

Prof. M. V. JOKL, DrSc.,
 ČVUT v Praze, stavební fakulta
 Prof. MUDR. Zdeněk JIRÁK, CSc.
 fakulta zdravotně sociální
 Ostravské university,
 Ing. Daniel ŠEBESTA,
 ČVUT v Praze, stavební fakulta

Nový způsob hodnocení nerovnoměrné tepelné zátěže člověka

New Methods for the Evaluation of Non-Uniform Heat Loads of Human Beings

Recenzentka
 MUDR. Ariana Lajčiková, CSc.

Je navržen nový způsob hodnocení nerovnoměrnosti tepelné zátěže člověka v interiéru budov, založený na měření stereoteploty. Dosavadní způsob doporučený ČSN EN ISO 7730 a vládním nařízením č. 178/2001 Sb. v plném znění nevyhovuje. Opírá se o tzv. asymetrii radiační teploty, která zachycuje pouze vliv rozdílu osálení člověka na osálené a protilehlé straně. Její optimální teploty lze dosáhnout např. zvyšováním sálení na protilehlé straně (asymetrie tím klesá až případně na nulu i když ve skutečnosti tím organismus trpí), avšak nikoliv aplikací např. klimatizační jednotky, foukající chladný vzduch na osálený povrch – asymetrie se tím nemění. Stereoteplota, na rozdíl od asymetrie, respektuje fyziologickou odezvu lidského organismu, neboť a) zachycuje sálení pouze z jedné, exponované strany, b) zachycuje nejen vliv tepelné radiace, ale i konvekce. Navíc průměr stereoteploty je roven globeteplotě a rozdílem stereoteploty lze určit v případě potřeby i asymetrii radiační teploty.

Klíčová slova: nerovnoměrná tepelná zátěž, stereoteplota, vnitřní prostředí

A new way of evaluation of the nonuniform heat load on man in building interior, based on the measurement of the so called "stereotemperature" is proposed. The way recommended by EN ISO 7730 so far and by the Government Directive No. 178/2001 Code. in valid version cannot be successfully applied in practice being based on the radiant temperature asymmetry which reflects only the impact of the difference of human body irradiation on opposite sides. Because its optimal value can be reached e.g. by irradiation increase on the opposite side (by which human body suffers even if the asymmetry decreases, maybe to zero) but not e.g. by air conditioning unit application streaming the cold air at irradiated surface – asymmetry doesn't change. Stereotemperature, in contradiction to asymmetry, reflects the physiological response of human organism because a) responses the radiation from one side only, b) convection impact is included as well. And more, the stereotemperature average equals globe temperature and from stereotemperature difference, if necessary, asymmetry can be estimated.

Key word: nonuniform heat load, stereotemperature, indoor environment

Nový způsob hodnocení nerovnoměrné tepelné zátěže člověka, založený na měření stereoteploty [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13], umožňuje nahradit dosavadní nevyhovující způsob předepsaný doporučenou ČSN EN ISO 7730 Mírné tepelné prostředí – Stanovení ukazatelů PMV a PPD a popis podmínek tepelné pohody a závazným nařízením vlády č. 178/2001 Sb. v platném znění.

ČSN EN ISO 7730 uvádí v příloze D Doporučené požadavky tepelné pohody, odst. D.1.1. :

„e) Asymetrie radiační teploty oken nebo jiných chladných svislých povrchů musí být menší než 10 °C (ve srovnání s malou svislou plochou 0,6 m nad podlahou).

f) Asymetrie radiační teploty od teplého (vytápěného) stropu musí být menší než 5 °C (ve srovnání s malou plochou 0,6 m nad podlahou).“

Podle nařízení vlády č. 178/2001 Sb. v platném znění [3], kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci, je závazně předepsán § 4, odst. 1, část A přílohy 1, odst. 3:

„3. Na uzavřených pracovištích musí být zajištěny hodnoty mikroklimatických podmínek uvedené v tab. 2. Na pracovištích třídy I a IIa, musí být ještě dodrženy tyto požadavky:

3.1 rozdíly teplot vzduchu mezi úrovní hlavy a kotníků nesmí být větší jak 3 °C,

3.2 asymetrie radiační teploty od oken nebo jiných chladných svislých povrchů nesmí být větší než 10 °C,

3.3 asymetrie radiační teploty od teplého stropu nebo jiných vodorovných povrchů nesmí být větší než 5 °C,

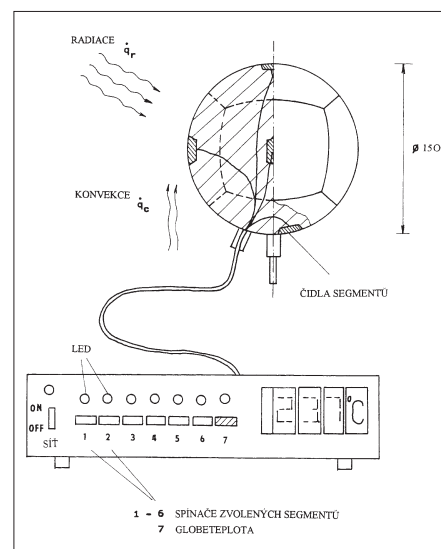
3.4 intenzita osálení hlavy nesmí být větší než 200 W.m⁻².“

Asymetrie radiační teploty je definována jako rozdíl mezi radiační teplotou dvou protilehlých ploch a odpovídá rozdílu intenzit dopadajícího záření ze dvou protilehlých stran.

Přípustné hodnoty asymetrie radiační teploty lze tudíž dosáhnout jen dvěma způsoby: snížením intenzity sálení (povrchové teploty) posuzované sálavé plochy (pokud je to možné) nebo zvýšením intenzity sálení z protilehlé strany, což je evidentně nesmysl. Zcela chybí možnost použití konvekce k dosažení přípustného nebo optimálního stavu: budeme-li kompenzovat vysoké sálení z jedné strany chladným vzduchem z klimatizační jednotky z téže strany, asymetrie radiační teploty se nezmění, neboť konvekce v ní není zahrnuta, tj. jedná se tudíž o nesmyslné opatření z hlediska ČSN EN ISO 7730 i nařízení vlády č. 178/2001 Sb. v platném znění. Přitom je nejčastějším možným řešením.

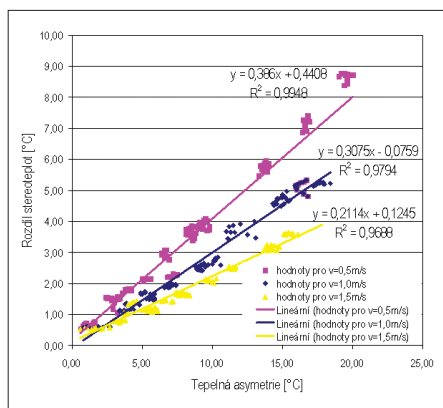
Samozřejmě totéž platí pro negativní radiaci studených sálajících ploch.

Např. v zimě v místnosti s velkou prosklenou plochou lze dosáhnout optimálního stavu také tak, že protilehlou stěnu zvolíme také prosklenou, tj. o stejné povrchové teplotě jako stěnu první. Tím splníme předepsaný pokles asymetrie radiační teploty dokonce na nulu, ale komfort člověka v tomto prostředí bude žalostný, přesněji řečeno o tepelné pohodě nelze vůbec hovořit [4, 5, 6].



Obr. 1 Schéma stereoteploměru

Chyba je již v základním fyziologickém teoretickém předpokladu, že osálení exponovaného povrchu těla je závislé také na osálení protilehlého neexponovaného povrchu lidského organismu. Osálení každé strany je nutno řešit separátně, z hlediska fyziologie není možno osálení jedné strany řešit zásahem na protilehlém povrchu těla. Vůbec to nesouvisí se skutečností, že budu-li jednu stranu ohřívát, tak se mi celkový stav zhorší, budu-li ještě protilehlou stranu chladit. To by totiž potom také znamenalo, že optimální stav mohou dosáhnout nahřáním i druhé strany (asymetrie radiační teploty by se tím zlepšila, dokonce by mohla být nulová) až bych



Obr. 2 Rozdíl stereoteplot v závislosti na tepelné asymetrii

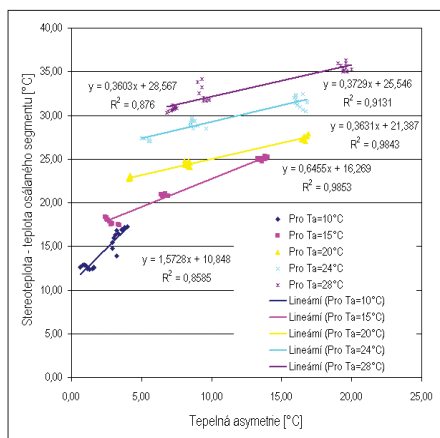
člověka upekl. V hypothalamu (oblast mozku) má člověk dokonce zvláštní centrum pro chlad a zvláštní centrum pro teplo, viz např. [4].

Z uvedených skutečností je zřejmé, že jako kritérium nevyhovuje ani asymetrie radiční teploty, ani intenzita osálení. Musí být nahrazena kritériem, které

- a) zachycuje osálení pouze jedné, exponované strany,
- b) zachycuje nejen vliv tepelné radiace, ale i konvekce.

Fyziologická reakce lidského organismu je totiž společná pro radiaci i konvekci, člověk reaguje současně na obojí. Je ostatně nespornou skutečností, že úroveň radiace, která je nebezpečná při vysoké teplotě vzduchu, může být dokonce příjemná při nízké teplotě vzduchu.

Těmto podmínkám vyhovuje tzv. stereoteplota, měřená stereoteploměrem. Přístroj je koule o stejném průměru jako u klasického kulového teploměru, tj. 15 cm (6 in.), rozdělená do šesti tepelně oddělených segmentů; teplota každého segmentu je pak uvedena stereoteplota (obr. 1). Průměrná hodnota ze všech šesti stereoteplot je dosavadní globoteplota, rozdíl stereoteplot protilehlých segmentů odpovídá asymetrii radiční teploty (např. 1,5 °C odpovídá asymetrii 5 °C, 3°C odpovídá 10 °C obr. 2), nebo rozdílu intenzit dopadajícího osálení z obou protilehlých stran. Stereoteploměr tedy také nahrazuje přístroj Indoor Climate Analyzer Type 1213



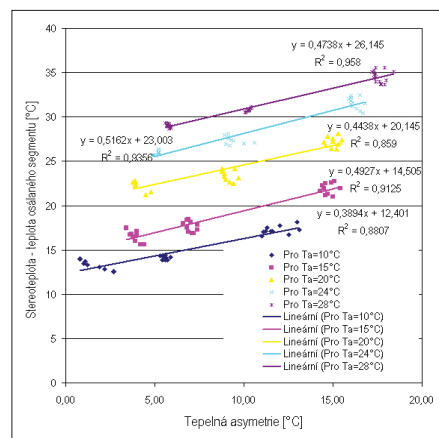
Obr. 3a Stereoteplota v závislosti na tepelné asymetrii a teplotě vzduchu pro $v = 0,5 \text{ m/s}$

a Thermal Comfort Data Logger Type 1221 společnosti Brüel a Kjaer. Avšak pouze stereoteplota exponovaného segmentu je závislá také na teplotě a rychlosti vzduchu (obr. 3) a tudíž jako kritérium použitelná.

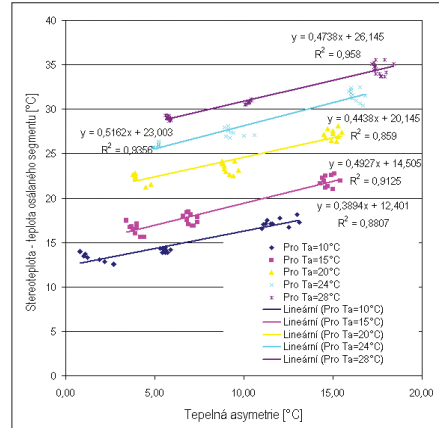
Stanovení přípustné a optimální hodnoty stereoteploty bude předmětem další experimentální práce.

Použitě zdroje:

- [1] ČSN EN ISO 7730 Mírné tepelné prostředí – Stanovení ukazatelů PMV a PMD a popis podmínek tepelné pohody
- [2] Nařízení vlády č. 178/2001 Sb. v platném znění, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci
- [3] Nařízení vlády č. 523/2002 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb.
- [4] Jokl, M. V.: Microenvironment: The Theory and Practice of Indoor Climate. Thomas, Illinois, USA 1989.
- [5] Jokl, M. V.: Zdravé obytné a pracovní prostředí. Academia, Praha 2002.
- [6] Jokl, M. V.: Přirozená klimatizace. ERA, Praha 2004
- [7] Jokl, M. V.: Způsob stanovení tepelné zátěže člověka po povrchu těla infračerveným zářením. Čs. patent č. 117894, Praha 1966.
- [8] Jokl, M. V., Tůma, V.: Směrový kulový teploměr. Popis vynálezu k autorskému osvědčení č. 236203, Praha 1988
- [9] Jokl, M. V., Vajner, L.: Kulový teploměr. Užitiný vzor č. 13547. Zapsaný 1. 8.2003.



Obr. 3b Stereoteplota v závislosti na tepelné asymetrii a teplotě vzduchu pro $v = 1,0 \text{ m/s}$



Obr. 3c Stereoteplota v závislosti na tepelné asymetrii a teplotě vzduchu pro $v = 1,5 \text{ m/s}$

- [10] Jokl, M. V.: The Stereothermometer: A new instrument for hygrothermal constituent nonuniformity evaluation. ASHRAE Transactions 96, 1990, č. 3435, s. 13-18.
- [11] Jokl, M. V.: Stereothermometer zur Bewertung des Thermo-Feuchtigkeit-Mikroklima in Gebäuden. Heizung, Lüftung, Klima, Haustechnik 42, 1991, č. 1, s. 27-32.
- [12] Jokl, M. V.: Stereoteploměr – nový přístroj pro hodnocení nerovnoměrnosti tepelně-vlhkostní konstituenty prostředí. Čs. hygiena 36, 1991, č. 1, s. 14-24.
- [13] Jokl, M. V.: Hygrothermal microclimate: New system for evaluation of non-uniformity. Building serv. Eng. Technol. 13, 1992, č. 4, s. 225-230. ■

*** Stěnový větrací modul**

Firma Weiss Klimatechnik GmbH rozšířila svůj výrobní program vzduchotechnických zařízení pro nemocnice o další výrobek. Modul vyvinutý pro operační sály představuje, podle výrobce, hygienickou a z hlediska údržby a servisu vhodnou alternativu k stropním modulům.

Přístroj se zejména hodí pro místnosti s nízkými stropy nebo podhledy. Větrací modul se přistavuje ke stěně. Přívodem vzduchu do místnosti z podstropního laminarizátoru při současném odvodu oběhového vzduchu v oblasti podlahy se stabilizuje bezturbulentní vytěšňovací proudění. Předností stěnového modulu je přístupnost ke

všem komponentům z přední či zadní strany a proto jsou veškeré údržbové či servisní práce možné mimo operační sál. Ventilátor dodává objemový průtok vzduchu 1000 až 4000 m³/h. Oběhový vzduch se nasává přes filtr F9.

CCI 9/2005

(Ku)

*** Také částečně fluorované uhlovodíky (HFC) třeba likvidovat**

V dubnu 2005 vyšla aktuální studie UNEP (United Nations Environment Programm) konstatováním, že i na místo halogenizovaných uhlovodíků CFC a HCFC nasazované

částečně fluorované uhlovodíky HFC „mají výrazný skleníkový efekt“. Tyto látky nesmějí být požívány záměnou za „ozónové vrahy“, protože ve smyslu ochrany klimatu nelze dělat žádné kompromisy mezi ochranou ozónové vrstvy a minimalizací klimatických změn.

UNEP žádá, aby při recyklaci chladicích přístrojů byly zpracovávány ve vhodných zařízeních i staré přístroje s těmito látkami. Jako při využívání chladicích přístrojů obsahujících CFC je třeba i zde, z hlediska boje proti skleníkovému efektu, jak chladiva z chladicích okruhů, tak i v izolačních materiálech obsažené HFC příp. HCFC beze zbytku těžit a likvidovat.

CCI 6/2005

(Ku)