

Snížení tepelné zátěže pracovníků v horkých provozech místním přívodem vzduchu

Heat stress reduction of workers in hot workshops by means of local air supply

Doc. Ing. Eva JANOTKOVÁ, CSc.,
Doc. Ing. Milan PAVELEK, CSc.
Odbor termomechaniky a techniky
prostředí EÚ
Fakulta strojního inženýrství VUT
v Brně

Článek je věnován návrhu vzduchové sprchy pro snížení tepelné zátěže pracovníků v horkých provozech. Návrh vzduchové sprchy vychází z provozních měření tepelného stavu prostředí na pracovním místě. Tepelná zátěž pracovníků je hodnocena ukazatelem WBGT. Z naměřené závislosti ukazatele WBGT na rychlosti proudění vzduchu jsou stanoveny rychlosti vzduchu potřebné pro dosažení homogenního prostředí s referenční hodnotou WBGT. Takto stanovené průběhy rychlosti po výšce pracoviště slouží k návrhu optimální vzduchové sprchy. Pro ověření vlivu vzduchové sprchy na technologii výroby je použita vizualizace proudění mlhou.

Klíčová slova: tepelný stav prostředí, ukazatel WBGT, vzduchová sprcha, vizualizace proudění

Recenzent
prof. Ing. František Drkal, CSc.

The article deals with the design of air shower for heat stress reduction of workers in hot workshops. The design of air shower is based on operational measurements of thermal conditions of the environment on the working place. The analysis of workers' heat stress was made by using the WBGT-index. From the measured WBGT-index dependence on the airflow velocity, the airflow velocities, which are needed for obtaining a homogenous environment with the WBGT reference value, have been determined. Thus defined courses of velocities along the working place height have been applied for the design of an optimum air shower. The visualization of airflow by means of fog is used for verify of air shower influence upon the production technology.

Key words: thermal conditions of environment, WBGT – index, air shower, flow visualization

1. ÚVOD

V teplých a horkých provozech, se kterými se setkáváme v hutních, sklářských, keramických a energetických závodech, je používáno celkové větrání aerací, tj. přirozené větrání regulovatelnými větracími otvory ve stěnách a ve střeše. Větrání aerací v těchto provozech převážně splňuje hygienické i technologické požadavky.

Stává se však, že někteří pracovníci jsou nadměrně zatěžováni teplem, zejména sálavým. K ochraně pracovníků před nadměrným sálavým teplem je možné použít místní přívod vzduchu do části prostoru, který je místem pracovním.

V příspěvku je uveden postup návrhu místního přívodu vzduchu na pracoviště strojníků u sklářských linek na výrobu obalového skla, kde při použití větrání pouze aerací je přípustná tepelná zátěž pracovníků značně překročena. V daném případě musel být návrh distribuce místně přiváděného vzduchu řešen navíc tak, aby nedošlo k narušení procesu výroby anebo ke zhoršení kvality výrobků.

Návrh místního přívodu vzduchu proto vycházel z provozních měření tepelného stavu prostředí na pracovišti strojníků u sklářské linky při celkovém větrání aerací a při současném místním přívodu vzduchu.

2. MÍSTNÍ PŘÍVOD VZDUCHU

Místní přívod vzduchu, vzduchová sprcha, je určen k ochraně pracovníků před účinky sálavého tepla. Na pracoviště se přivádí vzduch, který vystupuje z vhodně upravené vyústky tak, aby proudil kolem pracovníka a ochlazoval jej. Kromě stabilních zařízení s centrální strojovnou, ze které se vzduch rozvádí potrubím do vyústek, se používají také zařízení mobilní. Mobilní vzduchová sprcha se skládá z ventilátoru s elektromotorem a z krátkého vzduchovodu umístěných na výškově přestavitelném stojanu.

Ze vzduchových sprch se vyfukuje proud vzduchu tak, aby směřoval na osálanou stranu pracovníka. Zvětšením rychlosti proudění vzduchu okolo pracovníka se zvýší součinitel přestupu tepla na povrchu osálaného oděvu, čímž se zvýší tepelný tok přenášený konvekcí do okolí a sníží se tepelný tok prostupující oděvem k tělu. Názorně to vyjadřuje rovnice tepelné bilance osálaného oděvu [1]

$$a\dot{q}_R = \alpha(t_p - t_a) + \frac{(t_p - t_s)}{R}, \quad (1)$$

v níž a [-] – absorptance oděvu,
 \dot{q}_R [W.m⁻²] – hustota sálavého tepelného toku,
 α [W.m⁻².K⁻¹] – součinitel přestupu tepla,
 t_p [°C] – povrchová teplota oděvu,
 t_a [°C] – teplota vzduchu,
 t_s [°C] – střední teplota pokožky (na osálané straně je přibližně 37 °C),
 R [m².K.W⁻¹] – tepelný odpor oděvu.

Hustota tepelného toku pohlceného oděvem (levá strana rovnice) je jednak přenášena konvekcí do vzduchu (první člen pravé strany rovnice) a jednak prostupuje oděvem (druhý člen pravé strany rovnice).

Z hlediska ochrany pracovníka před nadměrným sálavým teplem musí být druhý člen pravé strany rovnice co nejmenší. Pro jeho snížení je vhodné kromě vzduchové sprchy aplikovat současně i některá další opatření, jako je zmenšení hustoty sálavého tepelného toku, např. stínícími plochami, zmenšení absorptance oděvu a zvětšení tepelného odporu oděvu.

Při použití vzduchových sprch musí být dodržena správná teplota a rychlost vzduchu na pracovišti. Teplota v proudě vzduchové sprchy nemá být na pracovním místě nižší o více než 2 až 3 K než teplota okolního vzduchu. Rychlost vzduchu na pracovním místě nemá překročit 3 m.s⁻¹, protože lidé

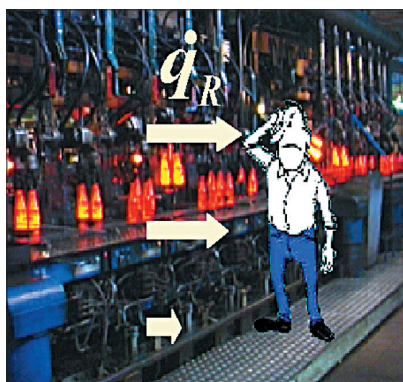
vyšší rychlosti pociťují nepříjemně a vyšší rychlosti působí nadměrné ochlazení neosálané strany pracovníka, které může způsobovat zdravotní problémy.

3. MĚŘENÍ A JEJICH VYHODNOCENÍ

Teplotný stav prostředí závisí na čtyřech činitelích, kterými jsou teplota vzduchu, střední radiační teplota, rychlost proudění vzduchu a vlhkost vzduchu. K určení tepelného stavu prostředí se používají odvozené parametry, zahrnující společný účinek několika, nebo všech výše uvedených činitelů, jako je např. operativní teplota t_o , výsledná teplota měřená kulovým teploměrem t_g , teplota přirozeně větraného mokrého teploměru t_{nw} nebo pro horké prostředí ukazatel tepelné zátěže pracovníka *WBGT* (Wet Bulb Globe Temperature).

Sklářské linky na výrobu obalového skla, u nichž byl tepelný stav prostředí zjišťován, jsou umístěny v hutní hale sklárny. Charakter sklářské automatické výroby i rozmístění jednotlivých linek v hutní hale má velký vliv na kvalitu pracovního prostředí obsluhy linek.

Velmi kritická je zde vysoká tepelná zátěž pracovníků daná především vysokou a nerovnoměrně rozloženou hustotou sálavého tepelného toku \dot{q}_R (obr. 1). Největší tepelné zátěže jsou od výšky 1,1 m nad podlahou, kde se po lince pohybuje vyráběné obalové sklo o teplotách 600 až 800 °C.



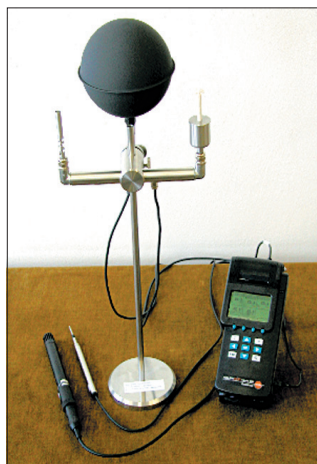
Obr. 1 Pracoviště strojníků u sklářské linky

Pro určení tepelné zátěže pracovníků bylo zvoleno jedno z nejteplejších pracovních míst v provozu. Na tomto místě byla měřena:

- teplota vzduchu t_a [°C] – teploměrem chráněným před vlivy tepelného sálání,
- rychlost vzduchu w [m.s⁻¹] – anemometrem se žhavenou kuličkou,
- relativní vlhkost vzduchu φ [%] – kapacitním vlhkoměrem,
- výsledná teplota t_g [°C] – kulovým teploměrem,
- teplota přirozeně větraného mokrého teploměru t_{nw} [°C] – teploměrem krytým přirozeně větranou mokrou punčoškou.

Uvedené veličiny lze efektivně měřit sestavou Testo [5] z obr. 2, a to v souladu s normou ČSN ISO 7726 [3]. Dle této normy byly použity metody měření typu S vztahující se k měření v podmínkách větší tepelné zátěže a extrémní tepelné zátěže.

Tepelná zátěž byla měřena jednak při větrání pouze aerací, ale také při použití mobilní vzduchové sprchy umístěné na výškově přestavitelném stojanu. Přívodní výústka vzduchové sprchy byla umístěna buď ve výšce 2,6 m nad podlahou – horní vzduchová sprcha, nebo u podlahy – spodní vzduchová sprcha.



Obr. 2 Sestava Testo pro měření ukazatele *WBGT*, rychlosti proudění a vlhkosti vzduchu

Měření umožnila stanovit vliv vzduchové sprchy na tepelný stav prostředí a tepelnou zátěž pracovníků.

Pro hodnocení tepelného stavu prostředí byla použita norma ČSN ISO 7243 „Horká prostředí. Stanovení tepelné zátěže pracovníka podle ukazatele *WBGT*“ [2]. Tato norma je určena pro hodnocení průměrného tepelného účinku na člověka během doby jeho činnosti.

Ukazatel *WBGT* slučuje hodnoty dvou odvozených parametrů – teploty přirozeně větraného mokrého teploměru t_{nw} a výsledné teploty kulového teploměru t_g , v některých situacích i hodnotu základního parametru – teploty vzduchu t_a . Závislost mezi těmito hodnotami lze vyjádřit dle normy [2] vztahy:

- Pro prostory budov a venkovní prostory bez slunečního záření

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,3t_g. \quad (2)$$

- Pro venkovní prostory se slunečním zářením

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,2t_g + 0,1t_a. \quad (3)$$

Měřicí přístroj sestavy Testo z obr. 2 vyhodnocuje uvedené ukazatele *WBGT* z měřených parametrů automaticky.

Při heterogenitě prostředí, kdy naměřené parametry t_{nw} a t_g na pracovním místě nemají po výšce konstantní hodnotu, je potřebné stanovit ukazatele *WBGT* ve třech polohách, které odpovídají výšce hlavy, břicha a kotníků od podlahy. U stojícího pracovníka musí být měřeno ve výšce 0,1, 1,1 a 1,7 m nad podlahou. Průměrný ukazatel $WBGT_{prům}$ se získá z těchto třech údajů dle normy [2] použitím vzorce

$$WBGT_{prům} = \frac{WBGT_{hlava} + WBGT_{břicho} + WBGT_{kotníky}}{4}. \quad (4)$$

Takto získané údaje ukazatele *WBGT* jsou pak srovnány s referenčními hodnotami $WBGT_{ref}$. Referenční hodnoty jsou uvedeny v normě [2], a to v tabulkové a grafické podobě v závislosti na energetickém výdeji a pro normální pracovní oděv. Normální pracovní oděv je definován jako oděv propustný pro vzduch i vodní páru s tepelným odporem 0,6 clo. Energetický výdej strojníků u sklářských linek lze uvažovat 110 W.m².

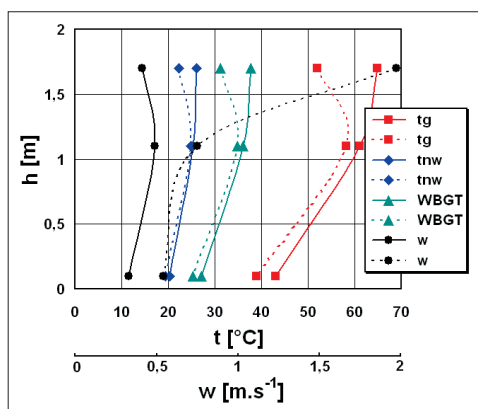
Dle tabulky referenčních hodnot pro energetický výdej od 65 do 130 W.m² a pro osoby aklimatizované na teplo je $WBGT_{ref} = 30$ °C. Podle křivky referenčních hodnot je při nepřetržité práci pro energetický výdej 110 W.m² $WBGT_{ref} = 31$ °C. Pro další řešení jsme jako referenční hodnotu zvolili $WBGT_{ref} = 31$ °C.

4. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

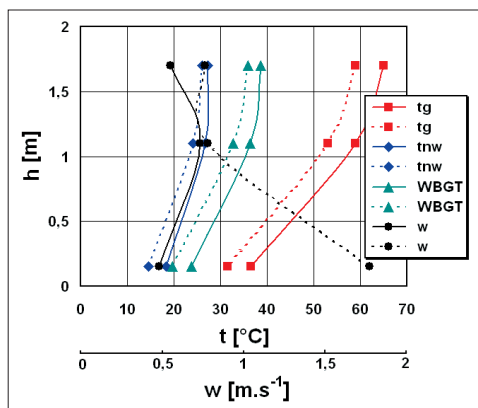
a) Vliv vzduchových sprch na ukazatele *WBGT* na daném pracovišti

Naměřené hodnoty výsledné teploty t_g , teploty mokrého přirozeně větraného teploměru t_{nw} , rychlosti proudění vzduchu w a hodnoty ukazatele tepelné zátěže pracovníků *WBGT* na daném pracovišti jsou uvedeny v obr. 3 a v obr. 4. Průběhy veličin naměřených při větrání aerací (bez vzduchové sprchy) jsou v obrázcích kresleny plnými čarami a průběhy veličin naměřených při větrání aerací a současném použití mobilní vzduchové sprchy jsou kresleny čárkovaně.

V obr. 3 jsou vyneseny hodnoty měření při větrání aerací a také při současném použití horní vzduchové sprchy. V obr. 4 jsou vyneseny hodnoty měření při větrání aerací a při současném použití spodní vzduchové sprchy.



Obr. 3 Vliv horní vzduchové sprchy na tepelný stav prostředí na pracovišti u sklářské linky $WBGT_{prům} (bez sprchy) = 34,21 \text{ } ^\circ\text{C}$, $WBGT_{prům} (se sprchou) = 31,51 \text{ } ^\circ\text{C}$
 — bez sprchy, se sprchou



Obr. 4 Vliv spodní vzduchové sprchy na tepelný stav prostředí na pracovišti u sklářské linky $WBGT_{prům} (bez sprchy) = 33,81 \text{ } ^\circ\text{C}$, $WBGT_{prům} (se sprchou) = 30,28 \text{ } ^\circ\text{C}$
 — bez sprchy, se sprchou

Výsledky měření při větrání pracoviště strojníků u sklářské linky aerací ukazují, že referenční hodnoty ukazatele $WBGT$ jsou značně překročeny.

Použitím vzduchové sprchy ať již horní či spodní se ukazatel $WBGT$ snižuje. Při použití horní vzduchové sprchy se hodnota průměrného ukazatele $WBGT$ snížila z původní hodnoty $34,21 \text{ } ^\circ\text{C}$ (bez sprchy) na hodnotu $31,51 \text{ } ^\circ\text{C}$ (se sprchou) a u spodní vzduchové sprchy se snížila z hodnoty $33,81 \text{ } ^\circ\text{C}$ (bez sprchy) na hodnotu $30,28 \text{ } ^\circ\text{C}$ (se sprchou).

K poněkud většímu snížení průměrné hodnoty $WBGT$ došlo tedy u sprchy spodní, ale to vlivem výrazného snížení $WBGT$ ve výši kotníků, což je nežádoucí. U sprchy horní naopak k největšímu snížení $WBGT$ dochází ve výši hlavy (téměř na referenční hodnotu), proto je v tomto případě vhodnější sprcha horní.

b) Vyhodnocení vertikálního průběhu rychlosti proudění na daném pracovišti pro dosažení rovnoměrné hodnoty ukazatele $WBGT$ podle výšky

Na obr. 5 je vyneseno průběh ukazatele $WBGT$ v závislosti na rychlosti proudění vzduchu. Při proudění vzduchu rychlostí 2 m.s^{-1} je hodnota ukazatele $WBGT$

Relativní vlhkosti vzduchu se při měřeních pohybovaly od 21 do 26,7 %, což ukazuje, že se jedná o prostředí s nízkou a poměrně stabilní relativní vlhkostí.

Z obr. 3 je patrné, že při použití horní vzduchové sprchy dochází k největšímu snížení všech měřených teplot i ukazatele tepelné zátěže pracovníků v místě hlavy, kde tyto veličiny při větrání aerací dosahují nejvyšších hodnot. Je to způsobeno tím, že ve výši hlavy je při použití horní vzduchové sprchy největší rychlost proudění vzduchu.

Z obr. 4 je patrné, že při použití spodní vzduchové sprchy je rychlost ve výši hlavy nejnižší, a proto také snížení ukazatele tepelné zátěže je zde menší, než při použití sprchy horní.

o $6,6 \text{ K}$ menší než při proudění vzduchu rychlostí $0,4 \text{ m.s}^{-1}$, což platí ve všech proměřovaných výškách nad podlahou ($1,7, 1,1$ a $0,1 \text{ m}$).

Pro vzduchovou sprchu nasávající vzduch z okolního prostředí z toho vyplývá závěr, že zvýšení rychlosti vzduchu o $0,1 \text{ m.s}^{-1}$ způsobí průměrný pokles ukazatele $WBGT$ o $0,4 \text{ K}$. Toto platí v rozsahu rychlostí od $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ do 2 m.s^{-1} .

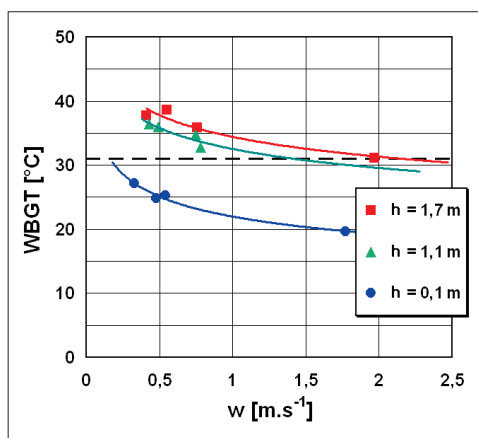
Ze závislosti na obr. 5 lze stanovit optimální rychlosti proudění vzduchu na daném pracovišti u sklářské linky potřebné pro dosažení homogenního prostředí s požadovanou referenční hodnotou $WBGT$. Pro dosažení homogenního prostředí s hodnotou $WBGT = 31 \text{ } ^\circ\text{C}$ je závislost rychlosti proudění vzduchu w na vzdálenosti od podlahy h vyjádřena vztahem

$$w = 0,022 h^2 + 1,211 h + 0,059. \quad (5)$$

5. VIZUALIZACE PROUDĚNÍ

Pro ověření vlivu proudění vyvolaného místním přívodem vzduchu na technologii výroby obalového skla bylo na uvedeném pracovním místě zviditelněno proudění pomocí mlhy, a to při větrání pracoviště pouze aerací, při použití horní a spodní vzduchové sprchy. Příklady obrazů získaných vizualizací jsou na obr. 6 a obr. 7.

Z vizualizačních záznamů vyplývá, že při použití horní vzduchové sprchy proudí vzduch k podlaze, kde se obrací, proudí šikmo směrem vzhůru k lince a nad linkou je strháván konvekčním proudem vzhůru. Vizualizace také ukázala, že při přívodu vzduchu horní vzduchovou sprchou nebylo ovlivněno prostředí výroby



Obr. 5 Hodnoty ukazatele $WBGT$ na daném pracovišti u sklářské linky v závislosti na rychlosti proudění vzduchu



Obr. 6 Vizualizace proudění vzduchu z horní vzduchové sprchy na pracovním místě u sklářské linky



Obr. 7 Vizualizace proudění vzduchu ze spodní vzduchové sprchy na pracovním místě u sklářské linky

větší než při větrání pouhou aerací. Při přívodu vzduchu spodní vzduchovou sprchou dochází k bezprostřednímu strhávání přiváděného vzduchu konvekčním proudem a je tedy větší možnost ovlivnění technologie výroby tímto proudem.

Z vizualizace vyplynulo, že horní vzduchová sprcha je v daném případě vhodnější než spodní nejen z hlediska rovnoměrnějšího rozložení ukazatele WBGT po výšce pracoviště, ale i z hlediska podstatně menšího nežádoucího ovlivnění technologie výroby a kvality výrobků proudem vzduchu lokálně přiváděného vzduchovou sprchou.

Vizualizace proudění mlhou také ukázala, že se jedná o velice efektivní a zároveň jednoduchou, levnou a dostupnou metodu pro kvalitativní posuzování proudění. Tato metoda může mít široké použití jak při výzkumech větrání, tak také při ověření funkce instalovaných větracích a klimatizačních zařízení.

6. NÁVRH VZDUCHOVÉ SPRCHY

Na základě měření tepelné zátěže je možné navrhnout optimální vzduchovou sprchu. Při jejím návrhu je třeba dodržet podmínku, aby rozložení rychlostí na pracovišti co nejlépe odpovídalo rovnici (5), definující optimální rozložení rychlostí. Rozložení rychlostí na pracovišti lze upravovat použitím vzduchové sprchy osazené vhodnou vyústkou s regulovatelnou konstantou a změnou výškového umístění vzduchové sprchy, což bývá někdy omezeno prostorovými dispozicemi technologie na konkrétním pracovišti.

Vzduch ve vzduchové sprše může mít teplotu stejnou jako vzduch v okolním prostředí, nebo pro zesílení účinku vzduchové sprchy může mít teplotu maximálně o 2 až 3 K nižší. Nižší teploty se dosáhne tím, že vzduch přiváděný do vzduchové sprchy je směsí vzduchu nasávaného z prostoru haly a vzduchu venkovního. Poměr míšení a také objemový tok vzduchu přiváděného do vzduchové sprchy by měl být regulovatelný podle aktuálního tepelného stavu na pracovišti.

Vzduchová sprcha se počítá jako zatopený proud, u něhož se vychází z požadované rychlosti vzduchu a průměru proudu vzduchu kolem pracovníka [1]. Skutečný rychlostní profil proudu se nahrazuje střední rychlostí podle hybnosti. Aby se využilo účinné střední části proudu, kde jsou největší rychlosti, zavádí se tzv. redukovaný průměr proudu na pracovišti D_{rx} , který se volí podle rozsahu pohybu pracovníka. Při ofukování jednoho pracovníka by měl být větší než 1,2 m. Pro rychlostní profil podle Schlichtinga [1] je redukovaný průměr proudu vyjádřen vztahem

$$D_{rx} = 0,64 D_x \quad (6)$$

v němž D_x je průměr proudu ve vzdálenosti x od výústě.

Z výpočtových vztahů pro zatopený proud lze vypočítat potřebnou vzdálenost vyústky vzduchové sprchy od pracovníka a tím výšku vyústky nad podlahou, výtokovou rychlost z vyústky a objemový tok vytékajícího vzduchu. Pro zvolený střední rozdíl teplot v okolí a v proudu na pracovišti je možné vypočítat potřebnou teplotu vzduchu přiváděného vyústkou.

Pro výpočet veličin vyjádřených následujícími rovnicemi (7), (8) a (9) byly použity vztahy uvedené v [1].

Vzdálenost vyústky vzduchové sprchy od pracovníka x pro kruhový proud vypočteme podle rovnice

$$x = \frac{K_D D_x}{3,26} \quad (7)$$

kde K_D je konstanta vyústky. Hodnoty konstant vyústek lze najít pro některé typy vyústek v literatuře, např. [1], [4], pro jiná provedení vyústek je nutné K_D stanovit experimentálně.

Pro výpočet výtokové rychlosti z vyústky w_o (v nejužším místě proudu za vyústkou) můžeme použít vztah

$$w_o = \frac{w_H D_x}{1,63 D_o} \quad (8)$$

v němž

D_o – výtokový průměr proudu z vyústky (u vyústek čtyřhranných dosadíme za D_o ekvivalentní průměr podle průřezu),

w_H – střední rychlost podle hybnosti, za níž dosazujeme požadovanou rychlost vzduchu v proudu vzduchové sprchy na pracovišti, která je v hlavní oblasti proudu přibližně polovinou rychlosti osově.

Výtokový průměr proudu D_o se vypočítá z průřezu proudu z vyústky vyjádřeného vztahem $A_o = \varepsilon \sigma_v A_c$, kde ε je součinitel kontrakce proudu (bývá 0,65 až 0,9) a $\sigma_v = A_v/A_c$ je hodnota uváděná výrobcem vyústek (A_v je volný průřez vyústky odpovídající celkové ploše otvorů, A_c je jmenovitý průřez vyústky odpovídající ploše vypočtené z obrysových rozměrů).

Teplotu přiváděného vzduchu ve vyústce t_o určíme ze vztahu

$$t_o = t_i - \frac{(t_i - t_{xx})x}{0,67 K_D D_o} \quad (9)$$

kde t_i – teplota okolního vzduchu,

$(t_i - t_{xx})$ – požadovaný rozdíl teploty okolního vzduchu a střední teploty v redukované části proudu kolem pracovníka.

7. ZÁVĚR

V příspěvku je uveden příklad provozních měření tepelného stavu prostředí na pracovišti u sklářské linky na výrobu obalového skla. Výsledkem měření je závislost tepelné zátěže pracovníků na rychlosti proudění vzduchu a z ní stanovené optimální vertikální rozložení rychlostí, které zajistí homogenní prostředí s přípustnou tepelnou zátěží pracovníků. Získané experimentální výsledky mohou být podkladem pro návrh optimální vzduchové sprchy. Není prakticky snadné vytvořit požadované vertikální rozložení rychlostí, je však třeba se mu přiblížit alespoň v horní části těla.

Vzhledem k tomu, že nesmí být ovlivněna v daném případě technologie výroby lokálním přívodem vzduchu, bylo proudění zviditelněno mlhou. Vizualizace názorně ukázala charakter proudění v jednotlivých sledovaných případech a možný dopad vzduchové sprchy na technologii výroby.

Publikované výsledky byly získány za finančního přispění Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci účelové podpory výzkumu a vývoje při řešení projektu COST G3.20 a výzkumného záměru GEZ: J22/98:262100001.

Použité zdroje:

- [1] CHYSKÝ, J., OPPL, L. a kol.: *Větrání a klimatizace*. Technický průvodce 31, SNTL, 1971, Praha
- [2] ČSN ISO 7243, 1993. *Horká prostředí. Stanovení tepelné zátěže pracovníka podle ukazatele WBGT (teploty mokrého a kulového teploměru)*. Federální úřad pro normalizaci a měření
- [3] ČSN ISO 7726, 1993. *Tepelné prostředí. Přístroje a metody měření fyzikálních veličin*. Federální úřad pro normalizaci a měření
- [4] CIHELKA, J. a kol.: *Vytápění, větrání a klimatizace*. SNTL, 1985, Praha
- [5] TESTO. Firemní materiály. <http://testo.cz>