

Věstník MZd ČR, částka 8/2013

ZD.../2013

METODICKÝ NÁVOD PRO MĚŘENÍ A HODNOCENÍ MIKROKLIMATICKÝCH PODMÍNEK
NA PRACOVIŠTI A VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ STAVEB

Ministerstvo zdravotnictví vydává podle §80 odst. 1, písm. a) zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o ochraně veřejného zdraví“) metodický návod k měření a hodnocení mikroklimatických podmínek na pracovišti a vnitřního prostředí staveb.

Úvod

Metodický návod je určen k zajištění jednotného postupu při měřeních prováděných podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů a dalších prováděcích předpisů k zákonu o ochraně veřejného zdraví, ve kterých je řešeno vnitřní prostředí z hlediska mikroklimatických podmínek a tepelné a chladové zátěže. Metodika měření bude používána jako validovaný postup pro sety B 4 „Zjišťování a měření mikroklimatických parametrů ve vnitřním prostředí staveb“ a H 5 „Zjišťování a měření mikroklimatických parametrů v pracovním prostředí“ pro účely autorizace podle zákona o ochraně veřejného zdraví.

Předmětem metodiky je objektivní stanovení fyzikálních veličin charakterizujících tepelně-vlhkostní stav vnitřního prostředí budov včetně prostředí pracovišť. Jsou uvedeny podmínky a způsoby měření jednotlivých veličin v obytné zóně osob a charakteristiky vhodných měřicích přístrojů. Uvedené veličiny spolu s tepelnou bilancí člověka slouží ke stanovení tepelné zátěže, tepelného komfortu či diskomfortu vnitřního prostředí budov.

Tento metodický návod nahrazuje metodický návod Měření mikroklimatických parametrů pracovního prostředí a vnitřního prostředí staveb uveřejněný ve Věstníku MZ ČR, ročník 2009, částka 2. Je zpracován v souladu s ČSN EN ISO 7726/2002 Tepelné prostředí, Přístroje a měření fyzikálních veličin a ČSN EN ISO 7730/2006 Ergonomie tepelného prostředí, Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů předpovídaného středního tepelného pocitu (dále jen „PMV“) a (předpovídaného procenta nespokojených (dále jen „PPD“) a kritéria místního tepelného komfortu.

Základní kritéria pro vyhodnocení mikroklimatických parametrů vnitřního prostředí

| | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Operativní teplota vzduchu | t_o [°C] |
| Výsledná teplota kulového teploměru | t_g [°C] |
| Stereoteplota | t_{st} [°C] |
| Korigovaná teplota | t_{kor} [°C] |
| Relativní vlhkost vzduchu | rh [%] |
| Rychlost proudění vzduchu | v_a [m . s ⁻¹] |

Měřené a stanovené veličiny a jejich definování

Měřené a stanovené veličiny potřebné pro vyhodnocení mikroklimatických parametrů vnitřního prostředí a tepelné zátěže definované ve vztahu k člověku pohybujícímu se ve sledovaném prostoru :

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 nebo kulovým stereoteploměrem, která zahrnuje vliv současného působení teploty vzduchu, teploty okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu.

Operativní teplota vzduchu t_o [°C] je rovnoměrná teplota uzavřené černé plochy, uvnitř které by člověk sdílel sáláním a prouděním stejně tepla jako v prostředí skutečném. Stanoví se výpočtem.

Stereoteplota t_{st} [°C] je směrová radiační teplota měřená kulovým stereoteploměrem (případně dvoukulovým radiometrem) charakterizující radiační účinek okolních ploch ve sledovaném prostorovém úhlu.

Střední radiační teplota t_r [°C] (také se uvádí jako teplota sálání) 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.

Rovinná radiační teplota t_{pr} [°C] je rovnoměrná teplota okolních povrchů, kde sálání na jedné straně malého rovinného prvku je stejné jako ve skutečném prostředí. Popisuje sálání v jednom směru a slouží především ke stanovení asymetrie teploty sálání v prostoru a k výpočtu střední teploty sálání ploch.

Korigovaná teplota t_{korig} [°C] je teplota vzduchu snižovaná vlivem proudění vzduchu, která se užívá při hodnocení účinku větru na člověka na venkovních pracovištích.

Povrchová teplota t_s [°C] je teplota měřená na povrchu těles a stavebních konstrukcí kontaktním nebo bezkontaktním způsobem.

Vertikální rozdíl teplot Δt_g [°C] - stanovuje se rozdíl teplot mezi hlavou a kotníky stojící nebo sedící osoby pro třídy práce I a IIa v závislosti na teplotě prostředí.

Horizontální rozdíl teplot $[\Delta(t_{st} - t_g)]$ [°C] - vyjadřuje se jako rozdíl mezi stereoteplotou a výslednou teplotou kulového teploměru na úrovni hlavy pro práci třídy I a IIa.

Relativní vlhkost rh [%] vyjadřuje stupeň nasycení vzduchu vodními parami, definovaný poměrem hustoty vodní páry ve vzduchu a ve vlhkém vzduchu nasyceném vodní párou při stejné teplotě a tlaku.

Teplota mokrého teploměru t_w [°C] nazývaná psychrometrická, je teplota nuceně větraného vlhčeného teplotního čidla používaná při měření 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.

Metabolismus M [$W \cdot m^{-2}$] - energetický výdej svalové zátěže při činnosti.

Bazální metabolismus M [$W \cdot m^{-2}$] - energetický výdej v klidu.

Tepelný odpor oděvu I [clo] - je souhrn tepelných vlastností oděvu vyjadřující míru jeho tepelné izolace.

Vybrané požadavky na zajišťování mikroklimatických podmínek a jejich definování

Větrání je řízená výměna znehodnoceného vzduchu ve vnitřním prostoru za venkovní, zabezpečující dodržení přípustných expozičních limitů a nejvýše přípustných koncentrací plynů, par a kapalných nebo pevných aerosolů v pracovním prostředí. Větrání slouží i k úpravě mikroklimatických parametrů prostředí, ovlivňuje tepelné zisky/ztráty objektu.

Výměna vzduchu je výměna vnitřního vzduchu za vzduch upravený, který může být směs vzduchu venkovního a oběhového.

Intenzita výměny vzduchu je podíl objemového průtoku přiváděného vzduchu (venkovního i oběhového) a objemu větrané místnosti.

Intenzita větrání je podíl objemového průtoku venkovního vzduchu a objemu větrané místnosti, udává se jako násobnost výměny vzduchu v místnosti.

Přirozené větrání je výměna vzduchu vyvolaná rozdílem hustot (teplot) vzduchu vně a uvnitř objektu a působením větru, jde o výměnu vzduchu netěsnostmi oken a dveří, tj. exfiltrací a infiltrací a dále provětráváním otevřeným větracím otvorem.

Nucené větrání je výměna vzduchu docílená technickým zařízením - ventilátorem. Tímto pojmem je označován nucený přívod a odvod vzduchu i větrání kombinované, tj. buď nucený přívod vzduchu a přirozený odvod, nebo přirozený přívod vzduchu a nucený odvod (odsávání) vzduchu. Přiváděný vzduch při nuceném větrání bývá zpravidla částečně upraven - filtrace, ohřev.

Odsávání je nucený odvod vzduchu z prostoru.

Místní odsávání je místní odvod (odsávání) škodlivin v místě jejich vzniku.

Oběhový vzduch je část odváděného vzduchu, která se vrací zpět do větraného prostoru, vzduch bývá většinou znovu upravený (filtrováný).

Klimatizace je tepelně vlhkostní úprava filtrovaného přiváděného venkovního vzduchu.

Podmínky měření

Volba míst měření je závislá na činnosti a pohybu osob; doporučené výšky umístění snímacích čidel jsou uvedeny pro úroveň hlavy, břicha a kotníků člověka - pro průměrnou osobu:

pro sedící osobu - 1,1; 0,6; 0,1 m

pro stojící osobu - 1,7; 1,1; 0,1 m

V jiných případech (děti, jiné polohy apod.) je třeba výšky měření přizpůsobit vzrůstu a poloze člověka.

Počet měřicích míst z hlediska vertikálního rozložení mikroklimatických parametrů je závislý na tom, zda je možné prostředí v blízkosti osoby považovat za homogenní, nebo heterogenní. Jako homogenní prostředí lze označit takové prostředí, kde jsou v daném okamžiku odchylky

jednotlivých mikroklimatických veličin měřených v doporučených výškách hlava-břicho-kotníky od jejich střední hodnoty menší než $\pm 5 \%$.

V homogenním prostředí stačí jedno místo měření v prostoru ve výšce břicha stojící nebo sedící osoby. V prostředí heterogenním (např. tam, kde jsou zdroje sálavého tepla nebo chladu, proměnlivé rychlosti proudění vzduchu apod.), nebo v případech, kdy sledovaná osoba pracuje na různých místech, se musí měřit na několika místech v prostoru a ve všech třech výškách, tj. v úrovni hlavy, břicha a kotníků. Z takto naměřených veličin pro všechny tři výšky se stanoví střední hodnota - vzorec (1). V heterogenním prostředí se výsledná teplota t_g měří vždy ve všech třech výškách. Teplotu vzduchu t_a stačí ve většině případů měřit pouze ve výšce břicha (sálavé složky prostředí, které ovlivňují výslednou teplotu, ovlivňují teplotu vzduchu minimálně), stejně tak vlhkost vzduchu.

Působení rozdílné rychlosti proudění vzduchu se projeví na výsledné teplotě. Pokud nepotřebujeme znát jednotlivé rychlosti proudění vzduchu pro další výpočty nebo pro posouzení lokálního diskomfortu, stačí také jedno měření ve výšce břicha zaměstnance.

Stanovení středních hodnot teplot

Střední hodnota pro výslednou teplotu, nebo teplotu sálání v daném okamžiku se určí ze vztahu

$$\phi t = \frac{t_{\text{hlava}} + 2t_{\text{břicho}} + t_{\text{kotníky}}}{4} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Počet měřicích míst z hlediska horizontálního rozložení mikroklimatických parametrů nebo změny činností zaměstnance je závislý na tom, jak se mění mikroklimatické veličiny v blízkosti pohybující se osoby v průběhu dne. V prokazatelně stacionárním prostředí, tj. kde jsou v průběhu dne odchylky jednotlivých mikroklimatických veličin od jejich střední hodnoty menší než $\pm 5 \%$, stačí měřit dvě hodiny s pravidelnými půlhodinovými odečty jednotlivých veličin (respektovat dobu ustálení čidel). Pokud je prostředí nestacionární, nebo pokud se osoba pohybuje na různých místech, musí se mikroklimatické veličiny sledovat tak, aby doba měření umožnila popsat měnící se mikroklimatické parametry během celé směny nebo doby pobytu osoby. Obvykle postačí měřit v případě osmihodinové směny 6 hodin s odečty veličin nejdéle v hodinových intervalech, optimálně v půlhodinových intervalech.

Přípustné tepelné podmínky nebo dlouhodobě a krátkodobě únosné doby práce se hodnotí:

1. Pomocí průměrných hodnot teplot za celou směnu - ve stacionárním prostředí vždy a v prostředí nestacionárním tehdy, jestliže se naměřené hodnoty po dobu trvání celé směny pohybují v rozsahu hodnot přípustných, nebo hodnot neznamenantajících pro danou třídu práce omezení pracovní doby, nebo se pohybují v intervalu {časově vážený nebo aritmetický průměr $\pm 20 \%$ }.
2. V případě překročení přípustných teplotních podmínek, nebo pohybují-li se naměřené hodnoty mimo interval {časově vážený nebo aritmetický průměr $\pm 20 \%$ }, tzn. zaměstnanec se pohybuje ve značně se lišících tepelných podmínkách, nelze použít průměr všech hodnot za celou směnu, ale průměrují se jednotlivé intervaly, ve kterých jsou splněny podmínky bodu 1. Např. jestliže se zaměstnanec pohybuje 3 hod za směnu v prostředí s výslednou teplotou $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a zbytek směny ve $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, nelze z těchto hodnot udělat časově vážený ani aritmetický průměr, ale je třeba hodnotit oba teplotní intervaly

samostatně a dobu překročení přípustných teplotních podmínek je třeba porovnat s dlouhodobě a krátkodobě přípustnou dobou práce za těchto podmínek.

Celkovou celosměnovou tepelnou zátěž je pak třeba zhodnotit na základě stanovené produkce potu (z tabulek nebo výpočtem validovaným výpočetním programem). Stejným způsobem je třeba zkontrolovat, zda při dvanáctihodinové směně není překročena přípustná produkce potu, tj. 4 litry potu za směnu. Potřebné tepelné odpory oděvů lze stanovit podle ČSN EN ISO 9933.

Součástí měření mikroklimatických parametrů vnitřního prostředí je měření teploty a vlhkosti venkovního prostředí s popisem venkovní klimatické situace (slunečno, zataženo, vítr). Měření se provádí ve stínu ve výšce 150 cm pokud možno kontinuálně po celou dobu měření vnitřních podmínek, jinak alespoň na začátku, uprostřed a na konci měření.

Potřebujeme-li podle požadavků některého předpisu, nebo pokud to vyplývá z požadavků orgánů ochrany veřejného zdraví, provádět měření v zimním a letním období roku, měříme v zimě při dosažených venkovních teplotách -10 až 0 °C, v létě při dosažených venkovních teplotách 25 až 30 °C.

Metody měření a charakteristika měřicích přístrojů

Jednotlivé charakteristiky měřicích přístrojů z hlediska požadovaného měřicího rozsahu, přesnosti měření, doby ustálení apod. jsou podrobně uvedeny v ČSN EN ISO 7726 Tepelné prostředí - Přístroje a metody měření fyzikálních veličin. U všech přístrojů, které odpovídají požadavkům této normy je nutné dodržet postupy dané výrobcem, přístroje musí mít platnou kalibraci.

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, výslednou 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 radiální teplotou.

Pro průběžná dlouhodobější měření (24 hod, týden) se používají termografy se zápisem průběhu sledovaných teplot, nebo datalogery s vyhodnocením na počítači.

Teplota vzduchu t_a je fyzikální vlastností vzduchu, je používána jako vzduchotechnický údaj a jako teplotní kritérium pro hodnocení vlivu tepelného prostředí na člověka je možné t_a použít tam, kde je teplotně homogenní prostředí bez zdrojů sálavé teploty a nejsou zde vysoké rychlosti proudění vzduchu

Výsledná teplota kulového teploměru (t_g)

Pro měření se používá kulový teploměr Vernon nebo Vernon-Jokl o průměru koule 150 nebo 100 mm, povrch měděné koule tvoří tepelně absorbující černý povrch černěný plech nebo černý polyuretan. Doba ustálení kulového teploměru Vernon-Jokl je 20 - 30 minut podle fyzikálních vlastností koule a podmínek prostředí, pro kulový teploměr Vernon je 10 minut. Pro velkou tepelnou setrvačnost nejsou tyto přístroje vhodné pro měření v prostředí s rychlými teplotními změnami. Používají se buď v klasickém provedení, tj. se rtuťovým teploměrem, nebo s jakýmkoli teplotním čidlem.

Požadovaná přesnost měření:

pro rozsah měření 0 až 50 °C je $\pm 0,5$ °C

pro rozsah měření -20 až 0 °C je $\pm (0,5 + 0,01|t_g|)$ °C

Výsledná teplota kulového teploměru je spolu s operativní teplotou základní teplotní veličinou pro hodnocení vlivu tepelného prostředí na člověka, resp. pro stanovení tepelné nebo chladové zátěže podle přílohy č. 1, Část A, tabulky 2, 3 a 5 nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů a podkladem pro výpočet teplotní nerovnoměrnosti podle tabulky 4 a náhrady tekutin podle tabulky 6. Je také základní veličinou pro stanovení dlouhodobě a krátkodobě přípustné doby práce podle Části B, tabulek č. 1a až 2c v nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Střední radiační teplota (t_r)

Střední radiační teplota je určující veličinou z hlediska hodnocení tepelné zátěže v horkých a teplých provozech i tepelného komfortu ve vytápěných či klimatizovaných prostorách.

Způsoby stanovení [$^{\circ}\text{C}$]:

1) Použitím kulového teploměru:

Střední radiační teplota se určí podle vztahu

$$t_r = [(t_g + 273)^4 + 2,9 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} (t_g - t_a)]^{1/4} - 273$$

kde

t_g je výsledná teplota kulového teploměru ϕ 0,10 m [$^{\circ}\text{C}$]

t_a je teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

v_a je rychlost proudění vzduchu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

nebo podle vztahu

$$t_r = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} (t_g - t_a)]^{1/4} - 273$$

kde t_g je výsledná teplota kulového teploměru ϕ 0,15 m [$^{\circ}\text{C}$]

2) Použitím kulového stereoteploměru (popis stereoteploměru viz dále)

Pro výpočet se použije vztah podle Weber-Fechnerova zákona

$$t_r = 3,4153 t_{st} - 57,0004 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

kde t_{st} je stereoteplota změřená kulovým stereoteploměrem [$^{\circ}\text{C}$]

3) Pro přímá měření slouží radiometry. Popis přístrojů, způsoby měření a výpočet střední teploty sálání ze změřených rovinných teplot sálání ploch jsou podrobně popsány v ČSN EN ISO 7726.

Střední radiační teplota není hodnotící teplotní veličinou pro stanovení vlivu tepelného prostředí na člověka, je používána pouze jako výchozí veličina pro výpočet operativní teploty.

Operativní teplota (t_o)

Není veličinou změřenou, ale vypočítanou např. podle vztahu

$$t_o = t_r + A (t_a -) \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

kde t_a je teplota vzduchu [°C] - průměrná hodnota za směnu nebo zvolený časový interval,

je střední radiační teplota [°C] - průměrná hodnota za směnu nebo zvolený časový interval,

A je koeficient, který je funkcí rychlosti proudění vzduchu podle tab. 1.

Závislost koeficientu A na rychlosti proudění vzduchu

Tabulka č. 1

| | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| v_a (m . s ⁻¹) | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| A (-) | 0,50 | 0,53 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |

Pro rychlosti proudění vzduchu větší než 1,0 m . s⁻¹ se koeficient A vypočítá podle vztahu

$$A = 0,75 \cdot v^{0,16}$$

Operativní teplotu to lze za podmínky rychlosti proudění vzduchu $v_a \leq 0,2$ m . s⁻¹ přímo nahradit výslednou teplotou kulového teploměru t_g .

Je-li rozdíl mezi výslednou teplotou kulového teploměru t_g a suchou teplotou t_a menší než 1 °C, lze jako výslednou teplotu používat hodnotu t_a [°C] naměřenou suchým teploměrem. Operativní teplota se jako hodnotící tepelné kritérium používá pro hodnocení vlivu tepelného prostředí na člověka, resp. pro stanovení tepelné nebo chladové zátěže podle [Příloha č. 1](#), Část A, tabulky 2 a 3 nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a je podkladem pro výpočet náhrady tekutin podle tabulky 6.

Stereoteplota (t_{st})

Je to směrová radiační teplota charakterizující tepelný stav prostředí v určitém prostorovém úhlu, vyjadřuje nerovnoměrnost tepelné zátěže v prostředí. Při měření platí stejné zákonitosti jako při měření střední radiační teploty. Podle nařízení vlády [č. 361/2007 Sb.](#), v platném znění, jde o veličinu měřenou kulovým stereoteploměrem. Protože se jedná o zcela nový přístroj, který zatím není ve vlastnictví laboratořích příslušná měření provádějících, jsou dále uvedeny i další možnosti měření, při jejich použití je nutná validace postupů.

Použití kulového stereoteploměru

Kulový stereoteploměr je obdoba kulového teploměru, který díky svému segmentovému složení (6 segmentů) dokáže měřit celkové sálání, rovinné složky sálání i asymetrii sálavé teploty. Doba ustálení v závislosti na tepelných podmínkách prostředí je od několika sekund do tří minut. Na rozdíl od dalších metod (dvoukulový radiometr) stereoteplota zahrnuje i vliv konvekce. Záznam teplot je realizován datalogery s následným vyhodnocením na PC nebo se zobrazením okamžitého průběhu na PC.

Použití dvoukulového radiometru

Jde o směrový radiometr, kdy principem je stanovení radiační teploty protilehlých ploch - rovinné radiační teploty, příp. lze upřesnit poměry průmětů osálaných ploch pro osobu v šesti směrech, podrobný popis je v ČSN EN ISO 7726. Pro orientaci, zda se opravdu jedná o tepelnou nerovnoměrnost prostoru, resp. asymetrii osálaní osoby v prostoru a zda je nutné provést přesnější měření nerovnoměrnosti tepelné zátěže, je možné použít kulový teploměr s reflexním stíněním (použít s teploměrem dodávaný nerezový kryt).

Stereoteplota spolu s výslednou teplotou kulového teploměru slouží podle nařízení vlády [přílohy č. 1](#), Část A, tabulky č. 4 nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů pro stanovení nerovnoměrnosti tepelné zátěže pro pracoviště s třídou práce I a IIa, jde o vymezení podmínek komfortu, ne o stanovení rizik a doporučujeme ji měřit pouze tam, kde je měření požadováno na základě podnětů a tam, kde se viditelně jedná o jednostrannou tepelnou zátěž. Tabulka je určena pouze pro horizontální rozdíly teplot, nelze podle ní hodnotit vertikální nerovnoměrnost (teplý/chladný strop nebo podlaha), v tomto případě se dá postupovat pouze podle tabulky 5 stanovující přípustný vertikální rozdíl výsledných teplot mezi hlavou a kotníky stojící nebo sedící osoby. Pokud se nepodaří měřit s přesností, požadovanou v tabulce 4 (požadovaná přesnost měření radičních teplot je podle ČSN EN ISO 7726 $\pm 0,2$ °C pro komfort a ± 1 °C pro prostor s tepelnou zátěží), použijeme k hodnocení alespoň zaokrouhlené hodnoty podle následující tabulky.

Hodnocení nerovnoměrné tepelné zátěže

Tabulka č. 2

| t_g na úrovni hlavy [°C] | Kategorie A, B | | Kategorie C | |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Povrch | | | |
| | chladný | teplý | chladný | teplý |
| | $(t_{st} - t_g)$ min [°C] | $(t_{st} - t_g)$ max [°C] | $(t_{st} - t_g)$ min [°C] | $(t_{st} - t_g)$ max [°C] |
| 19 | 0,5 | 7,0 | -0,5 | 8,5 |
| 20 | $\pm 0,5$ | 6,5 | -1,0 | 8,0 |
| 21 | -0,5 | 6,0 | -1,5 | 7,5 |
| 22 | -1,0 | 5,5 | -2,0 | 7,0 |
| 23 | -1,5 | 5,0 | -3,0 | 6,0 |
| 24 | -2,5 | 4,0 | -4,0 | 5,5 |
| 25 | -3,5 | 3,0 | -5,0 | 4,0 |
| 26 | -5,0 | 2,0 | -6,0 | 3,0 |
| 27 | -6,0 | 0,5 | -7,5 | 1,5 |

Povrchová teplota t_s

Jde o teplotu naměřenou na povrchu těles a stavebních konstrukcí teploměrem se speciálně upraveným čidlem buď pro kontaktní, nebo bezkontaktní měření. Konstrukce kontaktních teploměrů musí být taková, aby bylo co nejméně ovlivněno teplotní pole, v místě měření. Při měření větších ploch je výslednou hodnotou měření plošně vážený průměr dle vztahu

$$t_s = (t_1 A_1 + t_2 A_2 + \dots + t_n A_n) / A \text{ [°C]}$$

kde

$A_1, A_2 \dots A_n$ [m^2] jsou části povrchu A , ve kterých jsou měřeny povrchové teploty $t_1, t_2 \dots t_n$ [$^{\circ}C$] a kde

A [m^2] je celý povrch měřené plochy.

Z bezdotykových teploměrů se při měření stavebních konstrukcí nejvíce používají infračervené radiační přístroje, které dávají okamžitý obraz teplotních poměrů na sledovaném povrchu, odečtené hodnoty jsou již hledanými teplotami, průměrnými pro příslušný měřený povrch.

Povrchová teplota je používána

- při hodnocení přípustných povrchových teplot pevných materiálů, s nimiž přichází kůže pracovníka do přímého styku podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb.,

- pro výpočet teploty sálání (výpočet uveden v ČSN EN ISO 7726),

- pro určení teploty podlahy, pro určení teploty povrchů stavebních konstrukcí při stanovení rosného bodu.

Korigovaná teplota (t_{korig})

Jde o korekci teplot účinkem proudícího vzduchu, používanou na venkovních pracovištích (účinek větru) a pro práci v chladu s vysokým prouděním vzduchu.

Převod teploty vzduchu na korigovanou teplotu je uveden v [příloze č. 1](#), části D, k nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Vlhkost vzduchu (rh)

V našich podmínkách je zvykem používat jako vlhkostní kritérium relativní vlhkost vzduchu. Je vyjádřena jako poměr tlaku vodní páry ve vzduchu ku tlaku vodní páry v nasyceném vzduchu, je udávána v %, nebo jako bezrozměrná veličina ve tvaru 0, xx.

Používanými přístroji jsou

- a) 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,
- b) kapacitní vlhkoměry - na hodnotu vlhkosti se převádí kolísání elektrické kapacity čidla;
- c) hygrometry, tj. vlhkoměry založené na prodloužení nebo deformaci organického materiálu, např. blánové a vlasové. Tyto vlhkoměry se musí často kalibrovat a před měřením vždy provést „regeneraci“ organického materiálu (čidlo zabalit do vlhkého materiálu).

Požadovaná přesnost pro rozsah měření 30 - 70 % rh je ± 5 %.

Přístroje a metody měření i všech ostatních vlhkostních veličin (absolutní vlhkost vyjádřená parciálním tlakem vodní páry, měrná vlhkost) jsou podrobně popsány v ČSN EN ISO 7726.

Rychlost proudění vzduchu (v_a)

Rychlost proudění vzduchu v prostoru je nutno měřit metodami, které umožňují stanovit s

dostatečnou přesností nízké rychlosti proudění od min 0,02 až do 0,5 m . s⁻¹. Protože pohyb vzduchu v prostoru je značně turbulentní a časově velmi proměnný, nelze k vyhodnocení použít okamžité 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. Doporučovaná jsou všesměrová čidla s krátkou dobou ustálení. Při použití směrového čidla je zapotřebí měřit ve směru, kde byly zjištěny největší okamžité hodnoty. Je vhodné toto měření minimálně 3x opakovat, aby se vyloučila chyba měření způsobená nesprávným směrem měření. Pro určení distribuce vzduchu v prostoru (kontrola dostatečnosti větrání) doporučujeme použít zviditelnění proudění (kouřové trubice, patrony, vyvíječe kouře apod.)

K měření rychlosti proudění vzduchu se nejčastěji používají

- všesměrová čidla, např. anemometr se zahřívanou kuličkou, termistorový anemometr, laserový Dopplerův anemometr, ultrazvukový anemometr,

- směrová čidla, např. lopatkové anemometry, anemometr se žhaveným vláknem. Vhodná přesnost měření podle ČSN EN ISO 7726 je $\pm 0,02$ m . s⁻¹.

Měření teplot a stanovení tepelné zátěže pro náhradu ztráty tekutin - poskytování ochranného nápoje

Na pracovištích, kde se předpokládá povinnost zaměstnavatele zajistit poskytování ochranného nápoje zaměstnancům, musí být k dispozici podrobné celosměrové měření letních mikroklimatických podmínek na pracovišti (hodnoty odečítané nejvýše v hodinových intervalech), včetně zaznamenaných venkovních teplot, provedené akreditovaným nebo autorizovaným subjektem. Pro rozhodnutí, zda jsou na pracovišti mikroklimatické podmínky, při kterých musí být zabezpečena náhrada tekutin nahrazovaná pro zaměstnance, pak není již třeba provádět podrobné celosměrové měření výsledných teplot na pracovišti, ale stačí ověřit zaměstnavatelem, zda venkovní teplota vzduchu - nejsou-li k dispozici meteorologická data tak změřená kalibrovaných teploměrem, odpovídá zjištěné venkovní teplotě při prvním podrobném měření a použít dříve naměřené hodnoty na pracovišti. Podmínkou ale je, že nedošlo na pracovišti k žádným změnám - technologickým, přemístění pracovních míst apod. Pokud není podrobné měření k dispozici a měření pro účely poskytnutí ochranného nápoje je třeba provést, pak nemusí být celosměrové měření, stačí zpravidla měřit mezi 10 až 12 hodinou dopoledne u denní směny a mezi 14 až 16 hodinou odpoledne u odpolední směny.

Výpočtové programy

Tam, kde není možné použít pro hodnocení tepelné zátěže tabulky 1a až 2c v nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů z důvodu jiných vstupních podmínek, především při stanovení dlouhodobě a krátkodobě přípustné doby práce, je možné použít validovaný výpočetní program.

Jedním z programů je Program na výpočet tepelné zátěže, který je volně stažitelný na stránkách www.szu.cz. Tento program má však několik omezení

1. z výstupu je nyní ve smyslu nařízení vlády použitelná pouze část stanovující cykly práce a přestávek, resp. dlouhodobě a krátkodobě přípustné doby práce za změřených mikroklimatických podmínek, náhrada tekutin neodpovídá novým limitům stanoveným v nařízení vlády [č. 93/2012 Sb.](#);
2. produkce potu je pouze orientační údaj a slouží ke kontrole, zda není překročena maximálně přípustná produkce potu za směnu cca 4 litry;
3. program není použitelný pro velmi nízké relativní vlhkosti vzduchu $rh \leq 20$ %;

4. při změně energetického výdeje se nepatrně mění i vypočítaná operativní teplota, protože program je přepisem programu v původní ČSN EN 12515, kde se nevychází z rychlosti proudění vzduchu v_{ar} , ale z tzv. relativní rychlosti proudění vzduchu v_{ar} , která je funkcí energetického výdeje M ($W \cdot m^{-2}$)

$$v_{ar} = v_a + 0,0052 (M - 58)$$

V uvedeném výpočtovém programu se používá rychlost proudění vzduchu v_a , což ale program odlišit neumí, proto je ve výstupu operativní teplota to funkcí energetického výdeje M ($W \cdot m^{-2}$) a se změnou energetického výdeje se mění i operativní teplota (změny kolem 0,5 °C).

Kalibrace přístrojů

Všechny používané přístroje musí mít platnou kalibraci. Protože nejsou stanovenými měřidly podle vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu [č. 345/2002 Sb.](#) v platném znění, kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování, je v pravomoci každé laboratoře stanovit kalibrační lhůty měřidel na základě vlastních zkušeností s přihlédnutím k doporučením výrobců.

Protokol o měření

Formální stránka protokolu musí odpovídat ČSN EN ISO/IEC 17025/2005, obecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří a dalším autorizačním nebo akreditačním požadavkům podle zavedeného systému jakosti laboratoře.

Protokol musí obsahovat

- a) název (Protokol o zkoušce č. ...).
- b) jednoznačnou identifikaci protokolu na každé jeho stránce (číslo strany, celkový počet stran).
- c) identifikační údaje, podle kterých lze protokol a jeho podklady v organizaci snadno nalézt, tj. č. protokolu, č. objednávky, č. jednací apod. podle zvyklostí laboratoře.
- d) datum přijetí zakázky, datum a čas provedení zkoušky, datum vypracování, příp. odeslání protokolu.
- e) název a adresu zákazníka, účel měření.
- f) údaje o laboratoři a pracovnících provádějících měření, tj. název a adresa laboratoře i místa měření, kdo měřil, kdo schvaloval (jméno, funkci, podpis) apod.
- g) popis, podmínky a jasnou identifikaci míst měření, příp. fotodokumentaci, plánek měření, měřené a hodnocené veličiny, použité metody měření, dobu měření, venkovní klimatické podmínky a popis okolností, které mohou ovlivňovat vnitřní podmínky (např. použité technologie, způsob větrání a vytápění včetně konkrétních údajů o skutečném větrání a vytápění během doby měření, apod.), popis činnosti a oděvu sledované osoby, podle čeho se získané výsledky hodnotí a další.
- h) údaje o použitých měřicích zařízeních.
- i) výsledky měření. Pokud je to vhodné pro platnost, hodnocení nebo interpretaci výsledků měření, nebo požaduje-li to zákazník, je třeba uvádět nejistoty výsledků měření. Příklad postupu jejich stanovení je uveden v Autorizačním návodu AN 10/03 „Odhad nejistoty výsledků fyzikálních měření“ vydaném SZÚ 2003 za účelem autorizace podle zákona [č.](#)

[258/2000 Sb.](#), ve znění pozdějších předpisů. Jestliže se odhad nejistot nepožaduje, vždy by se měla uvádět alespoň citlivost použitých přístrojů pro daný rozsah měření.

j) hodnocení výsledků, příp. odbornou interpretaci v souladu s podmínkami autorizačních nebo akreditačních požadavků.

k) doložku o reprodukovatelnosti protokolu.

EPIS