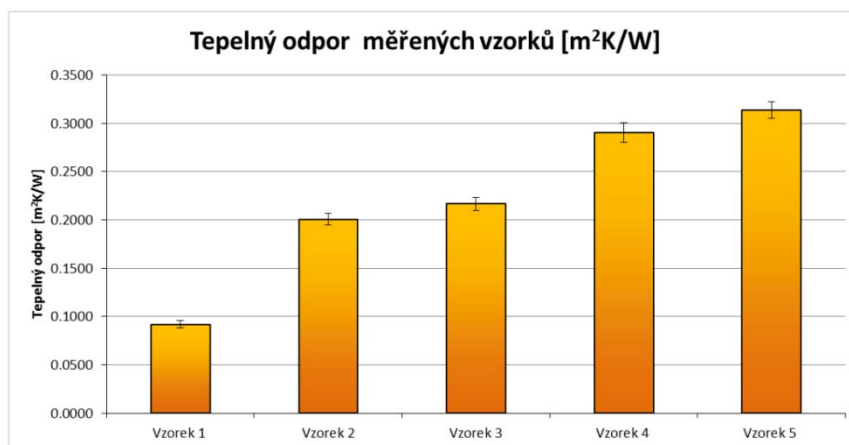
3 NAMĚŘENÁ DATA A DISKUZE VÝSLEDKŮ

Hodnoty, které byly naměřeny tepelným manekýnem v průběhu jednoho měření, se zaznamenávaly do počítače jednou za 5 sekund. Je tedy zřejmé, že při délce měření přes 4 hodiny, přesahoval počet naměřených záznamů z jednoho měření hodnotu 2880 datových řádků. Z tohoto důvodu se v naměřených datech vybraly reprezentativní desetiminutové intervaly, ve kterých byly spočteny hodnoty odporu proti konvekci a radiaci u neoblečené ruky I_a podle vztahu 2 a celkového odporu rukavic I_T . Pro odpor proti konvekci u ruky bez rukavic to byl časový interval 1:50 - 2:00 od zahájení experimentu a pro celkový odpor i s rukavicemi byl časový interval 1:30 - 1:40 od nasazení rukavic, kdy byl již průběh teplot a tepelných toků ustálený. Z těchto 120 hodnot se spočítal průměr, což byla výsledná hodnota jak I_a tak I_T pro jedno měření. Odečtením výsledné hodnoty I_a od I_T (viz vztah 2) byla získána hodnota tepelného odporu rukavic I_{TR} .

Tabulka 2 Změřené tepelné odpory jednotlivých vzorků a nejistoty měření

Číslo vzorku	Tepelný odpor I_{TR} m^2K/W	Nejistota m^2K/W	Nejistota v %
1	0.0918	± 0.0037	4.05
2	0.2010	± 0.0060	3.00
3	0.2169	± 0.0067	3.10
4	0.2904	± 0.0100	3.43
5	0.3137	± 0.0084	2.68

Protože měření každého páru rukavic bylo celkem třikrát opakováno, bylo pro každý vzorek získáno 6 nezávislých měření, z kterých byla vyhodnocena průměrná hodnota a kombinovaná nejistota typu C s rozšířením na 2σ (95 % pravděpodobnost) při uvažování bezpečnostního koeficientu 1.3 z důvodu malého počtu vzorků ve statistice (více viz [5 a 8]). Výsledné tepelné odpory pro jednotlivé vzorky a jejich nejistoty jsou uvedeny v Tabulce 2, graficky pak na Obrázku 6.



Obrázek 6 Tepelné odpory jednotlivých vzorků s grafickým znázorněním nejistoty měření (2σ)

Nejvyšší nejistota v procentech je u vzorku č. 1 a má hodnotu 4.05 % a naopak nejnížší nejistota o hodnotě 2.68 % byla vypočtena pro vzorek č. 5. Nejvyšší absolutní hodnota nejistoty je u vzorku č. 4 s hodnotou $\pm 0.01 m^2K/W$. I když je tato hodnota vyšší než u ostatních vzorků, tak procentuálně nedosahuje na nejvyšší hodnotu. Ta je u prvního vzorku způsobena především tím, že naměřená hodnota tepelného odporu rukavic je podstatně nižší než u ostatních vzorků,

a projevuje se tak vliv systematických nejistot měřicího řetězce, které mají tím větší vliv čím menší je měřená hodnota.

Dle *Tabulky 1* lze pak změřené vzorky rukavic zařadit do následujících tříd provedení a dle přílohy B lze odhadnout teploty okolního prostředí, pro něž je použití jednotlivých vzorků vhodné (viz *Tabulka 3*). Odhad se provádí v závislosti na tepelném odporu rukavic pro tři druhy celkové fyzické zátěže lidského těla.

Tabulka 3 Rozdělení měřených vzorků do tříd provedení a odhad vhodných teplot okolí při jejich použití

Číslo vzorku	Odhad třídy	Nízká aktivita °C	Střední aktivita °C	Vysoká aktivita °C
1	nesplňuje	málo izolující	málo izolující	+1.0
2	2	málo izolující	0.0	-30.0
3	2	málo izolující	-5.0	příliš izolující
4	3	+8.0	-12.0	příliš izolující
5	4	+5.0	-18.0	příliš izolující

Z výsledků uvedených v *Tabulce 3* lze konstatovat, že vzorek číslo 1 nelze zařadit do žádné třídy provedení, neboť má příliš nízký tepelný odpor. Vzorky 2 až 5 jsou pak použitelné při různých okolních podmínkách v závislosti na výši tepelného odporu a uvažované aktivitě. Za povšimnutí stojí výsledek vzorku 5, kde pro střední aktivitu vychází odhad vhodné teploty použití cca -18 °C. Tento výsledek dobře koresponduje s běžnými teplotami v mrazírenských provozech, pro které byly tyto rukavice navrženy.

4 ZÁVĚR

Pomocí vybavení dostupného na odboru Termomechaniky a techniky prostředí, FSI, VUT v Brně bylo otestováno pět párů rukavic od firmy Holík International s.r.o. s cílem navrhnout a ověřit metodiku měření tepelného odporu rukavic a tříd ochrany proti konvektivnímu chladu založenou na postupu dle normy ČSN EN 511. Z naměřených výsledků pilotního měření lze konstatovat, že se podařilo dosáhnout velice dobré opakovatelnosti měření, o čemž svědčí velice nízké hodnoty nejistot měření. Dále byla také zvládnuta metodika odhadu teploty okolního prostředí, pro něž je použití jednotlivých modelů rukavic vhodné. Je však nutné také zdůraznit, že pro měření byla z provozních důvodů přijata jistá zjednodušení a výsledky uvedené v tomto příspěvku tedy nemají plnou validitu dle ČSN EN 511.

Poděkování

Práce uvedená v příspěvku vznikla na základě podpory z projektu r. číslo FSI-S-14-2355 VUT v Brně a spolupráce firmy Holík International s.r.o. Autoři by rádi jmenovitě poděkovali především panu Tomáši Pekařovi za vstřícný přístup při vzájemné spolupráci a paní Cecilii Ponížilové za čas strávený při přípravě vzorků a dat nutných k měření.

Použitá literatura

1. *The History of Gloves*. In: Go planet gloves [online]. 2011 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: <http://www.goleathergloves.com/history-of-gloves.htm>
2. *Glove*. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. [cit. 2016-01-21] Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Glove>

3. Český institut pro akreditaci, o.p.s. [online]. [cit. 2016-02-11]. Dostupné z: <http://www.cia.cz>
4. Webové stránky firmy Holík International s.r.o.: [online]. [cit. 2016-08-1]. Dostupné z: <http://www.holik-international.cz/>
5. PIDROVÁ, K. *Testování tepelných vlastností rukavic pomocí tepelného manekýna*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 69 s. Vedoucí Ing. Bc. Jan Fišer, Ph.D.
6. ŠTĚTINA, J. *Klimatická komora*. In: Energetické fórum [online]. [cit. 2016-08-02]. Dostupné z: <http://www.energetickeforum.cz/fsi-vut-v-brne/laboratore/klimaticka-komora>
7. FIŠER, J. *Tepelný manekýn Newton*. In: Energetické fórum [online]. [cit. 2016-08-29]. Dostupné z: <http://www.energetickeforum.cz/fsi-vut-v-brne/pristrojove-vybaveni/tepelny-mankyn-newton>
8. FOJTLÍN, M., FIŠER, J., JÍCHA, M. *Determination of convective and radiative heat transfer coefficients using 34-zones thermal manikin: Uncertainty and reproducibility evaluation*. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2016, 77, 257-264. DOI: 10.1016/j.expthermflusci.2016.04.015. ISSN 08941777.
9. *Manuál tepelný manekýn Newton*. Measurement Technology Northwest - Thermetrics, 2010.
10. *Osobní konzultace s Ing. Petrem Nasadilem*, kontaktní adresa: Textilní zkušební ústav, s.p., Václavská 6 Brno e-mail: nasadil@tzu.cz