

Ing. Martin POSPÍŠIL
Absolvent ČVUT,
Fakulta strojní
Ústav techniky prostředí

Způsoby návrhu zaplavovacího větrání pro administrativní prostory a jejich porovnání



Ústav techniky prostředí

Proposed Methods of Displacement Ventilation in Administrative Spaces and Their Comparison

Recenzent
Ing. Jiří Fryba

Článek obsahuje základní informace o zaplavovacím větrání. Pojednává o jeho výhodách, nevýhodách a omezeních. Dále popisuje způsoby návrhu systému. V následující části se zabývá experimentálním měřením v komoře, která má představovat kancelářský prostor. Z experimentu vyplývá, že na tepelný komfort vnitřního prostředí má největší vliv vertikální teplotní gradient. Výsledky měření jsou porovnány s jednotlivými způsoby návrhu a na jejich základě je doporučen nejpřesnější způsob návrhu. Výsledky měření jsou také porovnány s daty získanými ze simulace CFD. Ze srovnání vyplývá shoda mezi měřením a simulací.

Klíčová slova: zaplavovací větrání, návrh zaplavovacího větrání, simulace CFD

This article includes fundamental information concerning displacement ventilation. It discusses its advantages, disadvantages and limitations. It describes the methods of the system design. The following section deals with experimental measurement taken in the chamber, which represents an office area. The experiment shows that the greatest impact of thermal comfort is on the vertical temperature gradient. The results of the experiment are compared with various design methods and according to them are recommended the most accurate method of the displacement ventilation design. The results of the experiment are also compared with the values obtained from CFD simulations. The comparison shows the accordance between the measurement and the simulation.

Key words: displacement ventilation, design of displacement ventilation, CFD simulation

1. ÚVOD

V současnosti se i v naší republice začíná více používat v administrativních objektech zaplavovací větrání (označované také jako zdrojové). Zaplavovací větrání totiž umožňuje snížit množství energie potřebné na úpravu a dopravu větracího vzduchu oproti klasickému směšovacímu větrání.

Distribuce vzduchu zaplavováním má oproti klasickému směšovacímu větrání svá specifika i ohledně projekčního návrhu. Způsoby návrhu jsou uvedeny dále a na základě experimentu a simulace CFD bude vybrán nejpřesnější způsob projekčního návrhu.

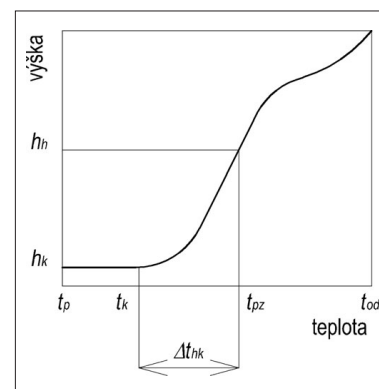
Základní popis zaplavovacího větrání

Zaplavovací větrání je založeno na využití rozdílu hustot vzduchu v prostoru (teplejšího) a vzduchu přiváděného (chladnějšího). Při tomto větrání se čerstvý chladnější vzduch přivádí malými rychlostmi přímo do pobytové oblasti. Vzhledem ke své větší hustotě se drží při podlaze, dostává se hluboko do větraného prostoru a vytěšňuje stávající již ohřátý vzduch s menší hustotou (čerstvý vzduch „zaplavuje“ prostor). Od zdrojů tepla se vzduch ohřívá a v přirozených konvekčních prouděch stoupá ke stropu, kde je odsáván. V prostoru proto dochází ke stratifikaci teploty. Typický vertikální průběh teploty je v obr. 1.

V případě, že zdroj tepla je také zdrojem škodlivin, dochází i ke stratifikaci koncentrací škodlivin, protože vznikající škodliviny jsou unášeny konvek-

čními proudy nad zdroje škodlivin, pokud nejsou při dané teplotě specificky těžší než okolní vzduch.

V dýchací zóně člověka (v okolí nosu a úst) je obvykle při zaplavovacím větrání koncentrace škodlivin nižší než ve stejné výšce ve zbývajícím prostoru, protože konvekční proudy vzduchu stoupající podél těla s sebou unášejí čistý vzduch od podlahy místnosti.



Obr. 1 Vertikální průběh teploty [3]

Výhody

- při stejné kvalitě vzduchu v dýchací zóně člověka můžeme přivádět výrazně menší průtoky čerstvého vzduchu (asi 70% průtok viz [2]) oproti směšovacímu větrání
- obvykle nižší tlaková ztráta výustí
- obvykle nižší aerodynamický hluk generovaný vyústkou
- možnost bezproblémové regulace proměnným průtokem vzduchu
- nižší intenzita turbulence přiváděného vzduchu
- obvykle vyšší teplota přiváděného vzduchu než při chlazení směšovacími větráními
- delší doba využití chlazení venkovním vzduchem („volné chlazení“)
- vzhledem k vyšší teplotě přiváděného vzduchu vyšší chladicí faktor chladicího zařízení

Nevýhody

- před vyústkou se nachází oblast s vysokým rizikem vzniku průvanu (tzv. přilehlá oblast), která nesmí zasahovat do oblasti s dlouhodobým pobytem
- stěnové a volně stojící vyústky zabírají podlahovou plochu



Ing. Martin Pospíšil (1985)

Absolvent ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí (2010). Doktorand na Ústavu techniky prostředí Fakulty strojní, ČVUT v Praze.

- výstřiky nelze plnohodnotně vytápět (přiváděný teplý vzduch rychle stoupá ke stropu a nedostává se dál do prostoru)
- zaplavovací větrání je nevhodné pro prostory se stropem nižším než 3 m
- nelze je použít v případech, kdy škodliviny mají větší hustotu než vzduch
- je nevhodné pro odvod tepelné zátěže vyšší než 70 až 90 W/m² podlahové plochy
- nelze je použít v případech, kdy dochází k silnému mechanickému promíchání vrstev

2. NÁVRH ZAPLAVOVACÍHO VĚTRÁNÍ

Pro návrh zaplavovacího větrání do administrativních prostorů musíme znát počet osob, požadovanou teplotu v pobytové zóně t_{pz} , celkovou tepelnou zátěž Q_z prostoru, případně počet a výkon vnitřních zdrojů tepla a vertikální teplotní gradient v pobytové zóně (viz obr. 1) definovaný jako:

$$\Delta t_g = \frac{t_{pz} - t_k}{h_h - h_k} \quad (1)$$

Výška kotníků nad podlahou h_k je obvykle udávána 0,1 m. Pro výpočet ještě potřebujeme určit výšku hlavy nad podlahou h_h , ve které také stanovujeme teplotu v pobytové zóně t_{pz} . U kancelářských prostor (sedící osoby) je nejčastěji uváděná výška 1,1 m. V prostorech, kde se pracuje převážně ve stoje, je pak tato výška 1,8 m.

Hodnotu gradientu Δt_g volíme na základě požadavků na tepelný komfort, např. podle normy ČSN EN ISO 7730 [6]. Hodnota gradientu Δt_g se obvykle pohybuje v rozmezí 1,5 až 2 K/m, v extrému až do 3 K/m.

Návrh podle Skistada [2]

Při tomto návrhu vycházíme ze zvoleného gradientu Δt_g a idealizovaného 50% vertikálního rozložení teplot. 50% vertikální rozložení teploty znamená, že ve výšce kotníků h_k bude teplota aritmetickým průměrem teplot t_p a t_{od} .

Dalším předpokladem je lineární vertikální průběh teploty od výšky h_k až ke stropu. Teplotu odváděného vzduchu pak určíme ze vztahu:

$$t_{od} = t_{pz} + (h - h_h) \cdot \Delta t_g \quad (2)$$

Z definice 50% rozdělení vertikální teploty stanovíme teplotu přiváděného vzduchu:

$$t_p = t_{od} - 2 \cdot (h - h_k) \cdot \Delta t_g \quad (3)$$

Z teplot přiváděného t_p a odváděného t_{od} vzduchu stanovíme průtok vzduchu pro odvod tepelné zátěže Q_z :

$$V = \frac{3600 \cdot Q_z}{\rho \cdot c \cdot (t_{od} - t_p)} \quad (4)$$

Postup návrhu na základě výpočtu bezrozměrné teploty Θ_k ve výšce kotníků

Tento návrh vychází z postupu navrženého Chenem, Glicksmánem a Yuanem [3]. Na základě požadované teploty v pobytové zóně t_{pz} a teplotního gradientu Δt_g vypočítáme teplotu v úrovni kotníků:

$$t_k = t_{pz} - \Delta t_{hk} = t_{pz} - (h_h - h_k) \cdot \Delta t_g \quad (5)$$

Chen, Glicksman a Yuan [3] experimentálně stanovili průtok přiváděného vzduchu jako:

$$V = 3600 \cdot \frac{a_i \cdot Q_{zi} + a_0 \cdot Q_{z0} + a_e \cdot Q_{ze}}{\rho \cdot c \cdot \Delta t_g \cdot (h_h - h_k)} \quad (6)$$

kde hodnoty součinitelů distribuce tepelné zátěže nabývají hodnot: $a_i = 0,295$, $a_0 = 0,132$ a $a_e = 0,185$. Pro výpočet potřebujeme dále určit bezrozměrnou teplotu ve výšce kotníků definovanou jako:

$$\Theta_k = \frac{t_k - t_p}{t_{od} - t_p} \quad (7)$$

Podle Mundtové [4] je bezrozměrná teplota rovna:

$$\Theta_k = \frac{1}{\frac{V \cdot \rho \cdot c}{3600 \cdot A} \left(\frac{1}{\alpha_s} + \frac{1}{\alpha_k} \right) + 1} \quad (8)$$

kde je na základě shody s měřením doporučená hodnota součinitele přestupu tepla sáláním $\alpha_s = 5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ a konvekcí $\alpha_k = 4 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.

Teplota přiváděného vzduchu pak bude:

$$t_p = t_k - \Theta_k \cdot \frac{3600 \cdot Q_z}{\rho \cdot c \cdot V} \quad (9)$$

Teplotu odváděného vzduchu stanovíme z rovnice:

$$t_{od} = \frac{3600 \cdot Q_z}{\rho \cdot c \cdot V} + t_p \quad (10)$$

Na závěr ještě zkontrolujeme, zda hodnota průtoku čerstvého vzduchu souhlasí s průtoky předepsanými legislativou.

Návrh podle požadavků na vysokou kvalitu vzduchu

Tento způsob návrhu vychází z toho, že nad tepelnými zdroji dochází ke vzniku konvekčních proudů, ve kterých s výškou narůstá průtok vlivem strhávání (indukce) vzduchu z okolí. Ve výškách, kde je průtok těchto konvekčních proudů větší než průtok přiváděného vzduchu, dochází k obracení konvekčních proudů a jejich směšování se vzduchem v nižších vrstvách. Pokud je v určité výšce nad zdrojem tepla průtok konvekčního proudu stejný jako průtok přiváděného vzduchu, ke směšování prakticky nedochází a ohřátý vzduch i se škodlivinami odchází do vyšších vrstev. Při návrhu proto potřebujeme určit průtoky vzduchu všech konvekčních proudů nad zdroji tepla ve větraném prostoru ve výšce dýchací zóny člověka. Průtoky vzduchu můžeme spočítat ze vztahů uvedených např. Skistadem v [2], Chenem, Glicksmánem a Yuanem v [5], nebo využít tabelované hodnoty.

Průtok přiváděného vzduchu se pak rovná:

$$V = \sum_{i=1}^n V_{k(n)} \quad (11)$$

Teploty přiváděného a odváděného vzduchu pak můžeme stanovit buď podle 50% rozdělení vertikálního průběhu teplot, nebo podle bezrozměrné teploty Θ_k , kde nahradíme rovnici (6) rovnicí (11). Zároveň zkontrolujeme i teplotní gradient Δt_g .

Postupy podle firemních podkladů

Každý výrobce má obvykle svůj vlastní způsob návrhu. Jedná se postupy založené na výsledcích vlastních experimentů.

Nečastěji se můžeme setkat s graficko-početním způsobem návrhu a návrhem firemním softwarem. Při graficko-početním návrhu jsou obvykle vstupními veličinami výška prostoru, měrný chladič výkon a (nebo) měrný průtok vzduchu. Obě hodnoty jsou vztahovány na podlahovou plochu. Výstupem z nomogramů jsou obvykle hodnoty teplotního gradi-

entu Δt_g a rozdíl teplot $t_{od} - t_p$ z nichž je možné stanovit další potřebné veličiny.

3. EXPERIMENT A SIMULACE

Cílem experimentu a simulace bylo ověřit, zda jsou pro polokruhovou zaplavovací výúst Lindab CHA 1207 dodrženy parametry místního komfortu a zda jsou naměřené hodnoty ve shodě s hodnotami navrženými.

Experiment byl uskutečněn v měřicí komoře v laboratoři Ústavu techniky prostředí na Fakultě strojní ČVUT v Praze. Počítačová simulace byla spočítána ve výpočetní učebně téhož Ústavu.

Během experimentu byla v měřicí komoře v několika místech měřena termoanemometry HT-412 rychlost vzduchu a stupeň turbulence a čidla Pt100 byla měřena teplota. V komoře byla také měřena teplota suchého a mokrého teploměru pro zjištění relativní vlhkosti vzduchu. Dále bylo nutné měřit průtok přiváděného vzduchu provozní clonkou Lindab FMUDR 100 a teplotu vně komory.

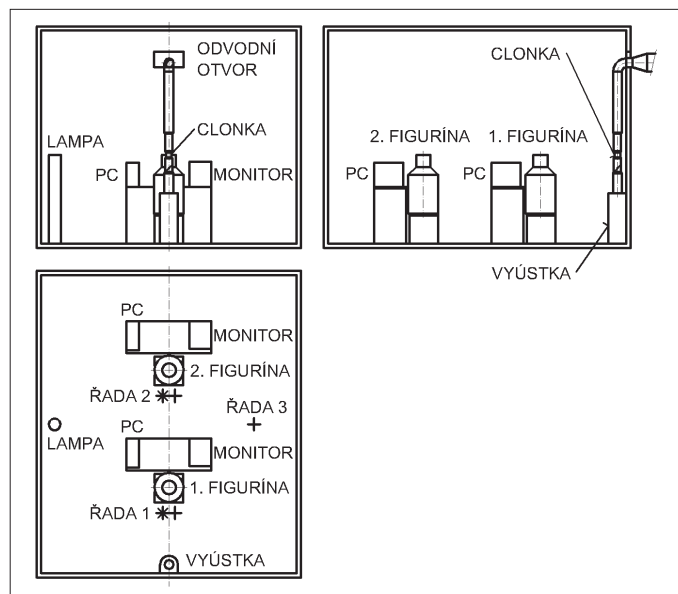
Uspořádání měřicí komory

Měřicí komora ze sendvičových panelů a její vybavení, které představovalo kancelář se dvěma sedícími pracovníky, je na obr. 2. Komoře byla 3,6 m široká, 4,2 m dlouhá a 3 m vysoká. Plocha podlahy A byla 15,12 m². V komoře byly umístěny dva standardní stolní počítače s monitory s katodovými trubnicemi, dvě žárovkami vyhřívané figuríny ze SPIRO potrubí, stojanová lampa válcového tvaru, nezbytný nábytek a měřicí zařízení.

Každý počítač měl tepelný výkon 115 W, každá figurína měla tepelný výkon 75 W a stojanová lampa 55 W. Celková vnitřní zátěž byla $Q_z = 435$ W, měrná zátěž 28,8 W/m². Měření tedy představovalo kancelář pouze s vnitřní tepelnou zátěží.

Prívod vzduchu zajišťovala polokruhová zaplavovací výústka umístěná uprostřed kratší stěny na podlaze. Za krycím perforovaným plechem výústky se nacházejí samostatně nastavitelné (otočné) trysky, které umožňují individuální nastavení geometrie přilehlé zóny. Výsledky měření odpovídají takovému nastavení trysek, kdy směřuje největší část průtoku vzduchu do stran (ve firemních podkladech označené jako large diffusion).

Vzduch z komory byl odváděn otvorem uprostřed kratší stěny 0,295 m pod stropem přímo do prostoru laboratoře.



Obr. 2 Schéma měřicí komory

Celkem 16 čidel termoanemometrů bylo umístěno na dvou stojanech. Umístění těchto stojanů je patrné z obr. 2, kde čidla na stojanech jsou vyznačena hvězdičkami. Čidla na obou stojanech byla umístěna ve výškách v rozmezí 0,050 až 1,8 m nad podlahou. Na třech vertikálních stojanech bylo dále umístěno 30 čidel teploty Pt100. Jejich umístění je také patrné z obr. 2, kde jsou řady vyznačeny křížky. Čidla na stojanech označených jako 1 a 2 byla rozmístěna ve výškách v rozmezí 0,025 až 2,11 m nad podlahou, na stojanu označeném 3 v rozmezí 0,025 až 2,9 m. Další čidlo

Tab. 1 Navržené průtoky a teploty při experimentu [1]

Způsob návrhu podle	V [m ³ /h]	$\frac{V}{V_s}$ [1/s.m ²]	t_p [°C]	t_k [°C]	t_{pz} [°C]	t_{od} [°C]	Δt [K]	$\frac{\Delta t_g}{[K/m]}$	Θ_k [-]
Skistada	149	9,9	17,20	21,50	23,00	25,90	8,70	1,50	0,50
teploty Θ_k	254	16,8	19,90	21,50	23,00	25,00	5,10	1,50	0,32
požadavků na vysokou kvalitu vzduchu	290	19,2	20,00	22,23	23,00	24,50	4,50	0,77	0,50

Pt100 bylo osazeno ve výústce pro měření teploty přiváděného vzduchu, poslední čidlo pak bylo v odvodním otvoru.

Návrh průtoků vzduchu

V komoře byly měřeny podmínky pro tři průtoky přiváděného vzduchu. Průtoky pro zvolenou konfiguraci komory byly vypočítány podle postupu stanoveného Skistadem [2], na základě výpočtu bezrozměrné teploty Θ_k ve výšce kotníků a podle požadavků na vysokou kvalitu vzduchu. Při výpočtu podle požadavků na vysokou kvalitu vzduchu jsou pro výpočet průtoků konvekčních proudů použity vztahy uvedené v [5] a vertikální průběh teploty podle Skistada.

Dalšími vstupními hodnotami byla teplota v pobytové zóně $t_h = 23$ °C, výška $h_h = 1,1$ m a maximální teplotní gradient $\Delta t_g = 1,5$ K/m. Vypočítané průtoky a teploty jsou v tab. 1.

Popis simulace

Pro výpočet simulace CFD byl použit program Fluent, pro vytvoření geometrie program Gambit. Simulován byl průtok vzduchu o hodnotě 290 m³/h – návrh odpovídá požadavku na vysokou kvalitu vzduchu. Geometrie a okrajové podmínky byly shodné jako při měření s průtokem vzduchu 290 m³/h.

Vzhledem k tomu, že při měření byla v komoře vyšší teplota než v jejím okolí, bylo do modelu nutné zahrnout i tím vzniklou tepelnou ztrátu. Vypočítaná tepelná ztráta komory byla přibližně 43 W. Ztrátový tepelný tok byl započítán do tepelných bilancí vnitřních povrchů stěn, podlahy a stropů.

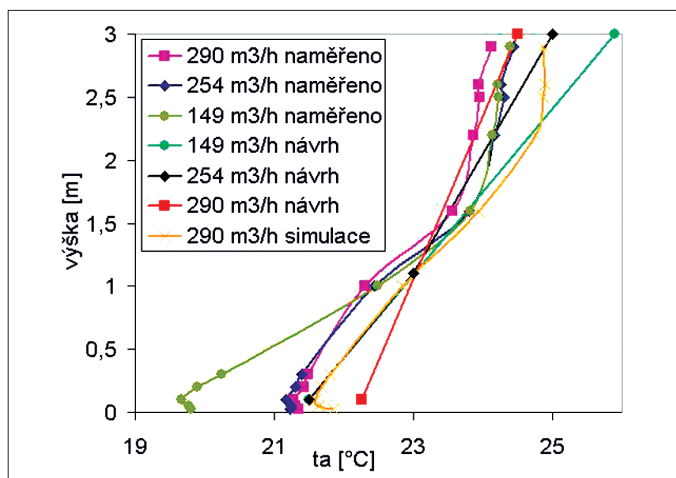
V případě zadání výústky bylo nutné zjednodušení, protože skutečná výstupní rychlost z výústky nebyla rovnoměrná. Povrch výústky byl proto rozdělen do tří ploch (čelní a dvou bočních), ve kterých byl nadefinován rovnoměrný přívod vzduchu.

Výsledné hodnoty

Nejdůležitější naměřené teploty a teploty odečtené ze simulace v místech čidel na stojanu číslo 3 jsou uvedeny v tab. 2. Vertikální průběhy teplot ze stejných čidel (míst) jsou také uvedeny v obr. 3, kde jsou vyneseny i hodnoty návrhové a hodnoty získané ze simulace.

Tab. 2 Nejdůležitější výsledné teploty v místě řady 3 [1]

	V [m ³ /h]	t_p [°C]	t_k [°C]	t_{pz} [°C]	t_{od} [°C]	Δt [K]	$\frac{\Delta t_g}{[K/m]}$
měření	149	17,20	19,67	22,70	24,30	7,10	3,03
	254	19,89	21,16	22,67	24,18	4,29	1,51
	290	20,11	21,27	22,52	23,77	3,66	1,25
simulace	290	20,11	21,59	23,03	24,46	4,35	1,44



Obr. 3. Vertikální průběh teplot v místě řady 3 [1]

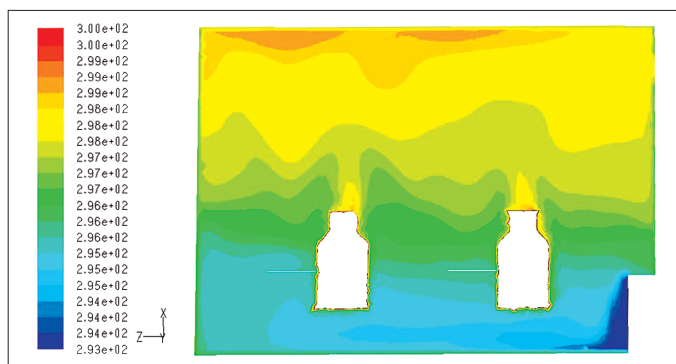
Naměřené rychlosti vzduchu před figurínami byly při všech průtocích menší než 0,08 m/s. Pro všechny průtoky vzduchu byly vyšší rychlosti naměřeny před druhou vzdálenější figurínou. Absolutně nejvyšší rychlost byla naměřena před druhou figurínou ve výšce 0,025 m nad podlahou při průtoku 149 m³/h.

Z naměřených rychlostí, intenzit turbulence a teplot před oběma figurínami bylo vyhodnoceno riziko vzniku průvanu jako procento nespokojených osob *DR* [6] a procento nespokojených s vertikálním teplotním gradientem *PD* [6]. Při průtocích 254 až 290 m³/h byla hodnota *DR* pro obě figuríny nižší než 3,6 % a hodnota *PD* nižší než 1,2 % (maximální gradient $\Delta t_g = 1,5$ K/m, minimální teplota ve výšce kotníků $t_k = 21,8$ °C). To vypovídá o vysoké kvalitě prostředí, které by s rezervou splnilo kritéria pro nejlepší kategorii prostředí A podle [6]. Při průtoku 149 m³/h byla nejvyšší hodnota ukazatele *DR* 5,1 % a ukazatele *PD* 7 % (gradient $\Delta t_g = 3,7$ K/m, teplota ve výšce kotníků $t_k = 19,8$ °C). Obě hodnoty se týkaly místa první figuríny. V tomto místě by pak byla kategorie prostředí C (nejhorší) podle [6].

Na obr. 4 jsou vyznačeny oblasti konstantních teplot v rovině podélné osy komory získané ze simulace. Barevná stupnice představuje rozsah teplot 293 až 300 K (19,85 až 26,85 °C), není v ní tedy zahrnuta povrchová teplota figurín (pomyslná oblast za červenými oblastmi). Obr. 4 jasně ukazuje teplotní stratifikaci v prostoru i konvekční proudy nad figurínami.

4. VYHODNOCENÍ

Z výsledků vyplývá, že při návrhu podle bezrozměrné teploty Θ_k ($V = 254$ m³/h) k požadavkům a podle nich na vysokou kvalitu vzduchu ($V = 290$ m³/h) byly dodrženy požadavky na velmi vysokou tepelnou po-



Obr. 4. Oblasti konstantních teplot v rovině podélné osy komory, vyústka v pravém dolním rohu

hodu v prostředí. Toto neplatí v případě návrhu podle Skistada ($V = 149$ m³/h), kde největší negativní vliv na tepelnou pohodu má vysoký vertikální teplotní gradient, respektive velmi nízká teplota přiváděného vzduchu a z toho plynoucí nízká teplota ve výšce kotníků.

Ze srovnání navržených a naměřených teplot (tab. 1, tab. 2 a obr. 3) je zřejmé, že nejlepší shoda mezi návrhovými a naměřenými hodnotami byla zjištěna při návrhu podle výpočtu bezrozměrné teploty Θ_k ($V = 254$ m³/h). Dále je patrné, že rozdíl teplot Δt se u vypočtených a naměřených hodnot neshoduje. Tento rozdíl byl způsoben tepelnou ztrátou komory, viz kapitola Popis simulace.

Teploty získané ze simulace jsou v dobré shodě s naměřenými, rozdíl se pohybuje do 20 %. V případě porovnání rychlostí lze tvrdit, že i když k výrazné shodě nedochází, řádově si hodnoty odpovídají. Příčinou těchto rozdílů je zřejmě schematické zadání vyústky a deformace buněk výpočtové sítě, ke kterému nevyhnutelně dochází při použití tak složité geometrie.

5. ZÁVĚR

Pro praktické použití lze tedy doporučit návrhový postup navržený Chenem, Glicksmanem a Yuanem [3] na základě návrhu bezrozměrné teploty Θ_k odvozené Mundtovou [4], protože pro konkrétní nastavení trysky Lindab CHA je nejlepší shoda mezi navrženými a naměřenými hodnotami. Vzhledem k tomu, že i vyústky ostatních výrobců umožňují podobné nastavení, lze předpokládat, že tento návrhový postup je možné použít i pro ně.

Z měření také jasně vyplývá, že při návrhu správným postupem se v pobytové oblasti nemusíme při zaplavovacím větrání obávat vzniku průvanu. Parametrem s nejvýraznějším vlivem na tepelnou pohodu je vertikální teplotní gradient v pobytové oblasti, který je závislý na průtoku přiváděného vzduchu, a teplotě přiváděného vzduchu.

Dále bylo ověřeno, že pro řešení zaplavovacího větrání je možné také použít simulaci CFD.

Použité značky a jednotky

- A podlahová plocha místnosti [m²]
- DR procentuální podíl lidí obtěžovaných průvanem [%]
- PD procentuální podíl nespokojených lidí [%]
- Q_z celková tepelná zátěž prostoru [W]
- Q_{zd} tepelná zátěž z vnitřních zdrojů tepla předávána konvekci [W]
- Q_{ze} tepelná zátěž vnější prostupem a sluneční radiací [W]
- Q_{zi} tepelná zátěž vnitřní [W]
- Q_{zo} tepelná zátěž od stropního osvětlení [W]
- V objemový průtok přiváděného vzduchu [m³/h]
- V_k průtok konvekčního proudu vzduchu nad zdrojem tepla ve výšce dýchací zóny [m³/h]
- a_e součinitel distribuce vnějších tepelných zisků do pobytové zóny [-]
- a_i součinitel distribuce vnitřních tepelných zisků do pobytové zóny [-]
- a_o součinitel distribuce tepelných zisků od stropního osvětlení do pobytové zóny [-]
- c měrná tepelná kapacita vzduchu při konstantním tlaku [J/(kg.K)]
- h výška místnosti [m]
- h_k výška kotníků nad podlahou prostoru [m]
- h_h výška hlavy nad podlahou prostoru [m]
- t_a teplota vzduchu [°C]
- t_k teplota v úrovni kotníků osob [°C]
- t_{od} teplota odváděného vzduchu [°C]
- t_p teplota přiváděného vzduchu [°C]
- t_{pz} teplota v pobytové zóně (ve výšce hlavy člověka) [°C]
- v měrný průtok vzduchu [l/(s.m²)]
- α_k součinitel přestupu tepla konvekci [W/(m².K)]
- α_s součinitel přestupu tepla sáláním [W/(m².K)]

Δt rozdíl teplot mezi přiváděným odváděným vzduchem [K]
 Δt_v vertikální teplotní gradient v pobytové zóně [K/m]

Kontakt na autora: martin.pospisil@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] Pospíšil, M., *Distribuce vzduchu zaplavováním*. Praha: ČVUT FS, 2010, diplomová práce, 87 s.
- [2] Skistad, H.; Mundt, E.; Nielsen, P., V. et al., *Displacement ventilation in non-industrial premises*, Guidebook No1. Brusel: REHVA, 2002

- [3] Chen, Q.; Glicksman, L., R.; Yuan, X. *Models for prediction of temperature difference and ventilation effectiveness with displacement ventilation*, ASHRAE Transactions, 1998
- [4] Mundt, E., *Convective flow above common heat source in rooms with displacement ventilation*, In: Proceedings of ROOMVENT '90, Oslo, 1990
- [5] Chen, Q.; Glicksman, L., R.; Yuan, X., *A critical review of displacement ventilation*, ASHRAE Transactions, 1998
- [6] ČSN EN ISO 7730: 1997, Mírné tepelné prostředí – Stanovení PMV a PPD a popis podmínek tepelné pohody. ■

*** Roste spotřeba tepelně-izolačních pěnových materiálů**

Nejen nové stavební předpisy a dotace úsporných opatření stojí za rostoucí spotřebou pěnových izolačních materiálů pro tepelnou izolaci staveb. Zdá se, že se lidé konečně naučili nevyhazovat peníze oknem.

Spotřeba expandovaného polystyrenu (PS-E či EPS) překonala všechny rekordy. Podle Plastics Europe bylo v roce 2008 v Evropě vyrobeno 1,8 mil. t PS pro výrobu EPS u 1 000 výrobců, vytvářejících 65 000 pracovních míst. Odhaduje se, že v Evropě bylo EPS izolováno 200 mil. domů a podle BASF SE je v EU asi 30 % všech izolačních materiálů, založených na EPS používáno u nových budov, zatímco 70 % jde na účet renovací.

V roce 2012 by se měl poměr změnit na 25 % ku 75 %. Na trhu se objevují i nové materiály a základem některých z nich, jako Climapor, je EPS – pěnový polystyren Neopor.

Německá firma Saarpor vyrábí s použitím Neoporu tapetu Climapor s vrstvou jádra 4 mm, na jedné straně kaširovanou tenkou hliníkovou fólií nebo kartonovou vrstvou, schopnou povrchové úpravy. Výhodně se používá na vnitřní izolace jako zrcadla pro odrazení tepla od radiátorů. Má tepelnou vodivost $\lambda = 0,032 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ a třídu hořlavosti E podle DIN EN 13501–1. Šetří až 40 % energie vychlazených budov a 4 mm tapeta má stejný izolační účinek jako zeď z cihel tloušťky 85 mm, nebo 98 mm opuky či 262 mm betonu. Lepší se běžnými lepidly na pěnový polystyren.

Poprvé byla představena 13. – 16. ledna t.r. na výstavě Heimtextil 2010.

Právě Neopor a Peripor (EPS), s tepelnou vodivostí $\lambda = 0,033 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ při hustotě $15 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, jsou energeticky výhodné materiály. Spotřeba primární energie na výrobu Neoporu a izolaci 80 m^2 obytné plochy, odpovídající asi 1000 litrům topného oleje, je získána zpět úsporou 1280 l oleje a emisí 4090 kg CO_2 již během první topné sezóny.

Tisková informace BASF SE, Ludwigshafen, 5. 1. 2010

(AB)

POMOK
Vzduchotechnika

Polyuretanové potrubí PITRE P₃ ductal

Originál je pouze jeden – polyuretanové potrubí P₃ ductal s patentovaným přírubovým spojem.

Široký rozsah použití ve všech odvětvích průmyslu včetně potravinářského.

POMOK - Vzduchotechnika, sdružení podnikatelů
 Průmyslová 325, 285 06 Sázava
 Tel.: 603 296 208, 603 443 897, e-mail: pomok@mybox.cz

P₃ductal