

Tepelně-vlhkostní mikroklima

Tepelně vlhkostní mikroklima je dáno třemi navzájem souvisejícími faktory – **teplotou, relativní vlhkostí a rychlostí proudění vzduchu**, změna jedné z veličiny má za následek i změnu dalších dvou.

Měření parametrů mikroklimatických podmínek

Některé měřené a stanovované veličiny potřebné pro vyhodnocení mikroklimatických parametrů vnitřního prostředí:

- **Teplota vzduchu t_a (°C)**, také nazývaná suchá teplota, je teplota v okolí lidského těla, měřená jakýmkoli teplotním čidlem neovlivněným sáláním okolních ploch.
- **Výsledná teplota kulového teploměru t_g (°C)** je teplota v okolí lidského těla měřená kulovým teploměrem, která zahrnuje vliv současného působení teploty vzduchu, teploty okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu.
- **Operativní teplota vzduchu t_o (°C)** je jednotná teplota uzavřeného prostoru, uvnitř kterého by člověk sdílel sáláním a prouděním stejně tepla jako v prostředí skutečném. Stanoví se výpočtem.
- **Střední teplota sálání t_r (°C)** je rovnoměrná teplota okolních ploch, při níž se sdílí sáláním stejně tepla jako ve skutečném heterogenním prostředí. Měří se radiometry, nebo se vypočítá z výsledné teploty kulového teploměru a teploty vzduchu. Slouží jako jedna ze vstupních hodnot pro výpočet operativní teploty.
- **Relativní vlhkost r_h (%)** vyjadřuje stupeň nasycení vzduchu vodními parami, definovaný poměrem hustoty vodní páry ve vzduchu a ve vlhkém vzduchu nasyceném vodní parou při stejné teplotě a tlaku.
- **Teplota mokrého teploměru t_w (°C)** nazývaná psychrometrická, je teplota nuceně větraného vlhčeného teplotního čidla používaná při stanovování relativní vlhkosti vzduchu psychrometrem.
- **Rychlost proudění vzduchu v_a (m.s⁻¹)** je veličina charakterizující pohyb vzduchu v prostoru, je určena svojí velikostí a směrem proudění. Protože rychlost proudění vzduchu v prostoru značně kolísá, je nutné její změny vyjadřovat střední hodnotou za časovou jednotku.

Teplota vzduchu

Vypovídá o tepelné zátěži nebo subjektivním pocitu tepelné pohody člověka; tepelná pohoda je jedním z faktorů zajišťujících optimální prostředí pro pobyt člověka. Lze ji charakterizovat jako stav rovnováhy mezi subjektem a okolím bez zatěžování termoregulačního systému. ^[1]

Při déletrvajících **vyšokých teplotách** se mohou projevit příznaky akutních poruch zdraví z horka jako nevolnost až zvracení, průjem, krvácení z nosu a úst, náhlé a vůlí nekontrolovatelné zrychlení a prohloubení dechu, prudké snížení pocení nebo diastolického krevního tlaku, změny barvy obličeje, mravenčení a brnění, bolesti hlavy, ve svalech, u srdce, křeče a často neadekvátní, víceméně nekontrolovatelné chování.

Při práci **v chladu** vede celkové působení chladu k omezení průtoku krve kůží, vzestupu krevního tlaku a zrychlení srdeční frekvence, rovněž ke zvýšení spotřeby kyslíku. Dochází k poklesu teploty tělesného jádra, oslabuje se dýchání, zpomaluje srdeční frekvence. Snížením aktivity centrálního nervového systému dochází k ospalosti, při dalším snížení teploty nastává smrt selháním krevního oběhu.

Měření

- *Teplota vzduchu t_a*

Při měření teploty lze použít jakékoli teplotní čidlo s požadovanou přesností měření $\pm 0,5$ °C. Musí být brána v úvahu jeho tepelná setrvačnost (konečnou hodnotu lze odečítat až po ustálení čidla). Je zapotřebí snížit vliv okolní radiace na teplotní čidlo (změřená hodnota by pak neodpovídala skutečné teplotě vzduchu, ale ležela by někde mezi teplotou vzduchu a střední teplotou sálání).

- *Operativní teplota t_o*
 - *Není veličinou změřenou, ale vypočítanou např. podle vztahu:*
 - $t_o = t_r + A \cdot (t_a - t_r)$
 - t_a – teplota vzduchu (°C) – průměrná hodnota za zvolený časový interval
 - t_r – střední teplota sálání (°C) – průměrná hodnota za zvolený časový interval
 - A – koeficient, který je funkcí rychlosti proudění vzduchu
- *Výsledná teplota kulového teploměru t_g*

Použitím kulového teploměru – pro měření se používá kulový teploměr Vernon-Joklův. Povrch koule tvoří černý polyuretan. Doba ustálení kulového teploměru je 20–30 minut podle fyzikálních vlastností koule a podmínek prostředí.

Vlhkost vzduchu

V našich podmínkách je zvykem používat jako vlhkostní kritérium relativní vlhkost vzduchu. Je vyjádřena jako poměr tlaku vodní páry ve vzduchu k tlaku vodní páry v nasyceném vzduchu, je udávána v % nebo jako bezrozměrná veličina.

Vlhkost vzduchu vnitřního prostředí závisí na venkovní vlhkosti, technologických nebo jiných zdrojích a množství lidí. Doporučené hodnoty jsou 30–70 % relativní vlhkosti^[1]. Optimální hodnoty pro bydlení jsou 40–50 %. Vlhkost je sice člověkem mnohem méně pocítována než teplota, ale i tak může být nepříznivě ovlivněn stav jedince.

V zimním období dochází při vytápění k poklesu relativní vlhkosti na 20 % i méně. Tehdy i u zdravých jedinců dochází k intenzivnějšímu vysoušení sliznice horních cest dýchacích, poklesu jejich ochranné funkce a zvyšování možnosti průniku některých škodlivých látek až do dolních cest dýchacích.

Nadměrně **vysoká relativní vlhkost** vzduchu má též negativní vliv – při vyšší teplotě a vysoké relativní vlhkosti vzduchu se snižuje odpařování potu a také jsou to ideální podmínky pro růst a množení plísní.

Měření

- *Psychrometry*
 - kde se hodnota relativní vlhkosti získá z psychrometrické tabulky nebo diagramu na základě změřené suché teploty t_a a mokré teploty t_w nuceně větraného mokrého teploměru (vlhčená punčoška). Oba teploměry musí být chráněny před účinky sálavého tepla.
- *Kapacitní vlhkoměry*
 - na hodnotu vlhkosti se převádí kolísání elektrické kapacity čidla.
- *Hygrometry*
 - tj. vlhkoměry založené na prodloužení nebo deformaci organického materiálu, např. blánové a vlasové.

Proudění vzduchu

Tepelná pohoda je rovněž ovlivněna rychlostí proudění vzduchu. Člověk vnímá každé proudění vzduchu, to může či nemusí být zdrojem pocitu nepohody.

Vyšší rychlosti proudění zpravidla zlepšují tepelnou pohodu při vyšších teplotách, zároveň však již mohou vést až ke zdravotním potížím. Pokud se povrch těla vlivem proudícího vzduchu nadměrně ochlazuje rychlým odpařováním potu, dochází k prochladnutí organismu (příklady: nadměrné ochlazování zpocené pokožky při používání stolního ventilátoru v letním období, vzduchová sprcha v provozech se zdroji tepla).

Měření

Rychlost proudění vzduchu v prostoru je nutno měřit metodami, které umožňují stanovit s dostatečnou přesností nízké rychlosti proudění 0,05 až 0,5 m.s⁻¹. Protože pohyb vzduchu v prostoru je značně turbulentní a časově velmi proměnný, nelze k vyhodnocení použít okamžitě změřené hodnoty, ale pouze střední hodnoty za delší časový interval – minimálně 1 min., optimálně 3 min. Je třeba uvážit citlivost čidla na směr proudění vzduchu.

Hillův katateploměr

- opatřen válcovitou nádobkou naplněnou obarveným lihem, na kapiláře přístroje jsou 2 rysky: pro 38 °C a pro 35 °C. Měříme dobu poklesu náplně v kapiláře od horní rysky (38 °C) k dolní rysce (35 °C). Rychlost vzduchu určíme výpočtem nebo odečtem z normogramů.

Anemometry

- modernější jsou anemometry buď tzv. vířivé, známé z meteorologických stanic, nebo přesnější digitální na principu ochlazování odporové spirály proudícím vzduchem.

Na výsledný pocit člověka (pohoda – nepohoda) vystaveného výše zmíněným klimatickým faktorům působí i individuální faktory objektivní (energetický výdej a tepelný odpor oděvu).

Energetický výdej

Energetický výdej (M) se vyjadřuje v brutto hodnotách, kterými jsou hodnoty zahrnující i bazální metabolismus (BM). Jednotkou je 1 watt na 1 m² tělesného povrchu muže nebo ženy. Energetický výdej se stanoví měřením nebo orientačně pomocí srdeční frekvence. Metody používané pro hodnocení celkové fyzické práce:

- Nepřímá kalorimetrie – její podstatou je zjišťování množství energie, která se uvolňuje při činnosti svalů a jiných orgánů oxidací živin. Je to metoda velmi přesná, ale velmi náročná na přístrojové vybavení
- Ventilometrie – k zjištění energetického výdeje pomocí měření plicní ventilace
- Hodnocení tepové frekvence – jedná se o komplexní ukazatel zatížení organismu, z její hodnoty lze s určitou přesností odhadnout energetický výdej
- Tabulkové metody – nejméně náročně, ale značně nepřesné, poskytují pouze hrubý odhad energetické náročnosti práce

Tepelný odpor oděvu (clo)

Tepelný odpor oděvu (clo) se vypočte z tepelné bilance podle české technické normy o ergonomii tepelného prostředí, nebo na základě měření teploty tělesného jádra, teploty kůže a srdeční frekvence. Orientační metody v terénu: Grafická metoda (počet vrstev oděvu, rychlost proudění vzduchu)

Působení klimatických podmínek na člověka

Tepelná, popř. radiační pohoda – je zachována rovnováha metabolického tepelného toku (celková tepelná produkce člověka) a toku tepla odváděného z těla při optimálních hodnotách fyziologických parametrů. Mechanická úprava toku tepla z povrchu těla spočívá ve změně tepelného odporu oděvu a změně činnosti člověka.

Hodnocení klimatických podmínek

Subjektivní metody

- Pohoda (0) – tepelně neutrální pocity člověka
- Mírná nepohoda (1) – nevýrazný pocit chladu nebo tepla
- Nepohoda (2) – chladno nebo teplo, podle relativní vlhkosti vzduchu pocity vlhka (v chladnu) či naopak sucha či dusna (v teple).
- Značná nepohoda (3) – zima nebo horko, pocení, oděv pociťován jako zcela nevyhovující, podle relativní vlhkosti vzduchu pocity vlhka v zimě, nebo značného sucha či tíživého dusna v horku.

Objektivní metody

Vycházejí z výše uvedených výsledků měření příslušných fyzikálních veličin klimatických faktorů.

Ochrana zdraví před nepříznivými klimatickými podmínkami

- snížení intenzity sálání zdroje – izolace, vodní chlazení, kovově lesklé okolní povrchy
- odclonění pracovníka – ocelové clony, chlazené vodou
- ochlazování pracovníka – vzduchové sprchy, přímé rozprašování vody na pracovníka, chladicí panely, determální skla.
- tepelná izolace pracovníka – speciální oděvy.

Je třeba říci, že ve vnímání tepelné pohody či nepohody jsou značné inter-individuální rozdíly. Vždy je asi 5 % nespokojených, kteří pociťují tepelnou nepohodu – diskomfort.

Odkazy

Reference

1. MATHAUSEROVÁ, Zuzana, Ing. *Státní zdravotní ústav : Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť* [online]. Poslední revize 14. listopad 2007, [cit. 2010-10-31]. <<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>>.

Použitá literatura

- Česká republika. Ministerstvo zdravotnictví ČR. Věštník. 2009. Dostupné také z URL <http://www.mzcr.cz/Legislativa/Soubor.ashx?souborID=9280&typ=application/pdf&nazev=MZ_02-09.pdf>.
- MATHAUSEROVÁ, Zuzana, Ing. *Státní zdravotní ústav : Mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí pracovišť* [online]. Poslední revize 14. listopad 2007, [cit. 2010-10-31]. <<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/mikroklimaticke-podminky-vnitriho-prostredi-pracovist>>.
- MAŠATOVÁ, Jana, Ing. *TZB HAUSTECHNIK : Význam dostatečného větrání budov* [online]. ©21.11.2005. [cit. 2010-10-31]. <<https://www.tzb-info.cz/2873-vyznam-dostatecneho-vetrani-budov>>.
- HLADÍK, Martin. *KOVOPCCR* [online]. [cit. 2010-10-31]. <http://www.kovopccr.cz/mikroklimaticke_podminky.php>.
- BENCKO, Vladimír, et al. *Hygiena : Učební texty k seminářům a praktickým cvičením*. 2. vydání. Praha : Karolinum, 1998. 185 s. ISBN 80-7184-551-5.