

## OPONENTSKÝ POSUDOK

### dizertačnej práce

**Autor:** Ing Jiří Pálka

**Názov:** Hodnotenie tepelnej pohody človeka podľa matematického modelu PMV  
(Evaluation of Thermal Comfort of a Man According to PMV Mathematical Model)

**Odbor:** Technická kybernetika

V predloženej dizertačnej práci sa autor venuje problematike hodnotenia tepelnej pohody človeka.

Rozsah predloženej dizertačnej práce je 175 strán a vrátane zoznamu použitej literatúry a publikácii autora, tiež ďalších 11 strán príloh. Práca je rozčlenená do dvoch základných kapitol (kapitola 4: teoretická časť a kapitola 5: experimentálna časť). Okrem toho práca obsahuje diskusiu výsledkov a výstupy pre prax. V teoretickej časti práce autor predkladá problematiku merania teploty. Definuje tepelnú pohodu a strednú radiačnú teplotu, popisuje rôzne druhy teplomerov. V tejto časti využíva simulácie v prostredí Matlab. V experimentálnej časti práce bol vypracovaný vyhodnocovací softvér pre navrhnutý zjednodušený PMV matematický model pre reálne miestnosti. Tiež bolo urobená určitá optimalizácia nákladov.

Posudzovaná dizertačná práca je napísaná v anglickom jazyku s českým abstraktom. K práci je priložený zoznam publikácií autora súvisiacich s témou dizertačnej práce, ktorý obsahuje 8 konferenčných príspevkov na medzinárodných a národných vedeckých konferenciách a 2 časopisecké publikácie.

V závere práce je urobená diskusia výsledkov práce a uvedené prínosy dizertačnej práce.

Dizertačná práca je po formálnej stránke spracovaná na vysokej úrovni.

#### **Aktuálnosť zvolenej témy**

Aj keď tepelná pohoda človeka je psychologicko-fyziologický pojem, jej meranie a vyhodnotenie patrí do oblasti fyzikálno-technickej. Predložená práca svojou tematikou je vysoko aktuálna. Práca súvisiace s kvalitou života človeka, životným prostredím, bezpečnosťou dopravných prostriedkov, ak spomenie len niektoré atribúty spojené s témou práce, sú trvalo vysoko žiadané.

#### **Splnenie sledovaných cieľov**

Ciele dizertačnej práce sú orientované na:

- spracovanie teoretických poznatkov súvisiacich s tepelnou pohodou,
- úpravu PMV modelu z ISO normy s cieľom získania presnejších výsledkov a jeho jednoduchšieho nasadenia,
- vytvorenie softvérového nástroja na výpočet matematického modelu PMV,
- optimalizáciu nákladov na udržiavanie tepelnej pohody v miestnosti,
- stanovenie strednej radiačnej teploty na základe merania niekoľkými termočlánkami,
- návrh dvoch typov vyhodnocovacích systémov tepelnej pohody,
- návrh na zameranie ďalšieho výskumu v tejto oblasti na pracovisku.

Domnievam sa, že doktorand uvedené ciele splnil v plnom rozsahu.

### **Zvolené metódy spracovania**

Autor pri spracovaní dizertačnej práce urobil teoretickú analýzu problematiky vrátane návrhu úpravy matematického modelu PMV. V experimentálnej časti tieto úpravy overil na základe simulácie aj experimentálnych dát a navrhol meracie systémy.

Uvedené metódy spracovania témy považujem za vhodné a adekvátne.

### **Výsledky dizertačnej práce a prínos pre rozvoj vedy a spoločenskú prax**

Táto práca je zameraná na riešenie problémov v určovaní tepelnej pohody. V teoretickej časti sú riešené niektoré návrhy spojené so zmenou najpoužívanejších PMV-PPD modelov, ktoré m umožňujú jeho jednoduchšie používanie a presnejšie výsledky.

V experimentálnej časti bol potom vytvorený softvérový nástroj výpočtu indexov tepelnej pohody v súlade s PMV modelom.

Dôležitým výsledkom tejto práce je stanovenie priemernej radiačnej teploty ako vstupného parametra, čo býva častým problémom. Riešenie spočíva v použití niekoľkých termoelektrických snímačov teploty. Toto riešenie má aj niektoré ďalšie výhody, ktoré sú tiež uvedené v práci.

Medzi dosiahnuté výsledky je možné zaradiť aj návrh dvoch typov vyhodnocovacích systémov tepelnej pohody.

Posledné dva menované výsledky tvoria tiež hlavné prínosy pre prax.

Predkladaná dizertačná práca je na veľmi dobrej úrovni, aj keď rozsahom možno trochu veľkým, čo zrejme vyplýva z šírky problematiky.

Určitým nedostatkom práce je absencia dôslednejšieho pojednania o neistotách výsledkov, ako z pohľadu požiadaviek na výsledky merania, tak aj z pohľadu požiadaviek na meracie systémy.

Celkovo konštatujem, že predkladaná dizertačná práca poskytuje prínosy pre rozvoj teórie a tiež ponúka zaujímavé odporúčania pre prax.

K práci nemám zásadne pripomienky.

Niektoré formálne prehrešky (jednotné písanie značiek a symbolov, písanie jednotiek v guľatých zátvorkách – pozri normy ISO radu 80 000, atď.) si autor zaiste uvedomuje.

Pri obhajobe však požadujem určité vyjadrenie o požiadavkách na metrologické parametre výsledkov merania a použitých meradiel a meracích systémov a vyjadrenie o dosiahnutých neistotách výsledkov meraní a neistotách použitých meradiel a navrhovaných meracích systémov

### **Záverečné hodnotenie**

Predkladaná dizertačná práca svedčí o tom, že Ing. Jiří Pálka je schopný tvorivo vedecky pracovať a výsledky vhodne implementovať v praxi. Predložená práca spĺňa všetky požiadavky kladené na dizertačnú prácu.

Na základe vyššie uvedených skutočností odporúčam prijať predloženú dizertačnú prácu k obhajobe, a v prípade jej úspešného priebehu udeliť Ing. Jiří Pálkovi vedecko-akademickú hodnosť „philosophiae doctor“ (PhD.) v študijnom odbore Technická kybernetika.

V Bratislave 20.10.2011



## Oponentský posudek disertační práce Ing. Jiřího Pálky

„Evaluation of Thermal Comfort of a Man According to PMV Mathematical Model“

### 1 Úvod

Předložená disertační práce se zabývá problematikou měřitelnosti subjektivního teplotního komfortu člověka a ukazuje na optimalizaci ekonomických nákladů při vytváření tepelné pohody člověka v obývaných místnostech. Autor ve své práci vychází z modelu PMV (Predicted Mean Vote Model) daného standardy ISO 7730 a ASHRAE 55.

Práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část. V teoretické části jsou ukázány základní přístupy k řešení dané problematiky a uveden je vlastní přínos spočívající v modifikaci PMV modelu s cílem získat přesnější výsledky a lepší aplikovatelnost modifikovaného modelu při simulaci tepelné pohody člověka než poskytuje původní model. V rámci praktické části práce byl připraven SW nástroj pro modelování reálné místnosti a počítání ukazatelů PMV, PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) a DR (Drought Rating). Pro vyhodnocení tepelné pohody byly navrženy dva systémy a uvedena jsou některá měření.

Téma disertační práce je důležitou oblastí technické kybernetiky. Námět práce je aktuální a v souladu s oborem disertace.

### 2 Splnění cílů disertace

Cíle disertační práce jsou vyjádřeny v osmi bodech ve 3. kapitole (s. 23). Jedná se zejména o modifikaci (optimalizaci) PMV modelu, vytvoření SW nástroje pro počítání ukazatelů PMV modelu a návrh dvou systémů (laboratorního a zabudovaného) pro vyhodnocení tepelné pohody.

Stanovené cíle disertační práce byly splněny, avšak k některým výsledkům mám určité připomínky: Způsob, jakým autor zdůvodňuje výhody modifikovaného PMV modelu (kapitola 4.7, s. 102-105), není přesvědčivý. Vytváření zmíněných SW nástrojů se mi pro disertační práci jeví jako ne příliš významné. V experimentální části práce jsem očekával zajímavá měření a pozoruhodné výsledky. V kapitolách věnovaných měření však autor prezentuje pouze měření relativně jednoduchá a neúměrně velký prostor věnuje katalogovým údajům měřících přístrojů.

### 3 Postup řešení problému

Disertační práce působí neuspořádaným dojmem. Práce je relativně rozsáhlá, ale příliš mnoho textu je věnováno popisu norem, použitých přístrojů a SW nástrojů místo toho, aby byla prezentována analýza získaných výsledků a jejich syntéza pro úderný závěr. Normy měly být zahrnuty do příloh a matematický model do teoretické části práce.

Zářivý tok (s. 164) je uveden chybně v jednotkách  $W.m^2$ , což zhoršuje čtivost práce. Několikrát se autor odkazuje na Chapter 0 (např. na s. 106 a 140), ale není zřejmé, o jakou kapitolu se jedná.

### 4 Původní přínosné části

Za nejvýznamnější přínos autora lze považovat návrh termometru pro měření a určení MRT (Mean Radiant Temperature), který řeší omezení standardního kulového termometru. Modifikace PMV modelu nezávislého na MRT je rovněž – i při zmíněné výtce – významným přínosem autora. Původním přínosem je také návrh a vytvoření měřícího modulárního systému pro ohodnocení teplotního komfortu člověka s ohledem na PMV matematický model.

## 5 Formální úprava disertační práce

Formální úprava disertační práce má některé nedostatky. Chybně je uvedena veličina  $\Delta D$  ve vztahu (3.45). Ve vztahu (3.53) chybí index u veličiny  $v$ . Pro veličinu  $L$  (viz komentář k rovnicím 3.62 a 3.63) jsou uvedeny různé názvy.

## 6 K publikacím studenta

Autor práce uvádí celkem 8 konferenčních příspěvků. Pouze 3 příspěvky byly (nebo budou) uvedeny na zahraničních akcích. Některé citace publikací nejsou úplné. Z časopiseckých publikací autor uvádí dvě v Jemné mechanice a optice. Autor nemá publikaci v žádném zahraničním časopise. Jedná se o relativně nízkou publikační aktivitu.

## 7 Otázka k obhajobě

Objasněte spektrální citlivost použitého senzoru TPS 333 (PerkinElmer) a její souvislost se spektrální citlivostí povrchu lidského těla.

## 8 Závěr

Předložená práce (187 stran) i při některých nedostatcích formálního charakteru splňuje požadavky kladené na disertační práci, proto doporučuji Ing. Jiřího Pálku pozvat k obhajobě této práce a v případě úspěšné obhajoby udělit Ing. Jiřímu Pálkovi titul Ph.D.

V Brně 26. října 2011



prof. Ing. Otakar Wilfert, CSc.

Prof. Ing. Karel Vlček, CSc.  
Dept. of Computer and Communication Systems  
FAI, Tomas Bata University in Zlin

## **Opponent opinion**

on dissertation thesis of Ing. Jiří Pálka  
“Evaluation of Thermal Comfort of a Man According to PMV Mathematical Model”

Dissertation thesis “Evaluation of Thermal Comfort of a Man According to Predicted Mean Vote Mathematical Model”, submitted by Ing. Jiří Pálka, interests in thermal comfort of a man by ISO 7730 and ASHRAE 55 standards. The thesis contains the theoretical knowledge streamed to thermal comfort and related themes. The thesis is divided into four main parts.

The first (theoretical) part is an introduction, a state of the art, and statement of research objectives, which form the way out of theoretical part, basic principles of physical theory and laws of thermal radiation. Another text describes mean radiant temperature as a specific parameter influencing thermal comfort. The substantial parameter is described in the following text; IR thermometers and pyrometers are introduced in the text, which is devoted to thermopile sensors that are used in practical part of the work.

Calls for research are based on the latest development in possible modification of predicted mean vote mathematical model. Mentioned modification is convenient when using thermopile sensors in thermal comfort evaluation and simplifies the computation of thermal comfort results. Thermal radiating body is supposed as a temperature higher than absolute zero. A body at a temperature greater than absolute zero radiates energy, which can differ depending on different types of body substance, surface smoothness, and temperature.

Rather extensive literature and state-of-the-art survey, including key terminology, has been made by the author in areas the terms radiation and emission are two homonyms and can be used not only for process but also for the product of radiation or emission process. The different bodies also absorb oncoming radiation in different amount.

In the second (experimental) part of the thesis there are introduced and experimentally presented a lot of measurements with infrared thermometers and pyrometers. It is described the configuration of measurement equipment, as well as narrowband radiation for the devices, which can be referred to as single color thermometers, and pyrometers. The design and construction of the radiation thermometer selects the detector and optical elements to yield the

optimum compromise based upon the conflicting parameters of cost, accuracy, speed of response, and usable temperature range. The spectral response of a pyrometer will determine whether a usable measurement is possible.

The third (discussion and practical result application) part of thesis the author has summarized, that this work is focused on elimination of limitations and problems in thermal comfort determination. The substantial part of this work is intended to determination of mean radiant temperature, which is the most difficult to determination of mean radiant parameter.

The thesis contains all necessary formal parts and the text is comprehensive and written in appropriate scientific level I have no serious comments on formal quality of the thesis, except the references list that is not arranged in order of the reference appearance in the text and the various formatting of the references.

Summary: Submitted thesis of ing. Jiří Pálka presents good contribution for the scientific and technical workers in the area of thermal control of a man. The main contribution I have found in the last part of the thesis, which is focused on elimination of limitations and problems in thermal comfort determination. From the reference list it is evident that author has very good overview in this topic and the thesis was sufficiently presented.

To conclude, I can confirm that Ing. Jiří Pálka, by submitting the dissertation thesis, fulfils all needs for independent, systematic and scientific work. He presented new ideas and new solutions that can be included into physical measurement methodology. The aims of the thesis were completed and met their definition. I can recommend, after the successful defense of the thesis before the commission and answering all the questions, confer a degree “doctor philosophiae” (in abbreviation “Ph.D.”) in the study program Technical Cybernetics.

I recommend the thesis for defense.

Zlín 24<sup>th</sup> October 2011



Prof. Ing. Karel Vlček, CSc.