

THERMAL COMFORT

Martin Jorda

Bachelor Degree Programme(3), FEEC BUT

E-mail: xjorda06@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jan Macháček

E-mail: machacek@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This work is focused on overall perception of thermal comfort (thermal neutrality) by humans in a building or room, determination of individual aspects, which affect this perception, complex determination of thermal comfort and consequent evaluation. Basically the target is the creation of the best possible thermal conditions in which people would feel comfortable („enjoy thermal comfort“), for a set room.

1. ÚVOD

Tepelná pohoda je tradičním faktorem hodnocení stavu vnitřního prostředí k pobytu a činnosti člověka v budovách. Tepelnou pohodu lze charakterizovat jako stav, kdy prostředí odnímá člověku jeho tepelnou produkci bez výrazného pocení a člověk je spokojen s tepelným i vlhkostním stavem prostředí. Je známo, že tepelný komfort člověka není dán pouze teplotou vzduchu, ale také mnoha dalšími faktory (teplota stěn, rychlost proudění vzduchu, vlhkost vzduchu, aktivita dotyčného jedince atd.).

2. TERMOREGULAČNÍ SYSTÉM LIDSKÉHO TĚLA

Zdravý člověk má téměř konstantní tělesnou teplotu 36,5 °C, která se nemění ani při velkých změnách teploty okolí ani při velmi diferencované svalové činnosti. Zvýšení jen o 0,5 °C signalizuje zdravotní poruchu. Optimální teplota vzduchu v místnosti je pro oblečeného člověka 21,5 ± 2 °C v zimním období. Teplota okolních ploch, tedy stěn, stropu, oken apod. nemá být nižší než o 2 °C. V letním období je tato hodnota v rozmezí 26 ± 2 °C a je závislá zejména na teplotě venkovního prostředí, neboť člověk vnímá teplotu relativně.

3. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TEPELNOU POHODU

- **Vnitřní prostředí:** teplota vzduchu t_v [°C], střední radiační teplota t_r [°C], operativní teplota t_o [°C], efektivní teplota t_{ef} [°C], teploty povrchů okolních ploch t_n [°C], vlhkost vnitřního vzduchu φ [%], rychlost proudění vzduchu w [m·s⁻¹].
- **Osobní faktory:** stupeň aktivity, oblečení (izolační hmota) [clo].
- **Doplňující faktory:** jídlo a pití, aklimatizace, aklimace, tělesná postava a podkožní tuk, věk a pohlaví, energetický výdej člověka M [W·m⁻²].

4. SDÍLENÍ TEPLA MEZI LIDSKÝM TĚLEM A PROSTŘEDÍM

Při zvýšené námaze, kdy vzroste tepelná produkce člověka, se nejprve zvýší povrchová teplota těla větším prokrvením povrchových vrstev těla včetně pokožky. Tím stoupnou tepelné ztráty těla konvekcí a radiací. Za podmínek tzv. suchého pocení, kdy není vývin potu viditelný, odvádí se do okolí vypařováním potu a dýcháním přibližně 25 - 30 % produkovaného tepla. Při středně těžké fyzické práci dosahuje tento podíl 40 %. Nestačí-li prokrvení pokožky k odvodu zvýšené tepelné produkce, dojde k intenzivnímu pocení, které je viditelné - člověk se začne mokře potit, což pocítujeme jako nepohodu. Na sdílení tepla mezi lidským tělem a prostředím má hlavní vliv nejen sdílení tepla konvekcí (proudění) a radiací (sáláním), ale také účinná teplota okolních ploch a radiační vlastnosti lidského těla.

5. MĚŘENÍ A HODNOCENÍ TEPELNÉHO STAVU PROSTŘEDÍ

Ze vztahů pro sdílení tepla konvekcí, radiací a pro tepelný tok oděvem lze odvodit rovnici tepelné pohody člověka:

$$t_v + a \cdot t_u = b \quad (1)$$

Parametry a , b obsahují tepelnou produkci q [W], tepelný odpor oděvu R [m²·K·W⁻¹], rychlost proudění vzduchu w [m·s⁻¹] i vlhkost vzduchu danou tlakem vodních par p_D [Pa]. Tato rovnice může sloužit k posouzení, zda naměřená dvojice teplot - teplota vzduchu t_v [°C] a účinná teplota okolních stěn t_u [°C] - vyhovují dané aktivitě člověka při daném oblečení.

5.1. ZÁKLADNÍ PŘÍSTROJE PRO SLEDOVÁNÍ INTERNÍHO MIKROKLIMATU

Stav interního mikroklimatu (neboli vnitřního prostředí) nelze z důvodů širokého spektra okrajových a provozních podmínek současnými prostředky výpočtového modelování jednoznačně postihnout. K posouzení stavu vnitřního prostředí je proto nutné využít měření a přístrojovou techniku. Základní přístroje k posouzení stavu tepelně vlhkostního mikroklimatu jsou:

- kulový teploměr,
- psychrometr,
- analyzátor interního mikroklimatu.

5.2. SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ TEPELNÉ POHODY

Dvě metody používané pro hodnocení (zjišťování) tepelné pohody lidí jsou:

- dotazníky, kdy dotazovaní odpovídají na otázky týkající se převážně vnímání teploty a současně se měří parametry vzduchu v místnosti (v běžném prostředí),
- měřeními fyziologických změn člověka, jako je pocení, vlhkost pokožky nebo její teplota (v klimatické komoře).

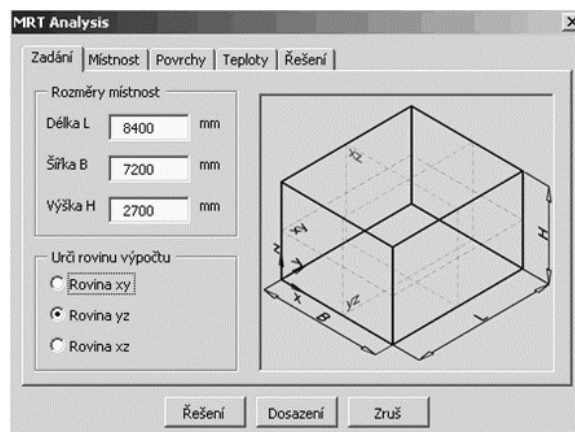
6. OVLIVŇOVÁNÍ TEPELNÉ POHODY OBYTNÝCH PROSTOR JEDNOTLIVÝMI ZPŮSOBY VYTÁPĚNÍ A KLIMATIZACE

- **Podlahové vytápění** - dobrá tepelná pohoda, která je dána rozložením tepla v místnosti a tím i lepším pocitem tepelného komfortu.
- **Stěnové vytápění** - tepelná pohoda je dokonalejší než u podlahového topení.

- **Radiátorové vytápění** - bodový zdroj, který neumožňuje rovnoměrné rozložení tepla po celé místnosti.
- **Teplovzdušné vytápění a větrání** - naprostá kontrola kvality vzduchu v místnosti a zajištění splnění hygienických požadavků.
- **Klimatizace** - typické řazení prvků pro úpravu (nejen ochlazování) vzduchu.

7. PROGRAMY PRO SIMULACI TEPELNÝCH POCHODŮ

- **MRT Analysis** - s použitím tohoto programu lze vyhodnotit střední radiační teplotu ve formě "izomap" v libovolně zvolené rovině prostoru.



Obrázek 1: Prostředí programu MRT Analysis.

- **ESP-r** - simulační program používaný pro hodnocení tepelného chování budov.
- **Hefaistos (Release 6)** - statický model pro výpočet operativní teploty, popis ustáleného stavu v uzavřených halách vytápěných především tmavými infrazářiči.
- **CASAnova** - vzdělávací software pro energii a požadavky vytápění, sluneční tepelné zisky a riziko přehřívání v budovách.
- **Thermal Comfort** - poskytuje uživatelsky přívětivé rozhraní pro výpočet parametrů a vytváření prognóz tepelné pohody užívající několik tepelných modelů.

8. ZÁVĚR

Touto prací by se měl pro každého posluchače objasnit pojem „tepelná pohoda“, jedná se totiž o problematiku týkající se každého člověka. Přínosem by mělo být co nejlepší řešení návrhu vytápěcího systému pro různé vytápěné objekty a různé uživatele tak, aby co největší procento osob bylo v daném prostoru maximálně spokojeno.

LITERATURA

- [1] TZB-info [online]. © 2001 - 2007, poslední revize 28. 2. 2007 [cit. 2007-2-26]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3102>>. Stanovení střední radiační teploty.
- [2] VAVERKA, J., CHYBÍK, J., SEDLÁK, R.: Energetické hodnocení budov a tepelná pohoda vnitřního prostředí. Brno, 1992, 94 s.