

Ing. Josef DVOŘÁK,
Klima Praha s. r. o.

Klimatizace výrobní haly se spodním přívodem vzduchu

Air Conditioning of Production Hall with Floor Displacement Air Supply

Recenzent
prof. Ing. František Drkal, CSc.

Požadavek investora klimatizovat výrobní halu o rozměrech 78 x 30 m se 100 pracovníky a celkovými tepelnými zisky 128 kW byl realizován nástřešní jednotkou s přímým chlazením a plynovým dohřevem. Rozhodujícím momentem bylo prosazení způsobu přívodu vzduchu zaplavením celé podlahy. To umožnilo snížit pracovní rozdíl teplot na polovinu, což přineslo snížení investičních i provozních nákladů. Spodním přívodem se dosáhlo i rovnoměrné proudění a rozložení teplot v prostoru a maximální spokojenosti pracovníků.

Klíčivá slova: klimatizace, pracovní prostředí, distribuce vzduchu, zaplavení

The investor's requirement to air-condition a production hall of 78 x 30 m, with 100 workers and an overall heat gain of 128 kW was fulfilled by implementing a rooftop air conditioning unit with direct expansion and gas reheat. The decisive aspect of the design and application success has been the use of displacement air distribution over the entire floor area. This allowed to decreasing the operating temperature difference by about a half which meant decreasing the investment and operating costs. The floor displacement air supply meant also a uniform air flow and temperature distribution in the space and maximum satisfaction of workers.

Key words: air conditioning, work space environment, air distribution, floor displacement air supply

ZADÁNÍ

Koncem roku 2002 jsme se zúčastnili výběru dodavatele na klimatizaci výrobní haly v ASCI s. r. o. v Jevíčku na Moravě.

Zadání bylo následující:

- hala o rozměru 78 x 30 m, výroba airbagů pro evropská auta
- vnitřní tepelná zátěž od 100 pracovníků,
- osvětlení a technologie 103 kW
- vnější zátěž 25 kW

Požadované parametry prostředí:

- v létě: – teplota 22 až 26 °C
- vlhkost 50 až 70 % r. v.
- v zimě: – teplota 20 až 22 °C
- vlhkost 40 až 50 % r. v.

Výpočtové stavy venkovního vzduchu:

- v létě: 30 °C, 58 kJ/kg,
- v zimě: –12 °C.

Dále bylo požadováno použití (v předcházejícím roce byla realizována klimatizace ve vedlejší obdobné hale):

1. nástřešní jednotky TRANE model YCD –500 L s plynovým ohřevem 77 kW a chladičem o výkonu 144,8 kW. Vzduchový výkon na přívodu 24 600 m³/h;

2. textilních vzduchovodů pro distribuci vzduchu do pracovního prostoru, zavěšených asi ve výšce 4 m;

3. elektrického vyvíječe páry pro dovlhčování přiváděného vzduchu.

NABÍDKA

Rozborem zadání a požadavků bylo zřejmé, že požadované řešení není vhodné, neboť se jedná o extrémní tepelné zátěže a velmi vysoké pracovní rozdíly teplot při běžném výpočtu:

- 55 W/m² je průměrná tepelná zátěž,
- 15,6 K je pracovní rozdíl teplot při míšení.

Při vnitřní teplotě 26 °C by to znamenalo přivádět vzduch o teplotě 10,4 °C.

Proto jsme do nabídky investorovi navrhli zcela jiné řešení vnitřních rozvodů vzduchu, zejména přívodu vzduchu.

Abychom mohli počítat s menším pracovním rozdílem teplot, museli jsme zvolit spodní přívod vzduchu a odvod co nejvýše tak, aby nebylo rušeno stoupání teplého vzduchu od zátěží a pozvolné stoupání přivedeného vzduchu od podlahy ke stropu.

Jak dostat přiváděný vzduch k podlaze bylo nutno řešit s technologem výroby přímo ve výrobní hale. Nakonec jsme využili obě podélné stěny haly, kde jsme umístili výústky v roztečích 6 m a ve výšce 1,6 m nad podlahou. Proud vzduchu byl směřován tak, aby se přimkl k obvodové stěně a po podlaze se rozptýlil tak, aby zaplavil celou podlahu, a to až do vzdálenosti 15 m (1/2 šířky haly).

Pak jsme již mohli bezpečně počítat s poloviční tepelnou zátěží a pracovním rozdílem teplot 7,8 K. Podél obou stěn s přívody byly komunikační uličky o šířce 2,4 m, takže přiváděný nejstudenější vzduch o nejvyšší rychlosti byl jen v těchto uličkách.

VÝBĚR DODAVATELE

Zástupcům investora jsme ukázali tři různé tovární provozy, kde máme úspěšně realizován spodní přívod vzduchu.

Po odevzdání nabídky trvalo 3 měsíce, než jsme byli vybráni k realizaci a zhotovení projektové dokumentace.

Stejní zástupci pak dostali úkol od ředitele firmy navštívit několik nově postavených klimatizovaných hal na Moravě. Poznatky z těchto návštěv byly zářející. Všude byl navržen a instalován horní přívod v různém provedení, přitom však pracovníci v těchto prostorách nebyli nikde spokojeni s klimatizací, zejména rovnoměrností distribuce, studenými tahy, padáním studeného vzduchu atp. Dokonce v jedné výrobní hale dostali zaměstnanci jako ochranné pomůcky – rybářský klobouk s ochranným krytem na krk, ramena a záda, aby jim nevalil padající studený vzduch na pracovní místo.

Dilema investora měl rozřešit tuzemský zástupce renomované německé firmy, která byla dodatečně požádána o nabídku. Po prohlídce pracoviště předložila tato firma nabídku s přívodem velkoplošnými výústkami s pracovním rozdílem 3 K. Z toho ale vyplynulo 2,5x větší množství vzduchu, 2 jednotky na střeše a 2,5x vyšší cena. Navíc výústky zabíraly značný pracovní prostor.

Pak už jsme byli vybráni k realizaci, která včetně projektu trvala 5 týdnů. Veškeré rozvody vzduchu jsou kruhovými spiro potrubími, na vyústění jsou použity běžné dvouřadé obdélníkové výústky.

Přívod vzduchu byl zaregulován tak, aby množství na výústkách odpovídalo rozdělení tepelných zátěží na výrobní ploše.

MĚŘENÍ

Výsledky letního měření jsou v grafech 1 a 2, naměřené v rovině východ – západ, vedené středem haly. I v ostatních rovnoběžných rovinách byly výsledky měření obdobné. Na ose x jsou vzdálenosti od východní, resp. západní stěny haly (tj. od přívodů vzduchu), na ose y teploty vzduchu pro výšky 0,1, 0,5, 1,0 a 1,8 m od podlahy.

Pracovní místa začínají za transportní cestou, tj. 3 m od obou fasád. Teploty na pracovištích jsou velmi dobře vyrovnány a neliší se mnoho se vzdáleností od fasády. Rozdíl teplot ve výšce 1,0 a 0,1 m je menší než 1 K. Ve výšce 1,8 m jsou rozdíly mezi pracovišti ve středu haly (15 m) a na okraji (3 m) menší než 1 K. Přitom byl pracovní rozdíl teplot asi 9 K při venkovní teplotě 31 °C. Žádný z pracovníků neměl stížnosti na pohodu prostředí nebo studené tahy.

POROVNÁNÍ
S PRVNÍ HALOU

Ve stejný den jsme proměřovali i teploty v hale I, s horním přívodem textilními vzduchovody. Lidé byli nespokojeni, stěžovali si na nerovnoměrnost teplot i proudění. Jednotka pracovala s pracovním rozdílem teplot větším než 13 K, přitom teploty na pracovištích kolísaly od 22 do 29 °C. Nepravidelné padání studených proudů vzduchu způsobovalo nepohodu a pocit průvanu. Pod tlakem odborů u nás vedení ASCI s. r. o. objednalo předělání distribuce vzduchu v hale I na spodní přívod. Tato úprava přívodu vzduchu se realizovala ještě v témže roce během celozávodní dovolené. Výsledky byly podobné jako v předcházející hale. Nikdo nebyl nespokojen.



Obr. 1 Hala s klimatizační jednotkou na střeše



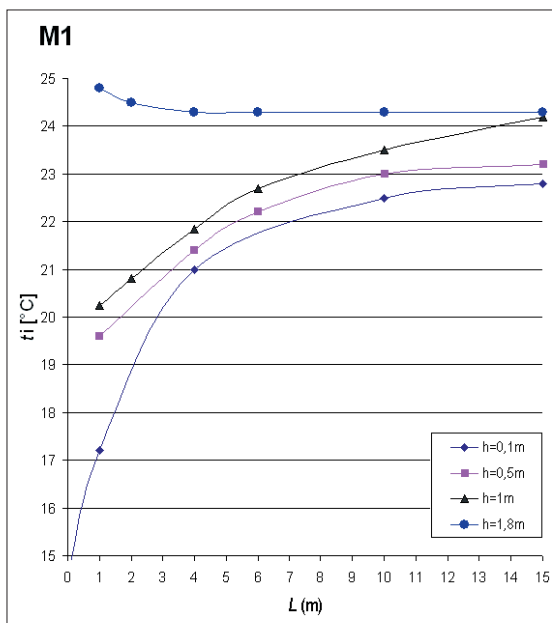
Obr. 2 Přívod u východní stěny



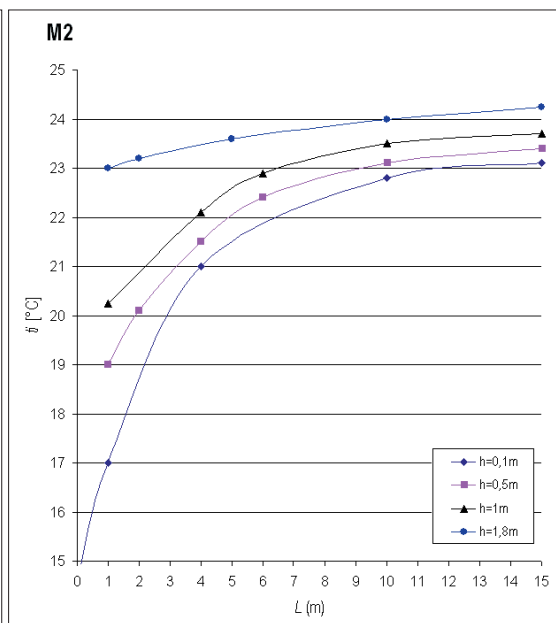
Obr. 3 Přívod u části západní stěny



Obr. 4 Přívod u části západní stěny s vestavěnými kanceláři



Graf 1 Přívod od Východní stěny



Graf 2 Přívod od západní stěny

ZÁVĚR

V praxi se potvrdilo, že rozhodující pro pohodu prostředí, ale i spotřebu energie, je dobře navržený přívod vzduchu do haly.

Na dvou stejných halách, stejných jednotkách na střeše se stejnou regulací, ale při různém způsobu přívodu vzduchu se dosáhlo na jedné straně pohody prostředí, na druhé straně nepohody. Spotřeby energií jsou též výrazně rozdílné. ■