

Kombinace světlyých zářičů a zpětného získávání tepla

Datum: 1.8.2006
 Autor: Ing. Ondřej Hojer
 Organizace: ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí
 Zdroj: *Vytápění větrání instalace 1/2006*

V článku je diskutován problém absence minimálního hygienického větrání při vytápění průmyslové haly světlyými plynovými zářiči a jako jedno z možných řešení je uvažována jednotka se zpětným získáváním tepla. Na základě simulačního výpočtu v softwaru Fluent jsou navrženy optimální umístění přiváděcích resp. odváděcích výústek.

ÚVOD

V současné technické praxi se v průmyslových objektech při použití světlyých zářičů velmi často mlčky přechází problém s absencí minimálního hygienického větrání. V důsledku tvrdého konkurenčního boje jsou projektanti postaveni před volbu: navrhnout technicky správné řešení, které splňuje všechny požadavky, ale vyžaduje zvýšené investiční prostředky nebo navrhnout jen nezbytně nutná opatření pro stavební povolení, aby jejich projekty byly z finančního hlediska schopné konkurence. Bohužel v dnešní době se již tolik nehledí na technické řešení, ale každý investor srovnává hlavně cenu. Zabýváme se konkrétním případem vytápění průmyslové haly infračervenými zářiči. Ve většině případů se větrání v projektu řeší pouze odvodem spalin. Konkrétně v případě vytápění světlyými zářiči se spočítá podle ČSN 06 0219 (EN 13410) minimální průtok odváděného vzduchu na 1 instalovaný kW (10 m³/h) a na tento průtok vzduchu se nejčastěji určí axiální ventilátor, který se umístí do čela světlíku. Mlčky se přitom předpokládá, že vzduch který se musí přivádět do haly, se do ní dostane infiltrací díky vzniklému podtlaku. Musíme přitom uvažovat infiltraci způsobenou dvěma vlivy. První je podtlak v místnosti a druhý je účinek větru. Ve starých halách, mnohdy s děravými okny, světlíky a nedoléhajícími vraty se žádný problém neobjeví, ale při současném trendu snižování nákladů na vytápění v důsledku zdražování primárních energií se jako součást úsporných opatření instalují do hal těsná okna a dveře. Snižuje se tak počet instalovaných kW a rovněž průtok větracího vzduchu. Do haly tedy vniká mnohem méně čerstvého vzduchu.

Příklad 1

Špatně zateplená hala 60 x 18 x 9 m
 (jedna stěna venkovní, okno po celé délce, dvoje vrata, uprostřed střechy sedlový světlík, B8, t_{ev} = -15 °C)

Tepelné technické parametry konstrukcí:	
okna a světlík	U = 7,0 W/(m ² . K), i = 1,90.10 ⁻⁴ m ³ /(s . m . Pa ^{0,67})
vnější stěna	U = 1,7 W/(m ² . K)
vnitřní stěna	U = 1,5 W/(m ² . K)
Instalovaný výkon (tepelná ztráta)	260 kW
Objem odváděného (přiváděného) vzduchu	2600 m ³ /h
Průtok vzduchu přiváděného infiltrací (účinky větru)	780 m ³ /h

Abychom dostali nějaké srovnávací hodnoty, budeme uvažovat, že v takovéto hale pracuje 30 lidí.

Minimum venkovního vzduchu 30 . 70 = 2100 m³/h

Minimální hygienický průtok venkovního vzduchu dle Nařízení vlády č. 523/2002 Sb. (novelizace NV 178/2002 Sb.), kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci a to v příloze č. 4 musí být 50 m³/h na osobu pro práci převážně vsedě, 70 m³/h na osobu pro práci převážně vstoje a v chůzi a 90 m³/h na osobu při těžké fyzické práci.

Příklad 2

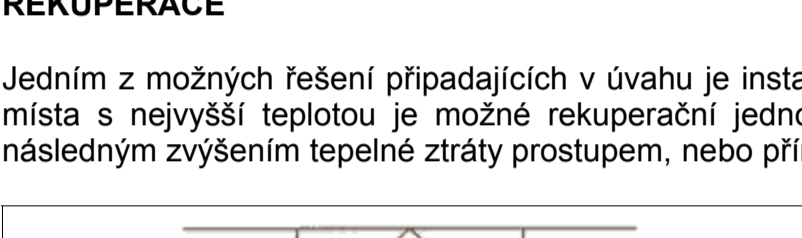
Hala 60 x 18 x 9 m zateplená dle ČSN 73 0540-2

Tepelné technické parametry konstrukcí:	
okna	U = 1,7 W/(m ² . K), i = 0,40.10 ⁻⁴ m ³ /(s . m . Pa ^{0,67})
světlík	U = 1,5 W/(m ² . K), i = 0,87.10 ⁻⁴ m ³ /(s . m . Pa ^{0,67})
vnější stěna	U = 0,3 W/(m ² . K)
vnitřní stěna	U = 2,7 W/(m ² . K)
Instalovaný výkon (tepelná ztráta)	130 kW
Průtok odváděného (přiváděného) vzduchu	1300 m ³ /h
Průtok vzduchu přiváděného infiltrací (účinky větru)	260 m ³ /h
Minimum venkovního vzduchu	30 . 70 = 2100 m ³ /h

V prvním příkladu je uvažována špatně zateplená hala, reprezentující variantu s vyhovujícím průtokem venkovního vzduchu. Musíme si však uvědomit, že ideální stav z pohledu hygienického to také není, neboť stále počítáme, že se potřebný průtok venkovního vzduchu do haly dostane infiltrací. Na druhém příkladu je vidět, že u dobře zateplené a izolované haly jsme již pod úrovní hygienických limitů a měli bychom jako projektanti uvažovat o náhradním řešení, které by bylo na jednu stranu co nejlevnější a na druhou technicky optimální.

REKUPERACE

Jedním z možných řešení připadajících v úvahu je instalace rekuperační nebo regenerační jednotky do oblasti pod střešní plášť. Pokud se odtah umístí v hale do místa s nejvyšší teplotou je možné rekuperační jednotkou ušetřit značnstí množství energie. Ta by jinak byla znehodnocena buď ohřátím střešního pláště a následným zvýšením tepelné ztráty prostupem, nebo přímo odvedena axiálním ventilátorem mimo objekt.



Obr. 1 Schéma výměníku zpětného získávání tepla

Zpětné získávání tepla nabývá, díky zvyšujícím se nákladům na energie, čím dál víc na důležitosti. Instaluje se do velkého množství projektů týkajících se větrání nebo klimatizace a to buď ve formě rekuperace tepla nebo v létě chladu. Vždy je však instalace spojená s otázkou doby návratnosti investice. Výrobcí na tuto potřebu reagují stále se zlepšujícími parametry zařízení, nazýváme je jednotně rekuperační jednotky. Průtok vzduchu je možné volit ve velmi široké škále a nastavit parametry pro každou konkrétní aplikaci. Účinnost rekuperačního výměníku se obvykle pohybuje od 55 do 90 % u špičkových výrobků. Také maximální teplota nasávaného vzduchu se již pohybuje poměrně vysoko. Můžeme se setkat i s teplotami nad 65 °C.

Účinností výměníku je poměr tepelného toku sdíleného přiváděnému vzduchu (se změnou teploty z t₁ na t₂) a maximálně možného daného vstupními teplotami odváděného t₃ a přiváděného t₁ vzduchu do výměníku (obr. 1).

$$\eta_m = \frac{c_1 (t_2 - t_1)}{C_{m,h} (t_3 - t_1)} \quad [-] \quad (1)$$

kde

c měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg . K)]

p hustota vzduchu při teplotách vzduchu [kg/m³]

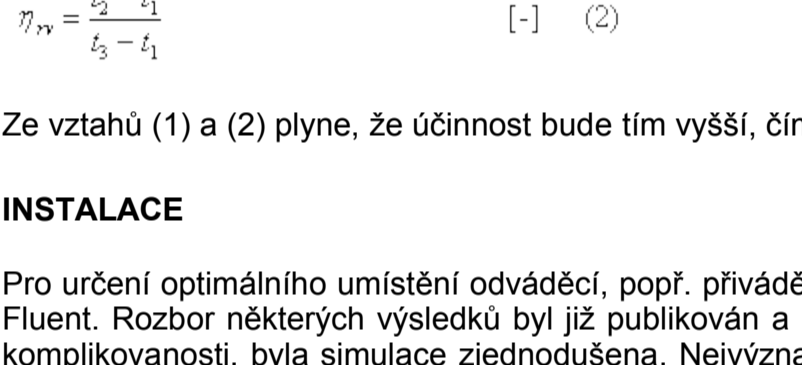
U běžných zařízení se objemové průtoky rovnají a rozdíl v měrných tepelných kapacitách a hustotách je zanedbatelný. Pak je účinnost daná vztahem

$$\eta_v = \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_1} \quad [-] \quad (2)$$

Ze vztahů (1) a (2) plyne, že účinnost bude tím vyšší, čím menší bude rozdíl mezi teplotou přiváděného t₂ a odváděného t₃ vzduchu.

INSTALACE

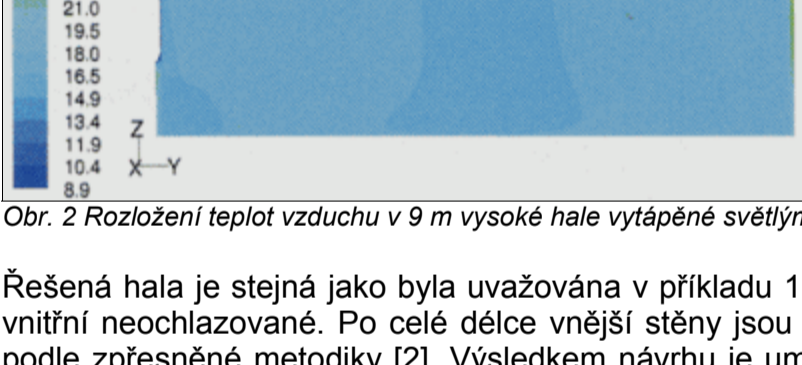
Pro určení optimálního umístění odváděcí, popř. přiváděcí výústky byla použita počítačová simulace průmyslové haly vytápěné světlyými zářiči vytvořená v programu Fluent. Rozbor některých výsledků byl již publikován a použit pro optimalizaci návrhu světlyých zářičů (VVI 4/2005). Z důvodu vysokých nároků na výpočetní čas a komplikovanosti, byla simulace zjednodušena. Nejvýznamnějším zjednodušením je eliminace toku vlastních spalin nad zářičem. Znamená to, že výsledné obrázky reprezentují poměry v hale, ale teplota přímo nad zářičem je vyšší. Pro určení optimálního umístění výústek rekuperační jednotky by neměl mít tento faktor významný vliv.



Obr. 2 Rozložení teplot vzduchu v 9 m vysoké hale vytápěné světlyými plynovými zářiči

Řešená hala je stejná jako byla uvažována v příkladu 1. Jedná se o krajní loď většího halového komplexu. Jednu z dlouhých stěn má ochlazovanou a ostatní jsou vnitřní neochlazované. Po celé délce vnější stěny jsou asi 1,5 m nad zemí umístěná okna. Vytápění je navrženo světlyými plynovými zářiči, které jsou napočítány podle zpešněné metody [2]. Výsledkem návrhu je umístění zářiče vyššího výkonu k ochlazované stěně. Pro prezentaci výsledků byl vybrán řez vedený v místě, kde jsou zavěšeny zářiče.

Z obr. 2 je patrné rozložení teplot vzduchu v řezu halou. Aby měl obrázek určitou vypovídající hodnotu bylo zvoleno měřítko od 282 do 320 K (9 až 53 °C). Z toho důvodu jsou místa, kde je teplota buď vyšší nebo nižší než zvolené měřítko, bílá. Podle rozložení teplot je možné usuzovat, že celý prostor haly ovlivňují hlavně studený proud vzduchu od světlíku a částečně i od okna a zároveň teplé konvekční proudy vznikající v oblasti zářičů. Nad každým zářičem vzniká silný konvekční proud, smíšený s proudem spalin, který stoupá směrem pod střešní plášť. Zároveň si můžeme všimnout i teplého proudu vznikajícího u vnitřní stěny. Z obr. 2 můžeme konstatovat, že optimální místo pro umístění odváděcí výústky je přímo nad zářičem mírně posunutě směrem ke světlíku. Pro umístění přiváděcí výústky je třeba ještě zobrazit vektory rychlostí proudění v hale (obr.3).

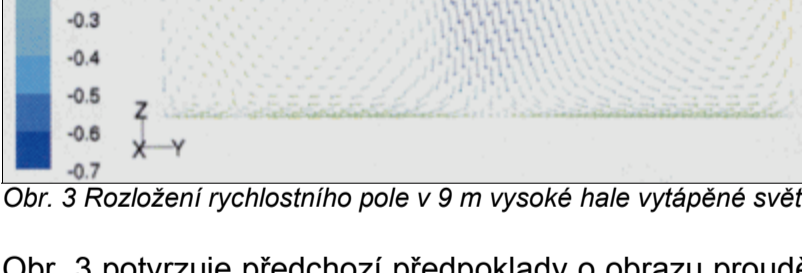


Obr. 3 Rozložení rychlostního pole v 9 m vysoké hale vytápěné světlyými plynovými zářiči

Obr. 3 potvrzuje předchozí předpoklady o obrazu proudění v hale, vycházející z rozložení teplot vzduchu. Vidíme zde, že teplý proud od zářiče s vyšším výkonem je podle předpokladů mnohem mohutnější, než od zářiče menšího a proto bude lépe zřpěsnit ještě umístění odváděcí výústky. Ta by měla být umístěna nad zářičem s vyšším výkonem. Obr. 3 je velmi důležitý hlavně pro umístění výústky přiváděcí. Jak je vidět, chladný konvekční proud od světlíku nejen že klesá směrem k podlaze, ale způsobuje promývání celé pracovní oblasti. Umístít přiváděcí výústku do tohoto proudu se tedy jeví jako ideální řešení. Teplota přiváděného vzduchu by měla být podle konkrétní rekuperační jednotky stanovena tak, aby výrazně nenarušovala ráz přirozeného proudění. Doporučuje se teplota vzduchu 15 až 18 °C. Vyústku bude vhodné umístit zhruba do úrovně zářičů, kde má padající proud již dostatečnou rychlost a případný rozdíl teploty přiváděného vzduchu a vzduchu okolního konvekčního proudu výrazně nenaruší. Umístění přívodu venkovního vzduchu z půdorysného hlediska již není tak důležité, nabízí se však umístění doprostřed mezi čtyři instalované zářiče, čímž se teoreticky sníží jejich potřebný počet. Musíme ovšem dbát na to, aby přiváděcí ventilátor poskytoval dostatečný dopravní tlak. Umístění samotné rekuperační jednotky už je spíše otázkou vlastní konstrukce haly a také konstrukce jednotky. Umístít jednotku do oblasti teplejšího vzduchu by mohlo být z hlediska její účinnosti pouze výhodou. Existují však i jednotky, které pracují při vysoké účinnosti i při instalaci na střechu objektu. Jednotky pro ZTZ mohou být různé komplikované a mohou mít i velké množství funkcí (větrání, cirkulace, ZTZ) dokonce je lze použít i v letních měsících k nočnímu chlazení, což může být z hlediska ekonomického zhodnocení investice dalším pádným argumentem.

Mezi hlavní problémy instalace rekuperační jednotky v kombinaci se světlyými zářiči patří extrémně vysoká teplota spalin. V oblasti těsně nad zářičem se teplota může pohybovat až okolo 200 °C. Dalším problémem je, že není možné přivádět v zimním období vzduch do haly nějak extrémně teplý, neboť bychom velmi narušili přirozené proudění v hale, které chceme využít k distribuci čerstvého vzduchu do pracovní oblasti.

Problém s vysokou teplotou se dá vyřešit regulovaným smíšením odpadního vzduchu se vzduchem venkovním a to ještě před vstupem do výměníku. V odtahu může být instalováno čidlo a podle jeho údaje je možné regulovat průtok venkovního vzduchu, aby teplota ve výměníku nepřestoupila konstrukční mez (obr. 4).

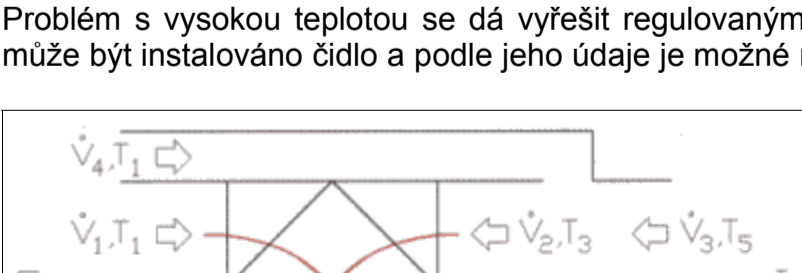


Obr. 4 Schéma napojení pro eliminaci vysoké teploty před výměníkem

Zapojení z obr. 4 má ještě jednu velkou výhodu a to, že rekuperační jednotky se většinou dodávají jako nedělitelný celek, kde se maximálně dají nastavit přepnutí různých otáček různé průtoky na ventilátorech, ale pokud umístíme samostatný ventilátor do obvodu budeme schopni jeho regulaci poměrně přesně stanovit výstupní teplotu jdoucí do haly. Můžeme tedy ze známých parametrů od výrobce (účinnost výměníku, parametry ventilátorů) nadimenzovat různé varianty distribuce vzduchu.

Závěr

Začlenění ZTZ do návrhu vytápění průmyslové haly se ukazuje při dnešním trendu snižování potřeb energie jako jedno z možných a zároveň úspěšných řešení problematiky větrání (přívodu čerstvého vzduchu) hal. Při instalaci takového zařízení je ovšem nutné dbát základních pravidel. Umisťovat odtah teplého vzduchu do oblasti s nejvyšší teplotou (obr. 5 červená oblast), a přívod čerstvého ohřátého vzduchu ze ZTZ do oblasti padajícího chladného proudu (obr. 5 modrá oblast). Tímto způsobem získáme maximální možné množství využitelné energie a zároveň zajistíme i dodávku čerstvého vzduchu do celé pracovní oblasti.



Obr. 5 Optimální umístění odtahu (červeně) a přívodu (modře) od jednotky ZTZ

Bylo podpořeno VZ MSM 684 077 0011.

Použité zdroje:

- [1] Hojer, O. *Geometrie sálání světlyých zářičů; Vytápění - sborník z konference Vytápění - Třeboň 2005; ISBN 80-02-01724-2; STP 2005; str. 85 - 88*
- [2] Hojer, O. *Metodika návrhu plynových zářičů; Vytápění - sborník z konference VVI 4/2005, str.171-172 ISSN 1210-1389; STP 2005*
- [3] Morávek, P. *Stavíme energeticky úsporný dům (X) - Mikroklima nízkoenergetických budov, rekuperace, teplotověsné vytápění; článěk publikovaný na portálu tzb-info.cz*
- [4] Hemzal, K. *Energeticky úsporné větrání průmyslových provozů; Konference - Pracovní prostředí průmyslových provozů; Příbram 1980.*