

Hodnocení tepelného stavu prostředí

V současné době je kladen stále větší důraz na celkovou kvalitu pracovního prostředí a tepelný komfort člověka. Pro stanovení výsledné tepelné pohody je nutné měřit několik dílčích fyzikálních veličin. Příspěvek uvádí základní pojmy z oblasti hodnocení tepelného stavu prostředí vnímaného člověkem. Jsou v něm definovány parametry, které ovlivňují tepelnou pohodu člověka, a stručně zmíněny způsoby jejich měření, popř. vyhodnocování.

Tepelná pohoda člověka se v poslední době stále častěji dostává do popředí zájmu. Lze ji definovat jako stav mysli, jenž vyjadřuje spokojenost s teplotním klimatem a který vychází ze subjektivního hodnocení (podle *American Society of Heating, Refrigerating & Air Conditioning Engineers – ASHRAE*).

Nastavit tepelnou pohodu v místnosti podle naměřených hodnot vybraných veličin není jednoduché. Vyhodnocuje se mnoho faktorů, a to nejen spjatých s prostředím, ale také osobních. Z faktorů spjatých s prostředím nejde jen o teplotu, ale také o vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu a střední radiační teplotu. V první řadě je nutné všechny parametry správně naměřit. Teprve poté lze navrhnout efektivní způsob řízení těchto parametrů, když cílem je dosáhnout tepelné pohody při co nejmenší spotřebě energií.

Faktory tepelné pohody

Tepelná pohoda je pocit, který člověk vnímá při pobytu v prostředí. Člověk při různých činnostech produkuje větší či menší množství tepla. Aby se výrazně nezvýšila teplota těla, musí být zajištěn odvod člověkem produkovaného tepla do prostoru. Naproti tomu odvod tepla nesmí být tak intenzivní, aby způsobil výrazný pokles teploty těla. Člověk by tedy neměl mít v daném prostředí pocit nepříjemného chladu a ani nepříjemného tepla.

Faktory ovlivňující výměnu tepla mezi tělem člověka a jeho okolím mají zároveň vliv na dosažený stupeň tepelné pohody. Dělí se do dvou základních kategorií, a to na faktory prostředí a faktory osobní.

Faktory prostředí jsou:

- teplota vzduchu t_a (°C), což je teplota vzduchu v interiéru bez vlivu sálání z okolních povrchů; při měření t_a je tedy čidlo teploměru třeba účinně chránit před tepelným zářením z okolních povrchů,
- rychlost proudění vzduchu w ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) je veličina určená svojí velikostí a směrem,
- střední radiační teplota \bar{t}_r (°C) je myšlená rovnoměrná společná teplota všech ploch v prostoru, při níž by byl přenos tepla z těla sáláním stejný jako ve skutečnosti,

- vlhkost vzduchu, jejíž vliv je při relativní vlhkosti vzduchu v rozmezí 30 až 70 % malý.
- Osobními faktory jsou:

- energetický výdej člověka M ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$), který udává tepelný výkon člověka závislý na jeho tělesné aktivitě (tab. 1), osobních dispozicích (věk, postava, fyzická kondice) a podmínkách, v nichž se daná osoba nachází,
- tepelný odpor oděvu (oblečení) je jeden z hlavních faktorů ovlivňujících odvod tepla z lidského těla do okolí; pro účely studia tepelné pohody byla zavedena jednotka s názvem *clo* (viz [3]), jedno *clo* odpovídá izolační hmotě s tepelným odporem $R_{cl} = 0,155 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ neboli 1 *clo* je izolační hodnota běžného pánského obleku v kombinaci s bavlněným prádlem); celková hodnota *clo* pro soubor oblečení je 0,82násobek součtu hodnot jednotlivých částí oblečení (tab. 2).

Způsoby měření a vyhodnocování těchto veličin jsou podrobně popsány v normách [2] a [3].

Kritéria tepelné pohody

Jako kritéria k hodnocení tepelné pohody se nejčastěji používají operativní teplota t_o , pak předpověď středního tepelného pocitu, tzv. index PMV, dále předpověď procentuálního podílu nespokojených PPD a obtěžování průvanem DR, ale také veličiny jako ekvivalentní teplota, efektivní teplota atd.

Operativní teplota

Operativní teplota t_o (°C) je definována jako jednotná teplota černého uzavřeného prostoru, ve kterém by tělo sdílelo konvekci i sáláním stejné množství tepla jako ve

Tab. 1. Hustota tepelného toku produkovaného člověkem při vybraných činnostech [1]

Činnost	Výdaj energie ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)
spánek	46
sezení	58
práce vsedě	70
lehká práce	93
středně těžká práce	116
těžká fyzická práce	180 až 380

Tab. 2. Tepelný odpor částí oblečení [3]

Část oblečení	Tepelný odpor (clo)
kabát	0,60
kalhoty	0,35
tričko	0,09
svetr	0,28
sako	0,35
ponožky	0,02

skutečném teplotně nesourodém prostředí. Ve většině případů, kde je relativní rychlost proudění vzduchu malá (menší než $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) nebo kde je malý rozdíl mezi střední radiační teplotou \bar{t}_r a teplotou vzduchu t_a (méně než 4 K), lze operativní teplotu vypočítat jako aritmetický průměr teplot t_a a \bar{t}_r . Při vzrůstající rychlosti proudění vzduchu w a rostoucím rozdílu teplot t_a a \bar{t}_r se operativní teplota určí podle rovnice [3]

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

kde $A = 0,75w^{0,16}$.

Pro střední radiační teplotu platí vztah [3]

$$\bar{t}_r = \sqrt[4]{T_g^4 + kw^{0,6}(T_g - T_a)} - 273,15 \quad (2)$$

kde

T_g je teplota kulového teploměru s průměrem d (K),

T_a absolutní teplota vzduchu (K),

k konstanta ($2,9\cdot 10^8$ pro $d = 100 \text{ mm}$; $2,5\cdot 10^8$ pro $d = 150 \text{ mm}$).

Podrobnější tabulky a grafy pro určení optimální operativní teploty lze najít v normě [3].

Index PMV

Index PMV (*Predicted Mean Vote*, jako veličina ve výpočtech dále značený P_{PMV}) je ukazatel, který předpovídá střední tepelný pocit velké skupiny osob. Lze ho stanovit, jestliže se odhadne energetický výdej člověka, hodnota tepelného odporu oděvu a změří se již zmíněné faktory prostředí. Z řešení tepelné bilance je odvozena rovnice pro výpočet středního tepelného pocitu PMV [3] (resp. hodnoty veličiny P_{PMV})

$$P_{PMV} = (0,303e^{-0,036M} + 0,028) \left\{ \begin{aligned} & (M - V) - 3,05 \cdot 10^{-3} [5733 - 6,99(M - V) - p_a] - \\ & - 0,42[(M - V) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} M(5867 - p_a) - \\ & - 0,0014 \cdot M(34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \\ & \left[f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4] - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] - f_{cl}h_c(t_{cl} - t_a) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

když platí

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028(M - V) - R_{cl} \left\{ \begin{aligned} & 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - \\ & - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl}h_c(t_{cl} - t_a) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38(t_{cl} + t_a)^{0,25} \text{ pro } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1\sqrt{v_{ar}} \\ 12,1\sqrt{v_{ar}} \text{ pro } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1\sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (5)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1 + 1,29R_{cl} \text{ pro } R_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \\ 1,05 + 0,645R_{cl} \text{ pro } R_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \end{cases} \quad (6)$$

kde
 P_{PMV} je předpověď středního tepelného pocitu (PMV),
 M energetický výdej povrchu lidského těla ($W \cdot m^{-2}$),
 W užitečný mechanický výkon, tj. vnější práce, u většiny prací se rovná nule ($W \cdot m^{-2}$, vztaheno k ploše povrchu lidského těla),
 R_{cl} tepelný odpor oděvu ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$),
 f_{cl} poměr povrchu oblečeného člověka k povrchu nahého člověka,
 v_{ar} relativní rychlost proudění vzduchu, vůči lidskému tělu ($m \cdot s^{-1}$),
 p_a parciální tlak vodní páry (Pa),
 h_c součinitel přestupu tepla konvekcí ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$),
 t_{cl} teplota povrchu oděvu ($^{\circ}C$).
 Výsledný střední tepelný pocit je hodnocen sedmistupňovou stupnicí PMV, kde +3 je horko, 0 neutrální pocit (teplná pohoda) a -3 zima (tab. 3).

Index PPD

Vzhledem k individuálním odchylkám fyziologických funkcí jednotlivců nelze zajistit pocit pohody všem lidem v daném prostoru. Vždy je asi pět procent nespokojených, kteří cítí tepelnou nepohodu, tzv. diskomfort.

Procentuální podíl nespokojených PPD (ve vztazích značen P_{PPD}) se vyhodnocuje na základě hodnoty středního tepelného pocitu P_{PMV} podle vztahu [3]

$$P_{PPD} = 100 - 95 e^{-(0,03353 \cdot P_{PMV}^4 + 0,2179 \cdot P_{PMV}^2)} \quad (7)$$

Graficky je způsob stanovení PPD znázorněn na obr. 1.

Index DR

Stupeň obtěžování průvanem DR (ve vztazích dále P_{DR}) je samostatný ukazatel pro posuzování parametrů prostředí podle normy [3]. Vyjadřuje procentuální podíl osob, u kterých převládá pocit obtěžování průvanem. Určí se podle vztahu [3]

$$P_{DR} = (34 - t_a)(w - 0,05)^{0,62} (0,37 w T_u + 3,14) \quad (8)$$

kde T_u je místní intenzita turbulence (%).

Měření faktorů prostředí

Ke stanovení celkových indexů pohody je nutná znalost uvedených fyzikálních veličin. V dalším jsou proto alespoň stručně popsány používané způsoby jejich měření a faktory, kterými jsou procesy měření ovlivněny.

Měření teploty vzduchu

Každé čidlo teploty měří pouze svou vlastní teplotu. Tato teplota se však může lišit od teploty měřeného média (v popisovaném pří-

padě vzduchu). Faktory, které ovlivňují údaj čidla, jsou tepelné záření (radiace) a tepelná setrvačnost čidla.

Potlačit vliv radiace lze použitím čidla z leštěného kovu nebo jeho pokrytím reflexním nátěrem. Dále je třeba zajistit proudění vzduchu okolo čidla nucenou ventilací a zmenšit rozměry čidla.

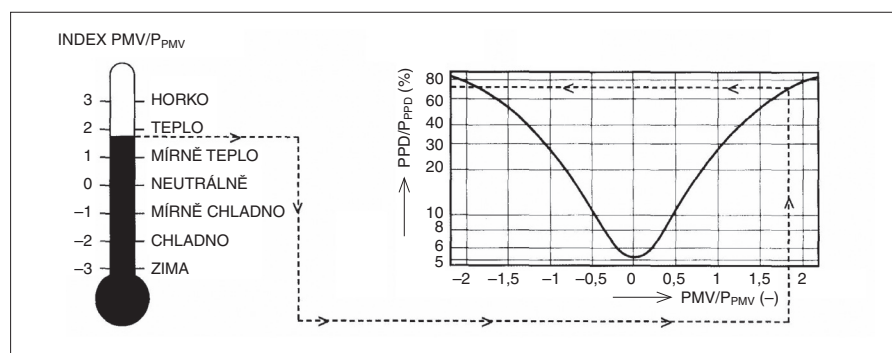
Tepelná setrvačnost čidla je druhým parametrem, který má vliv na přesnost měření. Teploměr bude reagovat rychleji, jestliže jeho

– možnost zjistit střední rychlosti za určitou dobu.

Měřit lze především ultrazvukovými nebo tepelnými anemometry.

Měření vlhkosti vzduchu

Vlhkost vzduchu se bere v úvahu při stanovování přenosu tepla odpařováním z osoby. K měření vlhkosti vzduchu se používají psychrometry, hygrometry atd.



Obr. 1. Předpověď procentuálního podílu nespokojených PPD [5]

Tab. 3. Stupnice hodnocení středního tepelného pocitu PMV [3]

-3	-2	-1	0	1	2	3
zima	chladno	mírně chladno	neutrálně	mírně teplo	teplo	horko

rozměry i hmotnost budou menší a čím bude menší jeho specifické teplo a intenzivnější výměna tepla s okolím (té se dosáhne podporou proudění vzduchu okolo čidla).

K měření teploty okolního vzduchu lze použít snímače různých typů. Výhodné je použít elektrické snímače, např. snímač s proměnným odporem (termistor) nebo termočlánek.

Měření střední radiční teploty

Střední radiční teplotu \bar{t}_r lze měřit přístroji, které umožňují integrovat celkově nerovnoměrnou radiaci z povrchů okolních ploch. Nejčastěji se používá černý kulový teploměr, který je tvořen černou koulí, v jejímž středu je čidlo teploty (termočlánek, odporový teploměr). Kulový teploměr se umístí do prostoru, kde se bude měřit střední radiční teplota. Koule se ustálí v tepelné rovnováze dané účinkem výměny tepla radiací a prouděním. K výpočtu \bar{t}_r se použije vztah (2).

Měření rychlosti proudění vzduchu

Rychlost proudění vzduchu je třeba brát v úvahu pro stanovení přenosu tepla prouděním a odpařováním v místě pobytu člověka. U snímačů pro měření rychlosti proudění vzduchu se sledují především tyto tři základní charakteristiky:

- citlivost na směr proudění,
- citlivost na kolísání rychlosti proudění,

Závěr

V článku je stručně přiblížena problematika diagnostiky tepelné pohody člověka v prostředí uzavřených prostor. V současné době se začíná klást důraz na pohodu prostředí, ve kterém se člověk nachází. Z různých studií vyplývá, že člověk stráví až 90 % svého života v uzavřených prostorách, a i tato skutečnost je důvodem, proč je třeba této problematice věnovat větší pozornost.

Jako příspěvek v dané oblasti je na pracovišti autora připravován vývoj malého kompaktního snímače, který by byl schopen zjistit hodnoty příslušných fyzikálních veličin, uvedených v článku, a stanovit výsledný tepelný stav prostředí z hlediska pohody člověka. Skelet kompaktního snímače musí být proveden tak, aby se měřené veličiny navzájem co nejméně ovlivňovaly. Údaje z jednotlivých čidel bude zpracovávat procesor a výsledky bude možné zobrazit v grafické podobě na počítači.

Poděkování

Článek vznikl v rámci řešení grantového projektu GAČR 101/05/H018 – Výzkum efektivních systémů pro zlepšení kvality vnitřního prostředí.

Literatura:

- [1] VDOLEČEK, F. – ZUTH, D.: *Sledování tepelné pohody člověka*. Technická diagnostika, 2006, roč. 15, č. XX, s. 384–390, ISSN: 1210-311X.

- [2] ČSN EN ISO 7726 *Teplné prostředí – Přístroje a metody měření fyzikálních veličin.*
- [3] ČSN ISO 7730 *Ergonomie tepelného prostředí – Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu.*
- [4] PAVELEK, M.: *Senzory pro hodnocení tepelného stavu a pohody prostředí.* Prezentace, odbor termomechaniky a techniky prostředí EÚ FSI VUT v Brně, 2007.
- [5] *Vytápění a tepelná pohoda člověka.* Prezen-

- tace, [on-line], [cit. 2008-02-25], <http://www.google.com/search?q=tepln%C3%A1+pohoda&hl=cs&lr=&client=opera&rls=cs&hs=ZtP&start=50&sa=N>
- [6] ČSN EN ISO 14505-2 *Ergonomie tepelného prostředí – Hodnocení tepelného prostředí ve vozidlech – Část 2: Stanovení ekvivalentní teploty.*
- [7] ČSN EN ISO 14505-3 *Ergonomie tepelného prostředí – Hodnocení tepelného prostředí ve vozidlech – Část 3: Hodnocení tepelného komfortu pomocí zkušebních osob.*

- [8] JANEČKA, J.: *Diagnostika tepelného stavu prostředí.* In: Sborník z konference TD 2008 – Diagon 2008, Academia centrum UTB ve Zlíně, 2008, s. 11–16, ISBN 978-80-7318-707-1.

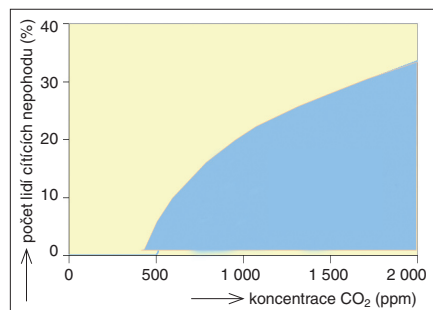
Ing. Jan Janečka,
ústav automatizace a informatiky,
Fakulta strojního inženýrství,
Vysoké učení technické v Brně
(janecka@uai.fme.vutbr.cz)

Snímače koncentrace oxidu uhličitého pro průmysl a vzduchotechniku

Měření koncentrace oxidu uhličitého se stává stále důležitější disciplínou v technice prostředí nejen v účelových, ale i v obytných budovách. Článek stručně představuje dvě z používaných metod: měření polovodičovými snímači MOS a měření pomocí absorpce infračerveného světla.

Proč měřit koncentraci oxidu uhličitého?

Než se pustíme do technických podrobností spojených s měřením koncentrace CO₂, povězte si něco málo o tom, proč právě jeho koncentraci zjišťovat. Nejstručnější odpověď zní: protože je v přímém vztahu s lidskou po-



Obr. 1. Koncentrace CO₂ a lidská pohoda

hodu a má velký vliv na výkonnost a schopnost koncentrace (obr. 1). V mezních hodnotách, nad 5 000 ppm, může dokonce způsobit zdravotní potíže. Další důležitý důvod je, že znalost koncentrace CO₂ ve vytápěných prostorech umožňuje optimalizovat energetickou spotřebu vzduchotechnických zařízení při zachování plné výkonnosti pracovníků, popř. pohody přítomných osob.

Připomeňme si ještě, že CO₂ je v uzavřených místnostech z převážné části produkován právě lidmi a velikost jeho produkce je rozdílná a závislá na druhu lidské činnosti: nejmenší je při odpočinku a postupně vzrůstá s tělesnou i duševní aktivitou.

Mohlo by se zdát, že nutnost sledovat koncentraci CO₂ se týká jen moderních kancelářských budov se vzduchotěsným opláštěním, ale s nástupem těsných oken s malými teplotními ztrátami se tato problematika týká i rodinných domků, zvláště domů nízkoenergetických či pasivních.

Jak měřit koncentraci oxidu uhličitého?

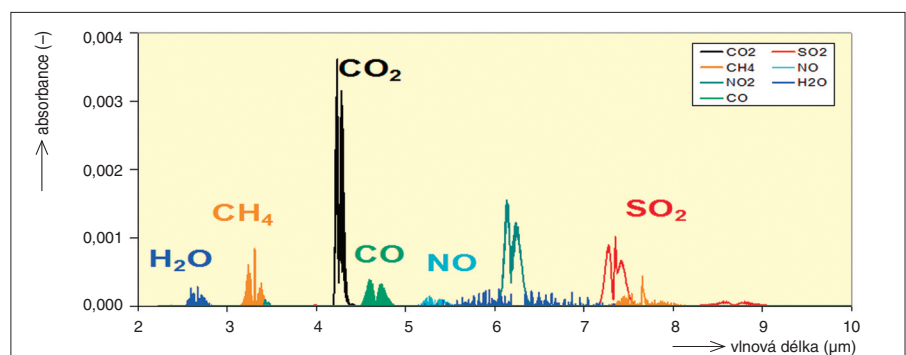
Pro snímání koncentrace CO₂ ve vzduchotechnických zařízeních se v praxi využívají dva způsoby: snímače *Metal Oxide Semiconductors* – MOS, známé také jako *Solid State* (pevnolátkové), Taguchi (podle svého objevitele) nebo *VOC (Volatile Organic Compound)* a infračervené snímače – *NDIR (Nondispersive Infrared)*.

Snímače MOS

Snímače MOS obsahují oxidy kovů, které reagují na změnu koncentrace plynů změnou vodivosti polovodičivé vrstvy vyhřívané na určitou teplotu. Jejich nedostatkem je ve většině případů omezená selektivita. Snímače mohou být nastaveny na konkrétní plyn, ale jsou velmi náchylné ke křížovým interferencím: výstupní signál lze obtížně přiřadit konkrétnímu podnětu a rozlišit, o jaký plyn jde. Je to velmi dobře

patrné na výsledcích studie, při níž pracovníci společnosti Johnson Controls monitorovali 240 prostorů v patnácti budovách snímači směsných plynů Figaro TG822 a výstupy porovnali se smyslovým vnímáním skupiny lidí [2].

Není zde ani žádný vztah výstupního signálu snímačů MOS k lidskému vnímání pachu. Pach se měří v decipolech (dp). Jeden decipol odpovídá zápachu jednoho olfu v prostoru větraném s intenzitou výměny venkovního vzduchu 10 l/s; udává se, že v prostředí s takovým zápachem zhruba 15 % lidí již cítí nepohodu. Jeden olf (olf) je přitom vůně či zápach (přesně řečeno produkce biologických emisí) jedné sedící dospělé osoby konající lehkou kancelářskou práci v tepelné pohodě, s hygienickým standardem průměrně 0,7 koupelí denně, jejíž kůže má povrch alespoň 1,8 m. Emise vůně či zápachu jsou měřeny trénovanou osobou, která porovnává konkrétní zápach s normalizovanými zápachy. Pro zajímavost: zatímco sedící člověk konající administrativní práci a dodržující základní pravidla hygieny má zápach 1 olf, nekouřící kuřák má zápach přibližně 6 olf, těžký kuřák dokonce 25 olf. Člověk, který vykonává náročnou fyzickou práci, dosáhne intenzity zápachu přibližně 30 olf. Zápach emitují i předměty, např. mramorová podlaha 0,01 olf/m², linoleum 0,2 olf/m², koberec

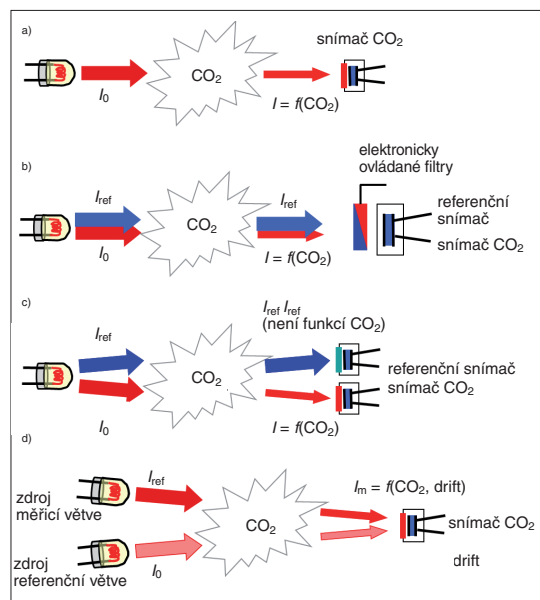


Obr. 2. Spektrum absorpce infračerveného záření různými plyny

z umělých vláken 0,4 olf/m² a pryžové těsnění 0,6 olf/m².

Infračervené snímače

Infračervené snímače pracují na principu absorpce infračerveného záření. V mnoha zdravotnických a průmyslových snímačích se používají již více než 75 let. Princip je prostý: heteroatomární molekuly (např. CO₂) in-



Obr. 3. Kompenzace infračervených snímačů CO₂

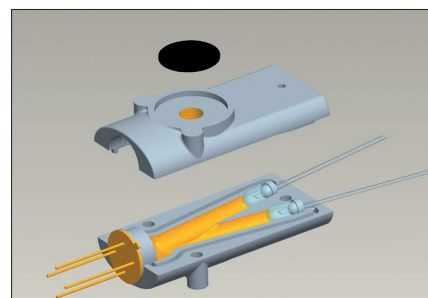
teragují s infračerveným zářením, přičemž energie záření, která je molekulami absorbována, způsobí jejich vibrace. Homoatomární molekuly (N₂, O₂, H₂) infračervené záření neabsorbují. Absorpční koeficient je dán rezonanční frekvencí molekul a je pro jednotlivé plyny charakteristický. Z obr. 2 je patrné, že pohlcování je specifické pro každý plyn a téměř nevznikají křížové interference.

Infračervené snímače používají pulzní zdroj infračerveného světla. Infračervený pa-

prsek prochází snímací částí s optickými prvky, vzorkovacím prostorem a po průchodu spektrálním filtrem dopadá na detektor. Nevýhodou infračervených snímačů CO₂ je časová nestabilita vysílače infračerveného záření. Jeho stárnutí kompenzují výrobci různými způsoby (obr. 3). Nejjednodušší snímače nepoužívají žádnou kompenzaci (obr. 3a). Stárnutí vysílače je přibližně zadáno do programového vybavení přístroje nebo se tyto přístroje kalibrují ručně, stisknutím kalibračního tlačítka po vynesení na čerstvý vzduch (asi 400 ppm CO₂). Jde o poměrně nenákladné řešení, ale se spoustou nevýhod, jako jsou velká nejistota měření, postupně se zvyšující s časem, a nepřesná kalibrace.

Ke kalibraci lze použít další filtr, který odfiltruje vlnovou délku, jež není ovlivňována přítomností plynů, které se ve vzduchu běžně vyskytují (obr. 3b). Nevýhodou tohoto řešení je vysoká cena, daná konstrukcí záměnných filtrů. Toto řešení je vzhledem k pohyblivým částem také velmi zranitelné, což s sebou nese náklady na servis a náhradní díly. Podobný princip využívají snímače se dvěma filtry a dvěma snímacími prvky (obr. 3c). Zde nejsou pohyblivé díly, ale je nutné spárovat snímací prvky a snímač je citlivý na nesymetrické znečištění.

Nejnověji se používají dva vysílací prvky (obr. 3d). Měřicí zdroj infračerveného záření vysílá pulzy s periodou přibližně 25 s, referenční zdroj přibližně dvakrát denně. Lze tudíž předpokládat, že referenční zdroj nestárne a jeho signálem lze eliminovat drift měřicího zdroje. Příklad uspořádání je na obr. 4. Tímto snímacím prvky jsou vybaveny např. snímače koncentrace CO₂ od firmy E+E Elektronik. Dodávají se ve třech řadách: průmyslové EE82, do



Obr. 4. Infračervený snímač CO₂ se dvěma zdroji

vzduchotechnického kanálu EE85 a do vnitřních prostor EE80, a to v rozsazích od 0 až 2 000 ppm do 0 až 7 000 ppm. Snímače EE80 mohou být dodávány i se snímačem relativní vlhkosti a teploty. Snímače lze vybavit místním zobrazovačem snímaných hodnot.

Snímače firmy E+E Elektronik distribuují na českém trhu firmy Bola, Dalara, EkoEkviterm, MarServisPlus Pumpa a Remax CZ. Veškerou technickou podporu, záruční i pozáruční servis zajišťuje firma TOP Instruments. Kvalifikovaní pracovníci těchto firem zákazníkům rádi pomohou s volbou nejen snímačů CO₂, ale i vlhkosti a tlaku vhodných pro danou aplikaci.

Literatura:

- [1] E+E Elektronik: *Theorie CO₂ – Messung*. Firemní materiály. Dostupné na <http://www.epluse.com/fileadmin/datenblatt/sonstige/Theorie_CO2-Messung_de.pdf>, cit. 23. 10. 2008.
- [2] AGNELLO, S: *Johnson Controls Limitation of VOC Sensors in Achieving Adequate Indoor Ventilation*. INvironment Magazine (místo a datum zveřejnění neznámé).
- [3] HNÁTOVSKÝ, T.: *Smrdí ti pes?* Internetový blog. Dostupné na <<http://pinion.xom-tom.com/clanky/smrdi-ti-pes>>, cit. 23. 10. 2008.

Ing. Michal Majce,
TOP Instruments, s. r. o.

Teplota

Vlhkost

CO₂

Tlak

Ztrácíte se?

Najdeme Vám cestu!

měření procesních veličin

www.top-instruments.cz