

Ing. Zuzana MATHAUSEROVÁ,  
Státní zdravotní ústav Praha

# Operativní teplota

## Operative Temperature

Recenzentka

MUDr. Ariana Lajčíková, CSc.

V článku je vysvětleno, co je operativní teplota a jak ji lze vypočítat. V mírném tepelném prostředí, kde rychlost proudění vzduchu nepřekračuje  $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , se vypočtená operativní teplota od výsledné teploty kulového teploměru odlišuje minimálně. Vezmeme-li v úvahu možnou chybu měření, je možné v takových podmínkách od výpočtu ustoupit a k hodnocení tepelného stavu prostředí použít výslednou teplotu kulového teploměru.

**Klíčová slova:** operativní teplota, mikroklíma, hodnocení, vnitřní prostředí

The article explains the parameter of “operative temperature” and the way to calculate it.

Under a moderate indoor thermal environment where the air flow velocity does not exceed  $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  the calculated operative temperature differs from the resulting globe thermometer temperature only minimally. Taking into consideration the possible measuring error, it is possible (under such conditions) to ignore the calculation and use the resulting globe thermometer temperature for the evaluation of the thermal state.

**Key words:** operative temperature, microclimate, indoor environment

Základním teplotním kritériem pro hodnocení tepelného stavu prostředí byla vždy fyzikální veličina – výsledná teplota kulového teploměru  $t_g$  [°C], která na rozdíl od teploty vzduchu (suché teploty)  $t_a$  [°C] zohledňuje i vliv sálavých složek prostředí a rychlost proudícího vzduchu. Byla vždy uváděna v hygienických předpisech týkajících se tepelné vlhkostních parametrů prostředí i příslušných ČSN jako jedna z veličin nutných pro dimenzování vzduchotechnických zařízení. Po zrušení hygienických předpisů v roce 2000 se v nově vzniklých dokumentech objevilo nové hodnotící teplotní kritérium – operativní teplota, která je podle [3] definována jako „jednotná teplota uzavřeného černého prostoru, ve kterém by tělo sdílelo radiaci a konvekcí stejně tepla, jako ve skutečném teplotně nehomogenním prostředí“.

V tomto platném předpise [3] je uveden i způsob výpočtu operativní teploty ze střední radiální teploty (účinné teploty okolních ploch) a teploty vzduchu, s respektováním rychlosti proudění vzduchu vyjádřené koeficientem A podle tab. 1, a to:

$$t_o = \bar{t}_r + A (t_a - \bar{t}_r) \quad (1)$$

Tab. 1 Závislost koeficientu A pro výpočet operativní teploty  $t_o$  na rychlosti proudění vzduchu  $v_a$  [m.s<sup>-1</sup>]

$v_a$ [m.s <sup>-1</sup> ]	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

Nejedná se tedy již o měřitelnou veličinu, ale hodnotu vypočítanou z celé řady vstupních údajů. Existuje zde jedno zjednodušení – při rychlostech proudění vzduchu menších než  $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  lze nahradit operativní teplotu přímo výslednou teplotou kulového teploměru  $t_g$  [°C]. Při vyšším proudění bychom tedy měli počítat.

Naštěstí výsledná teplota kulového teploměru je stále tou výchozí veličinou, dají se z ní stanovit i radiální teploty potřebné k výpočtu operativní teploty. Výpočtové vztahy jsou závislé na způsobu získání výsledné teploty, resp. na průměr použitého zařízení – kulového teploměru.

Střední radiální teplota se určí podle vztahu

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

kde

$t_g$  – výsledná teplota kulového teploměru  $\phi$  0,10 m [°C]

$t_a$  – teplota vzduchu [°C]  
 $v_a$  – rychlost proudění vzduchu [m.s<sup>-1</sup>]

nebo

$$\bar{t}_r = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} (t_g - t_a)]^{1/4} - 273 \quad (3)$$

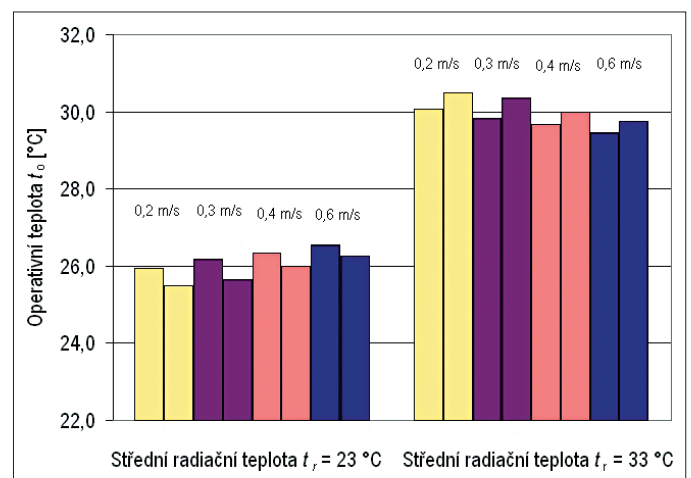
kde  $t_g$  – výsledná teplota kulového teploměru  $\phi$  0,15 m [°C]

Toto je tedy způsob stanovení operativní teploty v naší platné legislativě. Byla použita na základě převzatých evropských norem [8], [9].

Asi by bylo jednodušší používat jiný vztah, který je také v [8] uveden, a to přímý výpočet z rychlosti proudění vzduchu, bez koeficientu A:

$$t_o = \frac{t_a \cdot \sqrt{10 \cdot v_a} + \bar{t}_r}{1 + \sqrt{10 \cdot v_a}} \quad (4)$$

Porovnáme-li číselné výsledky získané z obou vztahů je patrné, že rozdíly jsou v desetinách °C jak pro negativní (chladovou) tak pozitivní (tepelnou) radiaci – viz obr. 1. Vzhledem k tomu, kolik faktorů ovlivňuje v prostředí výsledný tepelný stav prostředí a v případě měření i vzhledem k chybě měření, jsou tyto rozdíly zcela nepodstatné a nutí-li nás cokoli do výpočtu, bylo by použití vztahu (4) jednodušší.



Obr. 1 Operativní teplota stanovená podle vztahu (1)

– levý sloupec a (4) – pravý sloupec stejné barvy, pro teplotu vzduchu  $t_a = 28$  °C, rychlosti proudění vzduchu 0,2–0,6 m/s a dvě hodnoty střední radiální teploty  $t_a \pm 5$  °C

Operativní teplota byla zavedena ne jako veličina charakterizující tepelný stav prostředí, ale měla by sloužit k přesnějšímu určení vlivu tepelného stavu prostředí na člověka. Nemůže se proto jednat již o fyzikální veličinu. Je to patrné již z [8], kde je upřesněn v naší legislativě používaný vztah (1). Znění výpočtového vztahu je stejné s tím rozdílem, že koeficient A se nestanovuje z rychlosti proudění vzduchu  $v_a$ , ale z relativní rychlosti proudění vzduchu  $v_{ar}$  [m.s<sup>-1</sup>] dané vztahem

$$v_{ar} = v_a + 0,0052 (M - 58) \quad (5)$$

kde

$v_a$  je rychlost proudění vzduchu vztažená k osobě v klidu [m.s<sup>-1</sup>]  
 $M$  je energetický výdej odpovídající činnosti osoby [W.m<sup>-2</sup>]

Vliv měnicího se energetického výdeje podle činnosti člověka má při podmínkách uvedených pro obr. 1 za následek změnu operativní teploty max. 0,5 °C, tedy hodnotu nejistoty stanovení výsledku.

Pokoušíme se zde o velmi přesný výpočet respektující kromě mikroklimatických podmínek prostředí i pohyb a činnost člověka, bohužel vstupní veličiny jsou zatíženy velkou nepřesností – od určení parametrů prostředí až po stanovení energetického výdeje osoby. Je snadné si tento postup stanovení vlivu tepelného prostředí na člověka operativní teplotou představit při pokusech v klimatizované komoře s přesně stanovenými fyziologickými parametry pokusné osoby, pro praxi je však málo použitelný. A to nejen pro projektanta či provozovatele vzduchotechnických zařízení, ale i pro pracovníky hygienické služby při hodnocení mikroklimatických parametrů vnitřního prostředí a tepelné (chladové) zátěže osob.

Pohybujeme-li se v mírném tepelném prostředí, tzn. běžném prostředí pracovním i pobytovém bez velkých sálavých zdrojů tepla s rychlostmi proudění vzduchu v pobytové oblasti osob do 0,5 m.s<sup>-1</sup>, liší se změřené výsledné teploty kulového teploměru a vypočítané operativní teploty pouze v desetínách °C. Pro prostory s výraznou sálavou složkou, které známe jako teplé a horké provozy, se rozdíl obou teplot pohybuje již řádově v celých °C. Ale paradoxem je, že pro tyto prostory se již operativní teplota podle [4] nepoužívá a základem je zase výsledná teplota kulového teploměru.

Operativní teplota je tedy údaj, který je nezbytný ke stanovení podmínek tepelné pohody vyjádřených procentem nespokojených (PPD) s daným stavem tepelného prostředí charakterizovaným stupnicí tepelných pocitů (PMV) podle [9]. Používá-li se jako hodnotící kritérium pro stanovení vlivu tepelného prostředí na člověka – přípustných hodnot podle [4], viz tab. 2,

Tab. 2 Celoroční požadavky na přípustné mikroklimatické podmínky vnitřního prostředí v závislosti na vykonávané činnosti, tj. třídách práce vyjádřených energetickým výdejem  $M$  [W.m<sup>-2</sup>] s respektováním tepelného odporu oděvu

Třída práce	Energetický výdej $M$ (W.m <sup>-2</sup> )	Operativní teplota $t_o$ (°C)			Rychlost proudění vzduchu (m.s <sup>-1</sup> )	Relativní vlhkost vzduchu (%)	Intenzita pocení (g.hodina <sup>-1</sup> ) (g.směna <sup>-1</sup> )
		$t_{o \text{ min}}$	$t_{o \text{ opt}}$	$t_{o \text{ max}}$			
I	≤ 80	20	22 ± 2	28	0,1 až 0,2	30 až 70	107 856
II a	81 až 105	16	20 ± 2	27	0,1 až 0,2		136 1091
II b	106 až 130	14	16 ± 2	26	0,2 až 0,3		171 1368
III a	131 až 160	10	12 ± 2	26	0,2 až 0,3		256 2045
III b	161 až 200	10	12 ± 2	26	0,2 až 0,3		359 2639

jsou její odchylky od výsledné teploty kulového teploměru minimální – desetiny °C.

Jako výchozí veličina pro návrh a dimenzování vzduchotechnického zařízení je operativní teplota veličina špatně použitelná – přestože je vyjádřena ve °C, nejedná se vlastně již o fyzikální parametr prostředí.

Zůstaňme proto v tomto případě i nadále u tradice – používání základních mikroklimatických podmínek prostředí, tj. teploty, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu se zohledněním sálavých složek prostředí výslednou teplotou kulového teploměru. Pro běžná vnitřní prostředí tak zůstaneme v souladu i s požadavky platných předpisů.

Kontakt na autorku: zmat@szu.cz

Uvedené sdělení bylo předneseno na semináři STP „Operativní teplota, sálavé systémy“ v únoru 2006 a publikováno ve sborníku, vydaném k tomuto semináři.

**Použité zdroje:**

- [1] Zákon č. 20/1966 Sb. ve znění zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- [2] Zákon č. 50/1976 Sb. ve znění zákona č.155/2000 Sb. – zákoník práce
- [3] Nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci před některými riziky plynoucími z pracovních podmínek a požadavky na pracovní prostředí a pracoviště
- [4] Nařízení vlády č. 523/2002 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb.
- [5] Vyhláška č. 137/2004 Sb., o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných
- [6] Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- [7] Vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity pisku v pískovištích venkovních hracích ploch
- [8] ČSN EN ISO 7726 Ergonomie tepelného prostředí – Přístroje pro měření fyzikálních veličin
- [9] ČSN EN ISO 7730 Mírné tepelné prostředí – Stanovení ukazatelů PMV a PPD a popis podmínek tepelného komfortu.

**\* Ochrana před ptačí chřipkou**

V souvislosti s ptačí chřipkou se objevují dotazy, jakými prostředky se proti této nákaze chránit. Infekce se šíří zejména vzduchem k nakažení může dojít především prostřednictvím dýchacích orgánů.

Za dostatečné ochranné prostředky rozhodně nelze považovat nejrůznější roušky, známé z lékařských ordinací. Třebaže je lékaři užívají v některých případech pro svou ochranu, jejich hlavním účelem je ochrana okolí, tedy pacienta. **Za skutečně funkční ochranu dýchadel lze považovat až filtrační polomasky, označované také jako respirátory.**

Filtrační polomasky jsou rozděleny do tří tříd, přičemž pro ochranu proti virům a bakteriím je nejlepší použít třídu FFP3, která vykazuje nejvyšší stupeň ochrany. Třída ochrany musí být na respirátoru uvedena, stejně jako označení CE, které potvrzuje, že výrobek splňuje požadavky příslušné evropské směrnice.

Účinnost sebelepší filtrační polomasky může být snížena jejím nesprávným nasažením. Respirátor je třeba vytvarovat v oblasti nosu tak, aby nedocházelo k podsávání. Ochrannou funkci respirátoru může negativně ovlivnit i několik dnů neholená tvář u mužů.

Zdroj: www.bozpinfo.cz

(Laj)