

Posouzení parametrů prostředí v místnosti klimatizované jednotkou SPLIT

Evaluation of environment parameters inside of the room air-conditioned by a split-unit

Ing. Miloš LAIN, Ing. Martin BARTÁK,
Bc. Hana SVOBODOVÁ
ČVUT v Praze, FSI, Ústav techniky
prostředí

Príspevek prezentuje komplexní zhodnocení parametrů tepelné pohody v místnosti s osazenou klimatickou jednotkou.
Klíčová slova: tepelná pohoda, nebezpečí průvanu, měření

The contribution presents a complex evaluation of thermal comfort parameters inside of the room with an installed air conditioning unit.

Key words: thermal comfort, danger of draft, measurement

Vzhledem k rostoucím požadavkům na dodržení parametrů tepelné pohody v kancelářských prostorách, jsou často do stávajících kanceláří instalovány klimatizační jednotky typu split nebo multisplit. Dodatečné instalace jsou většinou poplatné dispozici prostoru, často také uspořádání nábytku, a při nevhodném umístění klimatizační jednotky může dojít i ke zhoršení situace.*

1. TEPELNÁ POHODA

Mezi základní parametry prostředí, které jsou rozhodující pro tepelnou pohodu osob patří teplota a relativní vlhkost vzduchu, rychlost a turbulence proudění, sálavé účinky okolních ploch. V našich klimatických podmínkách nedosahuje vlhkost vzduchu extrémních hodnot a její vliv na tepelnou pohodu není tak výrazný. Také změny sálavých účinků mají význam pouze v určitých případech, především při sálavém vytápění.

Základním parametrem, podle kterého se dimenzuje klimatické zařízení, je potom teplota vzduchu. Pro běžné kancelářské prostory a činnosti – sedící, mírně aktivní člověk (1,2 MET), v lehkém oděvu (1 clo) – odpovídá tepelné pohodě teplota vzduchu 24 až 26 °C.

Rychlost a intenzita turbulence proudění ovlivňují nejen tepelnou bilanci, ze které jsou odvozeny základní parametry pro posuzování tepelné pohody, ale i samostatný parametr nazvaný stupeň obtěžování průvanem, který je pro celkové posouzení pohody velmi důležitý.

Pro posouzení tepelné pohody lze použít tři metody a jejich kombinace:

- výpočet;
- měření;
- subjektivní hodnocení osob (zjišťované dotazníky).

2. VÝPOČTY PARAMETRŮ TEPELNÉ POHODY

Výpočty vycházejí ze základní tepelné bilance člověka, kdy se teplo produkované organismem odvádí do okolí konvekcí, sáláním, dýcháním, pocením a případně vedením. Tepelná rovnováha, tj. stav, při kterém okolí odnímá tělu právě tolik tepla, kolik jej produkuje, je jednou ze základních životních podmínek člověka. Je-li však část tepla odváděna mokřím pocením, nejsou dodrženy podmínky tepelné pohody.

* Pozn. redakce

Použitá jednotka je cirkulační chladicí zařízení, které tedy pouze snižuje teplotu v místnosti bez možnosti úpravy vlhkosti (nemá ani odvod případného kondenzátu) a název „klimatizační“ je poněkud zavádějící.

Z řešení tepelné bilance je odvozena rovnice pro výpočet středního tepelného pocitu PMV .

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot L$$

M – energetický výdej člověka [W]
 L – rozdíl energetického výdeje a tepla odvedeného bez mokřého pocení [W].

Výsledný střední tepelný pocit je hodnocen sedmistupňovou stupnicí kde +3 je horko, 0 neutrálně (tepelná pohoda) a -3 zima.

Procentuální podíl nespokojených PPD se vyhodnocuje na základě středního tepelného pocitu PMV podle vztahu:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp[-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)].$$

Stupeň obtěžování průvanem (DR) je samostatný ukazatel pro posuzování parametrů prostředí podle normy ISO 7730 a vyjadřuje procentuální podíl osob, u kterých převládá pocit obtěžování průvanem.

DR lze vypočítat podle vztahu:

$$DR = (34 - t_a) \cdot (v - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v \cdot Tu + 3,14)$$

t_a – teplota vzduchu [°C]
 v – rychlost proudění vzduchu [m/s]
 Tu – místní intenzita turbulence [%]

Do rovnic pro posouzení tepelné pohody vstupuje celá řada parametrů, jejichž určení výpočtem je krajně obtížné, a proto se hodnocení tepelné pohody prostředí prakticky neobejde bez měření. Pouze při použití počítačových simulací energetických bilancí a proudění v prostoru lze vyhodnotit parametry prostředí pro posouzení tepelné pohody z výsledků simulace.

3. MĚŘENÍ

Přístroj, který by přímo měřil tepelnou pohodu osob a zahrnoval vliv všech parametrů, neexistuje. Naměřené hodnoty slouží jako podklad pro následné výpočty PMV , PPD , DR aj. Při posuzování tepelné pohody je třeba měřit teplotu a vlhkost vzduchu, účinnou teplotu okolních ploch, radiační asymetrii, rychlost proudění a intenzitu turbulence. Pro sedící osoby se měří ve výšce 0,1; 0,6 a 1,1 m.

Při hodnocení prostředí v místnosti s klimatizační jednotkou split byl hlavní důraz kladen na teplotu vzduchu, rychlost a intenzitu turbulence proudění vzduchu.

Zatímco měření teploty vzduchu je poměrně jednoduché, měření nízkých rychlostí (do 1 m/s) a intenzit turbulence proudění vzduchu v pásmu pobytu osob vyžaduje speciální přístrojové vybavení. Pro takováto měření lze v běžné praxi použít výhradně termoanemometry vybavené čidly s velmi malou setrvačností. Vzhledem k tomu, že pro posouzení komfortu není důležitý směr proudění, mělo by se jednat o všesměrové sondy.

4. SUBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ

Tepelnou pohodu ovlivňuje řada subjektivních faktorů, z nichž některé lze částečně zahrnout do výpočtů (intenzita práce, oblečení), jiné ne. Statistické zpracování dotazníků (subjektivního hodnocení) zůstává stále jednou ze základních metod výzkumu v této oblasti.

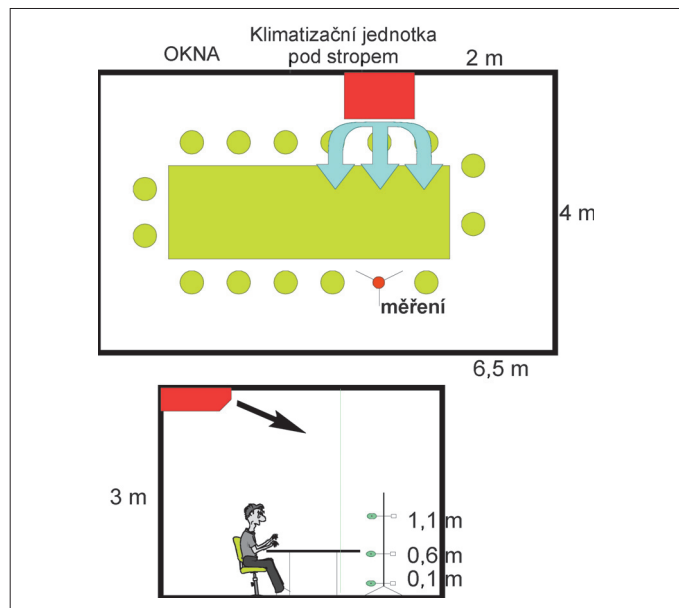
5. POPIS EXPERIMENTU

Předmětem posuzování byla zasedací místnost Ústavu techniky prostředí Fakulty strojní ČVUT v Praze, v osmém podlaží budovy v Praze 6 – Dejvicích. Místnost má půdorys 4 x 6,5 m a výšku 3 m, jedna podélná stěna je osazena okny. V místnosti probíhalo jednání a bylo přítomno 16 osob. Měřicí stojan byl umístěn místo jedné osoby naproti klimatizační jednotce.

Poloha klimatizační jednotky je patrná z obr. 1, toto umístění bylo zvoleno vzhledem k jednoduchosti instalace (ostatní stěny jsou tvořeny vestavěnými skříněmi). Měření teplot, rychlostí a intenzit turbulence probíhalo během jednání cca 2 h.

6. KLIMATIZAČNÍ JEDNOTKA

V místnosti je instalována klimatizační jednotka split Mitsubishi MCFH 13 NV o jmenovitém chladicím výkonu 3,7 kW a průtoku vzduchu (cirkulační) 780 m³/h. Jednotka umožňuje jak chlazení tak vytápění (tepelné čerpadlo). Chod klimatizační jednotky byl monitorován, v sedmi bodech chladicího okruhu byla měřena teplota, což umožňuje přibližnou konstrukci idealizovaného chladicího oběhu v diagramu h-s chladiva R 22.



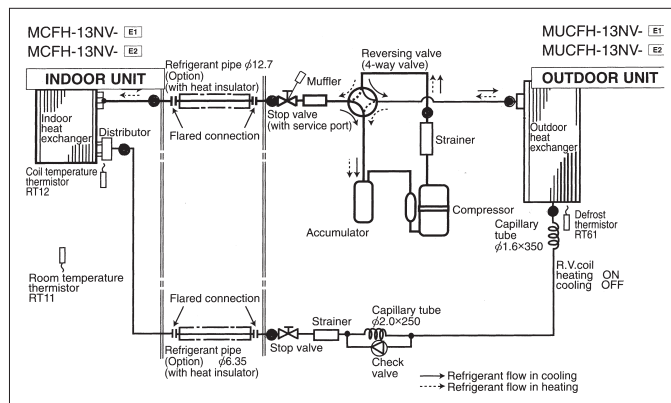
Obr. 1 Schéma místnosti a umístění měřicího stojanu

Jednotka umožňuje nastavení tří stupňů otáček ventilátoru a směrování výstupního proudu vzduchu naklápěcí žaluzií. Při měření byly vzhledem k tepelné zátěži nastaveny maximální otáčky ventilátoru a žaluzie byla nastavena pro vodorovný proud vzduchu.

7. POUŽITÝ PŘÍSTROJ

Pro měření teplot, rychlostí a intenzit turbulence proudícího vzduchu byly použity tři sondy 54T21 Dantec Indoor Flow System (IFS). Tento měřicí systém byl vyvinut ve spolupráci firmy Dantec a výzkumného centra vedeného Prof. Fangerem (DTU Dánsko); je určen pro měření a vyhodnocování tří parametrů komfortu (rychlost, intenzita turbulence a teplota proudícího vzduchu). Vícesměrový termoanemometer s tenkou žhavenou kovovou vrstvou na kulové ploše o průměru 3 mm, kalibrovány pro rychlosti od 0,05 do 1 m/s. Sonda splňuje základní předpoklady pro měření v pásmu pobytu osob, není závislá na směru proudění, je schopna měřit nízké rychlosti a má velmi malou setrvačnost, což umožňuje měření fluktuací rychlosti s frekvencemi až do 2 Hz. Sondy jsou napojeny na měřicí počítač vybavený kartou s A/D převodníkem a softwarem pro vyhodnocení výsledků.

Uvedený přístroj IFS je zatím jediný používaný v České republice.



Obr. 2 Schéma chladivového okruhu klimatizační jednotky s vyznačením měřených teplot

8. VÝSLEDKY

Z opakovaných měření byly vyhodnoceny střední hodnoty jednotlivých parametrů (tab. 1) a vypočten stupeň obtěžování průvanem. Jednotlivé veličiny se během měření výrazně neměnily a odchylky od průměrných hodnot nebyly velké.

Z výsledků je patrný vysoký stupeň obtěžování průvanem v oblasti kotníků, oproti tomu v oblasti hlavy a těla je obtěžování průvanem minimální.

Těž teplotní gradient dva stupně mezi hlavou a kotníky je poměrně vysoký a vypovídá o nevhodném charakteru proudění v místnosti.

Vyhodnocení teplot v chladicím okruhu potvrdilo, že jednotka běžela po celou dobu měření na plný výkon bez výraznějších výkyvů.



Obr. 3 Sondy Dantec IFS na stojanu

Tab. 1 Výsledky měření

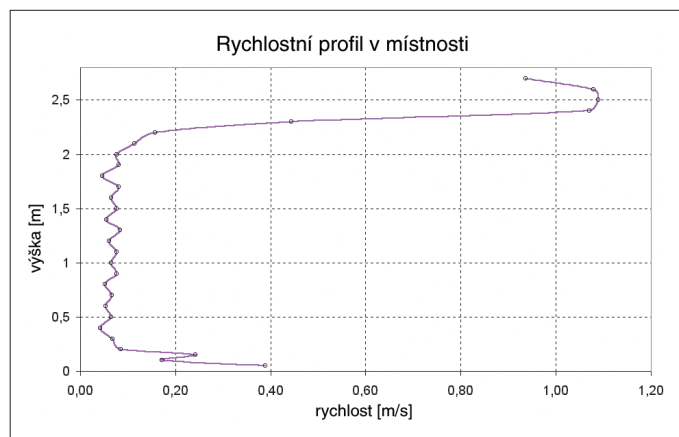
Výška [m]	1,1	0,6	0,1
Teplota [°C]	25	24,1	23
Rychlost [m/s]	0,1	0,1	0,5
Turbulence [%]	50	60	30
Průvan [%]	4,5	4,4	53

9. CHARAKTER PROUDĚNÍ V MÍSTNOSTI

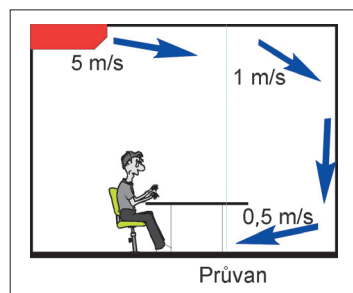
Výsledky měření ukazují zvýšenou rychlost proudění vzduchu v oblasti kotníků a vyšší teplotní gradient u podlahy. To odpovídá vzniku příčné cirkulace vzduchu o poměrně vysoké rychlosti v místě klimatizační jednotky.

Pro ověření charakteru proudění byl proměřen rychlostní profil podél jedné vertikální osy místnosti 1,8 m naproti klimatizační jednotce (obr. 5).

Měření potvrdilo předpokládaný charakter proudění. Na výstupu z klimatizační jednotky je rychlost vzduchu cca 5 m/s a teplota 13 °C. Do proudu se přimíchává vzduch z místnosti a rychlost poklesne (v místě měření 1 m/s). Tento chladný proud pokračuje k protilehlé stěně, kde padá k zemi a vrací se k obvodové stěně. Kvůli malé vzdálenosti protilehlé svislé stěny je zpomalení podstropního proudu malé a rychlost proudu chladnějšího vzduchu v oblasti kotníků je příliš velká (0,5 m/s), vzniká průvan.



Obr. 4 Rychlostní profil v měřené ose



Obr. 5 Charakter proudění v místnosti

Měření i výpočty potvrdily, že klimatizační jednotka není v místnosti vhodně umístěna. Při provozu jednotky na plný výkon vzniká průvan obtěžující osoby sedící naproti klimatizační jednotce. Oproti

tomu severovýchodní část místnosti není v dosahu proudu vzduchu z klimatizační jednotky a lidem je zde teplo. Řešením by byla instalace klimatizační jednotky s výstupní proudem vzduchu v podélném směru, nebo lépe instalace dvou vnitřních jednotek o menším výkonu (nebo nastavených na nižší průtok vzduchu).

Téma bylo předneseno na Konferenci 50 let výuky Techniky prostředí na Fakultě strojní ČVUT v Praze dne 25. září 2001.

Literatura:

- [1] FANGER, P.O.: Thermal comfort. McGraw-Hill. New York, 1972.
- [2] NOVÝ, R.a kol: Technika prostředí. Skripta ČVUT v Praze. Praha, 2000.
- [3] SVOBODOVÁ, H.: Analýza mikroklimatu v klimatizovaných prostorách. Diplomová práce ČVUT v Praze. Praha, 2000.
- [4] ASHRAE Handbook, Fundamentals. ASHRAE. Atlanta, 1997.
- [5] ČSN EN ISO 7726 Tepelné prostředí. Přístroje a metody měření fyzikálních veličin.
- [6] ČSN EN ISO 7730 Mírné tepelné prostředí. Stanovení ukazatelů PMV a PPD a popis podmínek tepelné pohody.
- [7] ČSN EN ISO 11399, ČSN EN ISO 10551, ČSN EN ISO 7933.

* Čínská klimatizace

V současné době proniká na světové trhy čím dále tím více i Čína. Tak např. firma Haier/Quingdao přestavila na IKK 2000 svůj výrobní program split i multi-split jednotek, nástěnných a podokenních modelů, přístrojů s inventory, kazetových klimastropů, mobilních klimatizačních zařízení aj..

Všechny přístroje mají dálkové ovládání a odvlhčovací zapojení, jsou tiché a jsou vybaveny optimalizovanými filtry prachu i zápachu. Používané chladivo je R 407C. Rozsahy chladicích výkonů od 2,1 do 12,3 kW.

Jiná čínská firma Midea, obrovský elektrokoncern, vstoupila na evropský trh klimatizace celou škálou klimajednotek, vč. multi-split systémů, a podle vyjádření jejího zástupce na IKK 2000 vybuduje v Hamburгу evropskou klimacentrálu.

CCI 14/2000

(Ku)