

PRÍSTUPY K HODNOTENIU PRACOVNÉHO PROSTREDIA V PRIEMYSLE

APPROACHES TO EVALUATION OF WORKING ENVIRONMENT IN INDUSTRY

Ružena KRÁLIKOVÁ – Hana SOKOLOVÁ

ABSTRAKT

Pracovné prostredie je jedným z dôležitejších faktorov zvyšovaní výkonu zamestnancov, ich pohody, redukcií chýb, zníženiu neprimeranej pracovnej záťaže a únavy, práceneschopnosti, či chorôb z povolania. Dosiahnuť správnu rovnováhu na pracoviskách nie je vždy jednoduché. Príspevok sa zaoberá problematikou tepelno-vlhkostnej pomerov v pracovnom prostredí. Pozornosť je venovaná teoretickej i praktickej stránke hodnotenia mikroklimatických parametrov pracovného priestoru, ktorý by mal okrem funkčných požiadaviek spĺňať aj požiadavky z hľadiska kvality, bezpečnosti a hygieny.

Kľúčové slová: pracovné prostredie, mikroklíma, tepelná pohoda, hodnotenie

ABSTRACT

The working environment is one of the most important factors to enhancing of the performance of employees, their well-being, errors reducing; reducing of excessive workload and fatigue, disability, or illness. To strike the best balance at work is not always easy. The paper deals with thermal and humidity conditions in the working environment. Attention is given to theory and practice assessment of microclimatic parameters in workspace that would meet the functional requirements in addition to the requirements in terms of quality, safety and hygiene.

Key words: working environment, microclimate, thermal well-being, evaluation

ÚVOD

Priemyselné pracovné prostredie je pracovné prostredie ovplyvnené jedným alebo viacerými pre človeka nežiaducimi vplyvmi. Nežiaduce až zdraviu škodlivé faktory priemyselného pracovného prostredia sú definované ako fyzikálne, chemické a biologické faktory, ktoré môžu spôsobiť poruchy zdravia. Pracovné prostredie priemyselných prevádzok je často krát je charakterizované výkyvmi teplôt, zvýšenou prašnosťou, vlhkosťou, žieravými plynmi alebo kvapalinami, zvýšeným elektromagnetickým rušením, statickými výbojmi a pod., ktorým sú pracovníci vystavení. Jeho technické vybavenie je významným zdrojom tepla resp. chladu. V súvislosti s tepelno-vlhkostnou mikroklímou je nadmerné teplo alebo chlad, vlhko (vodná para), nesprávne prúdenie vzduchu považované za škodlivinu.

TEPELNÝ KOMFORT NA PRACOVISKU

Tepelný komfort nastáva pri podmienkach, kedy okolité prostredie dovoľuje odvádzať adekvátne množstvo tepla z organizmu do okolia, keď nedochádza k veľkým výkyvom telesnej teploty, potenie je nízke a fyziologická námaha pri regulácii je minimalizovaná. Proces prenosu tepla medzi ľudským telom a prostredím je základom pre súčasný postoj v probléme tepelného komfortu. Faktory ovplyvňujúce tepelný komfort môžu byť rozdelené do troch skupín [7]:

- *Fyzikálne faktory prostredia* - teplota vzduchu, pohyb vzduchu, vlhkosť a sálanie.
- *Osobné faktory* - hodnota metabolizmu a oblečenie.

- *Doplňujúce (sekundárne) faktory* - jedlo a pitie, aklimatizácia, fyzická štruktúra tela, podkožný tuk, vek, pohlavie, vizuálne podnety, zdravotný stav, sezónne a denné rytmy, adaptácia.

Vo všeobecnosti platí, že tepelná pohoda závisí na pocitovom vnímaní človeka, psychologických vplyvoch a na skúsenostiach s tepelným stavom prostredia a je podmienená tepelnou rovnováhou. Tepelná rovnováha však sama o sebe nie je dostatočná ku vytvoreniu tepelného komfortu, dotvára ho optimálna vlhkosť, prúdenie a výmena vzduchu.

METÓDY HODNOTENIA

Existujú dva základné prístupy k hodnoteniu pracovného prostredia a zisťovaniu tepelného komfortu:

- Subjektívne metódy sú na základe dotazovania sa opýtaných dotazníkmi so súčasne vykonávanými meraniami podmienok na pracovisku. Tieto metódy hodnotenia sa používa pri zisťovaní subjektívneho vnímania pôsobiaceho faktora na testovaný subjekt (osobu). Pri tomto hodnotení sa informatívne zisťuje stav prostredia dotazníkmi.
- Objektívne metódy spočívajú v meraní tepelno-vlhkostných parametrov a fyziologických reakcií človeka na zafinované prostredie (klimatické komory, kontrolované miestnosti).

Pri objektivizácii fyzikálnych faktorov tepelno-vlhkostnej mikroklímy meraním sa používajú aktuálne metódy a techniky merania. Toto hodnotenie sa vykonáva na základe porovnania nameraných veličín pre hodnotenie tepelno-vlhkostnej mikroklímy s limitmi uvedenými v legislatíve, platných predpisoch, smerniciach. Ak namerané hodnoty určitého faktora prekračujú normované hodnoty, je dôležité zabezpečiť elimináciu daného faktora aplikáciou rôznych opatrení [6].

Stratégiou posudzovania rizika pri prevencii proti stresu alebo nepohodliu v miernych, studených a horúcich tepelných pracovných podmienkach sa zaoberá ISO 15265: 2004.

Rýchle ohodnotenie tepelno-vlhkostnej sa zakladá na stanovení tepelného komfortu/diskomfortu pomocou indexov. Index kombinuje dva alebo viac parametrov do jednej premennej a zjednodušuje popis tepelno-vlhkostného prostredia. Môže sa jednať o indexy analytické, založené na teoretických konceptoch (vznikli na základe pozorovaní osôb v klimatických komorách) alebo empirické, založené na meraniach na objektoch alebo na zjednodušených matematických výpočtoch, resp. vzťahov.

Indexy môžu byť delené aj podľa toho, pre hodnotenie ktorého druhu tepelno-vlhkostného prostredia sú určené (mierne, horúce, studené prostredie).

SÚČASNÝ STAV NA SLOVENSKU

Problematikou tepelno-vlhkostnej mikroklímy na Slovensku zaoberá viacero vyhlášok, nariadení vlády a niekoľko noriem, prevzatých z medzinárodných. Aj napriek tomu v oblasti objektivizácie a merania fyzikálnych veličín tepelno-vlhkostnej mikroklímy v súčasnosti panuje určitá nejednotnosť, keďže nejednotná štandardná metodika ako napr. v Českej republike. Pre posúdenie plnenia požiadaviek záťaže teplom alebo chladom zamestnancov pri práci sú podkladom výsledky priameho alebo nepriameho merania a ich porovnanie s hodnotami parametrov, ustanovenými vo vyhláške MZ SR č. 544/2007 Z. z..

Medzi hodnotené parametre tepelno-vlhkostnej mikroklímy patria:

- rýchlosť prúdenia vzduchu v_o [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$], veličina určená veľkosťou a smerom prúdenia, charakterizuje pohyb vzduchu v priestore,
- teplota vzduchu (suchá teplota) - t_o [$^{\circ}\text{C}$] je teplota vzduchu v okolí ľudského tela, vo vnútornom priestore, bez vplyvu pôsobenia sálavého tepla od okolitých plôch,
- relatívna vlhkosť vzduchu - R_o [%] vyjadruje stupeň nasýtenia vzduchu vodnými parami. Je definovaná pomerom hustoty vodnej pary vo vzduchu a vo vlhkom vzduchu nasýtenom vodnou parou pri rovnakej teplote a tlaku a
- operatívna teplota - t_o [$^{\circ}\text{C}$] je jednotná teplota uzavretého čierneho priestoru, v ktorom by medzi človekom a prostredím nastala výmena rovnakého množstva tepla prúdením a sálaním ako v skutočnom nehomogénnom prostredí.

Metódy merania fyzikálnych veličín prostredia musia brať do úvahy, že tieto veličiny sa v pracovnom prostredí v priemysle menia s miestom a časom. V heterogénnom prostredí musia byť fyzikálne veličiny merané na niekoľkých miestach na subjekte alebo v jeho okolí, pričom je nutné brať do úvahy čiastkové získané výsledky pre určenie priemernej hodnoty veličín, ktoré sa uvažujú pri hodnotení komfortu alebo tepelnej záťaže [1]. Parametre tepelno-vlhkostnej mikroklímy je možné merať súčasne na rôznych miestach. Meracie miesta sa volia podľa činnosti a pohybu osôb. Doporučené výšky umiestnenia snímacích senzorov sú na úrovni členkov, brucha a hlavy sediacej alebo stojacej osoby. (Tab. 1.)

Tab. 1 - Výška merania

Úrovne tela	Sediaca osoba	Stojaca osoba
Úroveň členkov	0,1 m	0,1 m
Úroveň brucha	0,6 m	1,1 m
Úroveň hlavy	1,1 m	1,7 m

Pri meraní a hodnotení fyzikálnych veličín tepelno-vlhkostnej mikroklímy sa berie do úvahy časová a priestorová homogenita vnútorného prostredia priemyselnej prevádzky. Voľba počtu meracích miest z hľadiska vertikálneho rozloženia mikroklimatických parametrov je závislá od homogenity resp. heterogenity prostredia v blízkosti pracovníka.

Pre homogénne prostredie postačujú merania vo výške brucha sediacej alebo stojacej osoby, heterogénnom prostredí na niekoľkých miestach priestoru vo všetkých troch výškach - hlava, brucho, členky. Z nameraných veličín pre všetky tri výšky sa stanoví stredná hodnota podľa vzťahu (1):

$$\Phi_t = \frac{t_{HLAVA} + 2t_{BRUCHO} + t_{KOTNÍKY}}{4} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1).$$

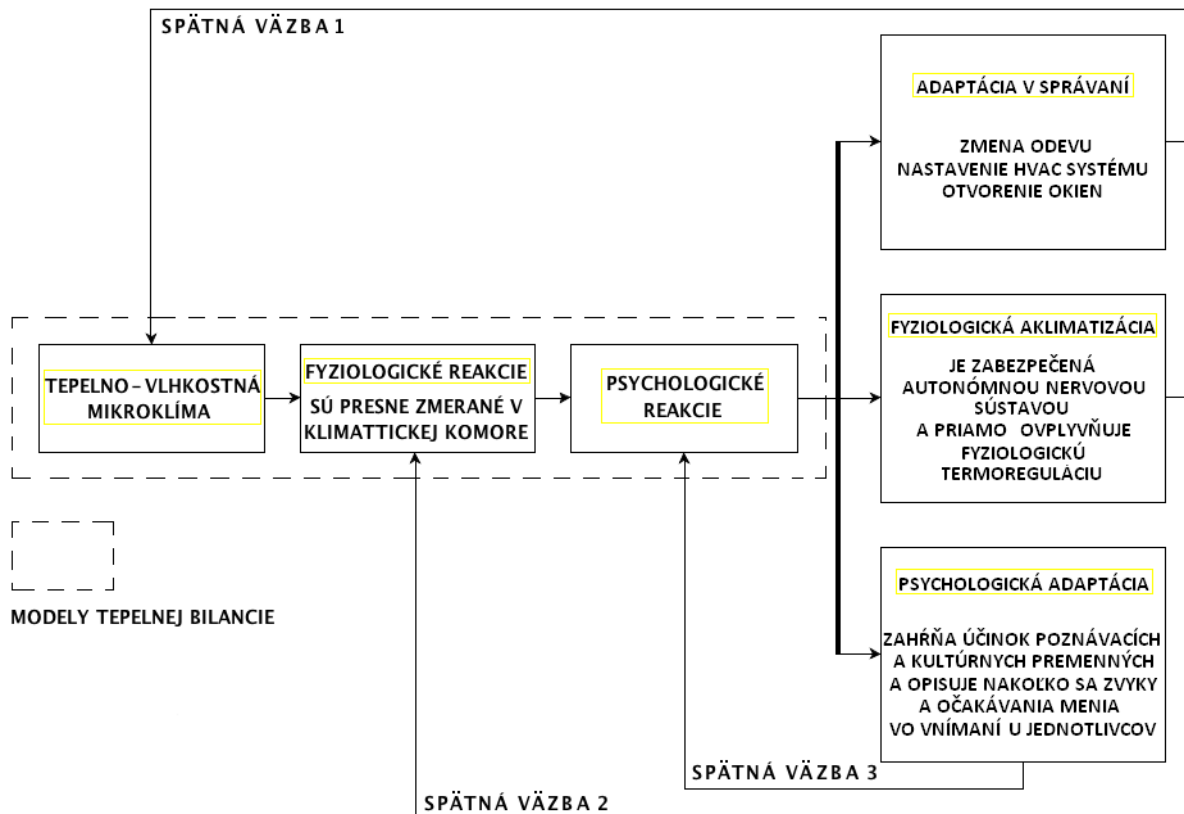
Voľba počtu meracích miest z hľadiska horizontálneho rozloženia mikroklimatických parametrov alebo zmeny činnosti zamestnanca závisí od toho, ako sa menia mikroklimatické veličiny v blízkosti pohybujúcej sa osoby počas dňa.

MODELY TEPELNÉHO KOMFORTU

Modely komfortu predpovedajú podmienky, v ktorých sa osoby budú cítiť pohodlne. Sú teoreticky prospešné v tom, že poskytujú jasný spôsob ako obsiahnuť početné fyzikálne premenné, ktoré ovplyvňujú tepelný komfort a vedú k návrhu riešenia projektovania tepelno-vlhkostnej mikroklímy, jej kontroly a množstva spotrebovanej energie potrebnej pre vytvorenie tepelno-vlhkostných podmienok. Keďže vzájomný tepelný vzťah medzi ľudským organizmom a okolitým prostredím zahŕňa fyziologickú aj psychologickú odozvu, modely komfortu môžu byť rozdelené na tieto dve skupiny - fyziologické a psychologické modely.

Podľa použiteľnosti sa delia na:

- statické - pre stacionárne prostredie (príkladom je PMV – PPD model),
- dynamické – majú prechodné podmienky (príkladom je dvoj-uzlový model od Gagge, alebo Berkeley model). Dvojuzlový model na rozdiel od PMV - PPD modelu môže byť použitý k predpovedaniu fyziologických reakcií alebo reakcií krátkodobých situácií pre nízke a stredné úrovne činností v chladných a veľmi horúcich homogénnych prostrediach. Používa dva empirické indexy, napr. predpovedanie tepelného pocitu TSENS a predpovedanie tepelnej nepohody DISC a i.
- adaptívne - založené na skutočnosti, že človek sa vo všeobecnosti prirodzene vedome (zmena odevu, zmena polohy, zmení činnosť, teplotu v miestnosti...), alebo nevedome (termoregulačné fyziologické mechanizmy) adaptuje na tepelno-vlhkostné zmeny vo svojom prostredí [3,4]. Známe adaptívne modely sú Nicol a Humphreys model (spätná väzba 1), Fanger a Toftum model (spätná väzba 2) a Brager and de Dear **model** (spätná väzba 1 a 3 spolu) (obr. 2) [2].



Obr. 1 - Adaptívny model tepelného komfortu.

DISKUSIA

Tepelný komfort je dôležitým objektívnym faktorom, ktorý musia brať do úvahy projektanti a architekti pri návrhoch budov. V širokom rozsahu tepelno-vlhkostných podmienok prostredia, v ktorých sa dá získať tepelná rovnováha, iba úzky rozsah z nich poskytuje tepelný komfort. O dôležitosti problematiky tepelného komfortu a správneho projektovania mikroklimatických parametrov v priemyselných prevádzkach svedčí aj fakt, že v súčasnosti existujú viaceré priemyselné prevádzky, v ktorých sú pracovníci vystavení rizikovým prostrediam, napr. v roku 2011 bolo riziku nadmerného tepla a chladu v SR exponovaných 3 535 zamestnancov, z toho 567 žien [5].

ZÁVER

K predpovedaniu tepelného komfortu slúžia tzv. modely komfortu ktoré riešia návrh projektovania priemyselných budov. Precízne ohodnotenie budov v porovnaní s experimentálnymi metódami vedú poskytnúť analytické a simulačné počítačové programy, ktoré v spojení s matematickými modelmi komfortu a ľudskými tepelnými modelmi vytvárajú komplexný obraz o tepelno-vlhkostných podmienkach s možnosťou rýchleho a finančne menej náročného návrhu riešenia mikroklimatických parametrov.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] KRÁLIKOVÁ, Ružena – ANDREJIOVÁ, Miriam: Stanovenie mikroklimatických parametrov v horúcom pracovnom prostredí. Hodnotenie kvality prostredia 2011, Ročník: II, Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta. Elfa, s.r.o., September 2011. ISSN 1338-3922.
- [2] ZHANG, Yufeng – WANG, Jinyong – CHEN, Huimei – MENG, Qinglin – ZHAO, Rongyi: Thermal adaptation in built environment – a literature review, discussion and primary exploration. In: Proceedings of conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort. Cumberland Lodge, Windsor, UK, 2010. 17s.

- [3] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: ASHRAE Handbook-Fundamentals (SI Edition), 2009. 986 s. ISBN:978-1-933742-55-7
- [4] GAGGE,A.P.–FOBELETS,A.P.–BERGLUND,L.G.:A standard predictive index of human response to the thermal environment. ASHRAE Transactions, 1986, roč. 92
- [5] <http://www.uvzsr.sk/JANOUSĚK>, Miloš. 2012. Tepelno-vlhkostná mikroklima [cit. 2012-12-05].
- [6] VAŠKOVÁ, Anna, ŠENITKOVÁ Ingrid: *Možnosti koncepcie trvalo udržateľnej výstavby a obnovy budov*. In: Budova a energia 9 : zborník vedeckých prác : Košice, 2.-4. december 2009. - Košice : TU, SvF, 2009. – ISBN 978-80-553-0322-2. - S. 117-120.
- [7] *Vyhľadávka* MZ SR č. 544/2007 Z.z. o podrobnostiach o ochrane zdravia pred *záťažou teplom a chladom* pri práci

ADRESA AUTOROV

Ružena KRÁLIKOVÁ, doc. Ing., PhD., Katedra environmentalistiky, Strojnícka fakulta TU, Park Komenského 5, 040 01 Košice, e-mail: >ruzena.kralikova@tuke.sk<

Hana SOKOLOVÁ, Ing., Katedra environmentalistiky, Strojnícka fakulta TU, Park Komenského 8, 040 01 Košice, e-mail: >hana.sokolova@tuke.sk<

Marek KRUPA, Ing., ING.PAED.IGIP, Katedra environmentalistiky, Strojnícka fakulta TU, Park Komenského 8, 040 01 Košice, e-mail: >marek.krupa@tuke.sk<

RECENZENT

Miroslav RUSKO, RNDr., PhD., Katedra environmentálneho a bezpečnostného inžinierstva MTF STU Trnava, Botanická 49, 917 01 Trnava, e-mail: >mirorusko@centrum.sk<