

# Vytápění osamělých pracovišť

Miroslav Kotrbatý

Autor na příkladech poskytuje nástroje pro řešení projektů vytápění pomocí světelných zářičů, kterými lze řešit tepelnou pohodu na osamělých pracovištích. Výpočtovou metodiku doplňuje empiricky zjištěným vzorcem, který se s určitou tolerancí shoduje s přesnější výpočtovou metodou. Empirická metoda je vhodná pro rychlý a prvotní orientační návrh zařízení, přesnější výpočtová metoda se doporučuje přímo projekčním řešením konkrétního pracoviště.

Recenzent: Vladimír Galád

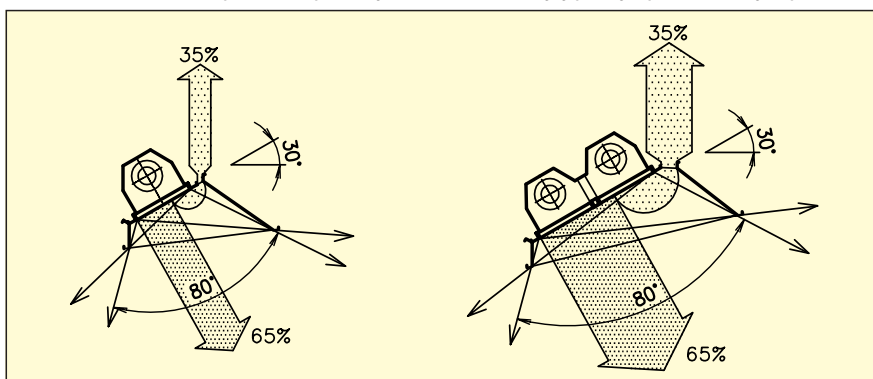


Obr. 3 Vytápění pracoviště u pece a venkovní stěny ve sklárně

## 1.0 Úvod

Vytápění osamělých pracovišť v nevytápěných prostorách je jedno z nejspolehlivějších řešení v tepelné technice. Vliv chladného okolního prostředí je zapotřebí eliminovat zvýšenou intenzitou sálání směrovaného na plochy, které je potřebné vytápět na teplotu odpovídající intenzitě práce. Pro tyto účely je nejvhodnější používat světlé plynové infrazářiče se speciálně upravenými reflexními zákryty s vysokým stupněm odrazivosti (obr. 1 – znázornění tepelného toku zářičů MKP 7,11,15,18 kW a MKP 25, 36 a 43 kW). Zákryty mají za úkol koncentrovat tepelné záření do úzkého svazku, který zajistí dodávku tepla do daného omezeného prostoru (obr. 2 – znázornění rozptylu tepelného toku zářičů MKP). Naprosto nevhodné jsou pro tyto účely zářiče tmavé, které mají velký úhel rozptylu (úhel jádrového sálání). Velice důležitou podmínkou je, aby bylo záření pokud možno směrováno šikmo na člověka – osálení po výšce těla. Jedná-li se o trvale jednostranný postoj pracovníka, pak je nejvhodnější osálení zad. Z hlediska vnímání chladu jsou to právě záda, kde je tento pocit vnímán velice intenzivně. Jako absurdní se jeví vytápění pracovišť sklářů při pecích instalovaných v nevytápěném prostoru haly (obr. 3). Praxe ukázala potřebu řešit tento problém pomocí zářičů s dodávkou sálavého tepla na záda sklářů. Podstatně se tím snížila jejich nemocnost.

Obr. 1 Světlé zářiče se speciálně upravenými reflexními zákryty pro vytápění osamělých pracovišť



## 2.0 Stanovení výkonu zářičů

Stanovení výkonu a počtu zářičů vychází z požadavku dosažení výsledné teploty ( $t_g$ ) s ohledem na vliv teploty vzduchu v okolním prostředí ( $t_i$ ). Základní vztah pro určení požadovaného výkonu zářičů:

$$Q_{is} = \frac{I_s \cdot A \cdot f_1}{f_4 \cdot 1000 \cdot f_5} \quad [\text{kW}] \quad (1)$$

kde

$$I_s = \frac{t_g - t_i}{0,0716} \quad [\text{W/m}^2] \text{ – intenzita osálení} \quad (2)$$

$t_g$  [°C] – výsledná teplota

$t_i$  [°C] – teplota vzduchu v nevytápěném prostoru

$A$  [m<sup>2</sup>] – osálaná plocha

$f_1$  [-] – faktor zvýšení výkonu při větších vzdálenostech zářičů od pracovníků vlivem prašnosti v prostoru při  $h = 7,5 \text{ m}$   $f_1 = 1,1$   
při  $h = 9,0 \text{ m}$   $f_1 = 1,2$   
při  $h = 12 \text{ m}$   $f_1 = 1,35$

$f_4 = \eta_s \cdot \Phi \cdot A_s$  [-] – faktor závislý na umístění zářiče  $(3)$

$\eta_s$  [-] – sálavá účinnost zářiče:  
vodorovná poloha MKV  $\eta_s = 0,75$   
šikmá poloha MKP  $\eta_s = 0,65$

$\Phi$  [-] – střední sálavý účinek závislý na poloze zářiče:

vodorovně  $\Phi = 0,4$

šikmo  $\Phi = 0,7$

$A_s$  [-] – součinitel absorpce okolních ploch, na které dopadá záření:

$A_s = 0,85$

$f_5$  [-] – faktor snížení výkonu zářičů vlivem nasávání chladného spalovací-

ho vzduchu z prostoru. Chladná spalovací směs způsobuje pokles teploty sálavé plochy, a tím i snížení dodávky tepla sáláním.

| $t_i$ [°C] | $f_5$ [-] |
|------------|-----------|
| 16 ÷ 20    | 1,00      |
| 10 ÷ 16    | 0,95      |
| 6 ÷ 10     | 0,90      |
| ± 0 ÷ 6    | 0,85      |
| - 5 ÷ ±0   | 0,80      |
| -10 ÷ -5   | 0,75      |
| -15 ÷ -10  | 0,70      |

### Příklad:

Zářič má při teplotě nasávaného spalovacího vzduchu  $t_i = 18$  °C povrchovou teplotu keramických destiček  $t_p = 900$  °C a při teplotě  $t_i = -5$  °C je  $t_p = 840$  °C. Sálavý výkon zářiče klesá o 20 %.

$$\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 =$$

$$\left(\frac{900 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{18 + 273}{100}\right)^4 =$$

$$18931,80 - 71,70 = \mathbf{18860,10}$$

$$\left(\frac{T_3}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_4}{100}\right)^4 =$$

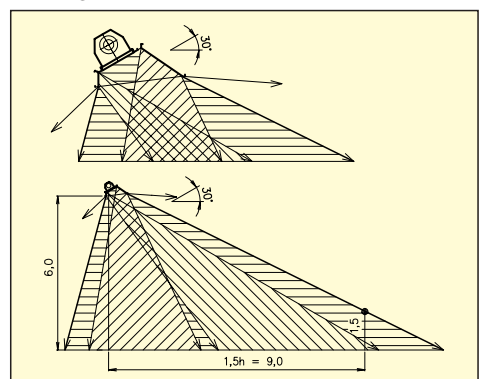
$$\left(\frac{840 + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{18 + 273}{100}\right)^4 =$$

$$15345,48 - 71,70 = \mathbf{15273,78}$$

$$\text{Podíl: } \frac{15273,78}{18860,10} = 0,80$$

Hodnoty:  $t_1 = 900$  °C i  $t_3 = 840$  °C byly naměřeny.

Obr. 2 Světlý zářič – koncentrovaný tok tepelné energie sáláním



**Příklad 1** – obr. 4 – varianta 1

Zadání: v nevytápěném prostoru ( $t_i = +5\text{ }^\circ\text{C}$ ) vytápět plochu  $12 \times 18\text{ m}$  na teplotu  $t_g = 18\text{ }^\circ\text{C}$

Jelikož je zapotřebí dosáhnout teplotu  $t_g$  po celé ploše, volí se pro výpočet příkonu (dodávku tepla) plocha rozšířená o 1,5 m po celém obvodu potom:  
 $A = 15 \cdot 19,5 = 292,5\text{ m}^2$

Požadovaný instalovaný výkon:

$$Q_i = \frac{I_s \cdot A \cdot f_1}{f_4 \cdot 1000 \cdot f_5} = \frac{(t_g - t_i)}{0,0716 \cdot \eta_s \cdot \Phi \cdot A_s \cdot 1000 \cdot f_5} \cdot \frac{A \cdot f_1}{1}$$

$$= \frac{18 - 5}{0,0716 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \cdot 1000 \cdot 0,8} \cdot \frac{292,5 \cdot 1,0}{1}$$

$$= \frac{3802,5}{23,168} = 164,12\text{ kW}$$

Požadovaný výkon jednoho zářiče:

$$\frac{Q_i}{n} = \frac{164,12}{6} = 27,35\text{ kW}$$

Tento výkon je podle výpočtu nedostačující (-9 %). Po zvážení místní situace (instalace zástěny) bude možné tento výkon akceptovat. V opačném případě se v rozích sousedících s volným prostorem (vliv chladného prostředí) osadí dva zářiče vyššího výkonu (2 x MKP 36).  
 Potom:  $(2 \cdot 36) + (4 \cdot 25) = 172\text{ kW}$ .

Při vytápění osamělých pracovišť bývá obtížné najít místo pro umístění čidla. Existuje-li možnost, je nejvhodnější umístit ho někde do osálaného prostoru. Nelze-li takové řešení navrhnout, doporučuje se instalovat časový spínač. Na regulační skříňce se nastaví čas provozu 1/2 h – přechodné období (do  $t_e = +3\text{ }^\circ\text{C}$ ); 3/4 h – střední zimní období (mezi  $t_e = +3\text{ }^\circ\text{C}$  a  $-5\text{ }^\circ\text{C}$ ), 1 h – zimní špička (pod  $t_e = -5\text{ }^\circ\text{C}$ ). Intervaly nejlépe ukáže praxe. Po tomto časovém intervalu se zářiče automaticky odstaví a obsluha je pak při zjištění pocitu chladu opět ručně uvádí do chodu.

Výpočtová teplota vzduchu v prostředí nevytápěného prostoru platí do rychlosti proudění vzduchu  $w_0 = 0,2\text{ m/s}$ ; ( $t_i^{(0,2)}$ )  
 Při větších rychlostech je zapotřebí snížit výpočtovou teplotu  $t_i$ :  
 $t_i = (t_i^{(0,2)} - \Delta t_1)$  při  $w_0 = 0,4\text{ m/sec} - \Delta t_1 = 2\text{ K}$   
 $t_i = (t_i^{(0,2)} - \Delta t_1)$  při  $w_0 = 0,6\text{ m/sec} - \Delta t_1 = 4\text{ K}$   
 $t_i = (t_i^{(0,2)} - \Delta t_1)$  při  $w_0 = 0,8\text{ m/sec} - \Delta t_1 = 6\text{ K}$   
 $t_i = (t_i^{(0,2)} - \Delta t_1)$  při  $w_0 = 1,0\text{ m/sec} - \Delta t_1 = 8\text{ K}$   
 Potom se např. při  $w_0 = 0,8\text{ m/s}$  změní požadovaný výkon následovně:

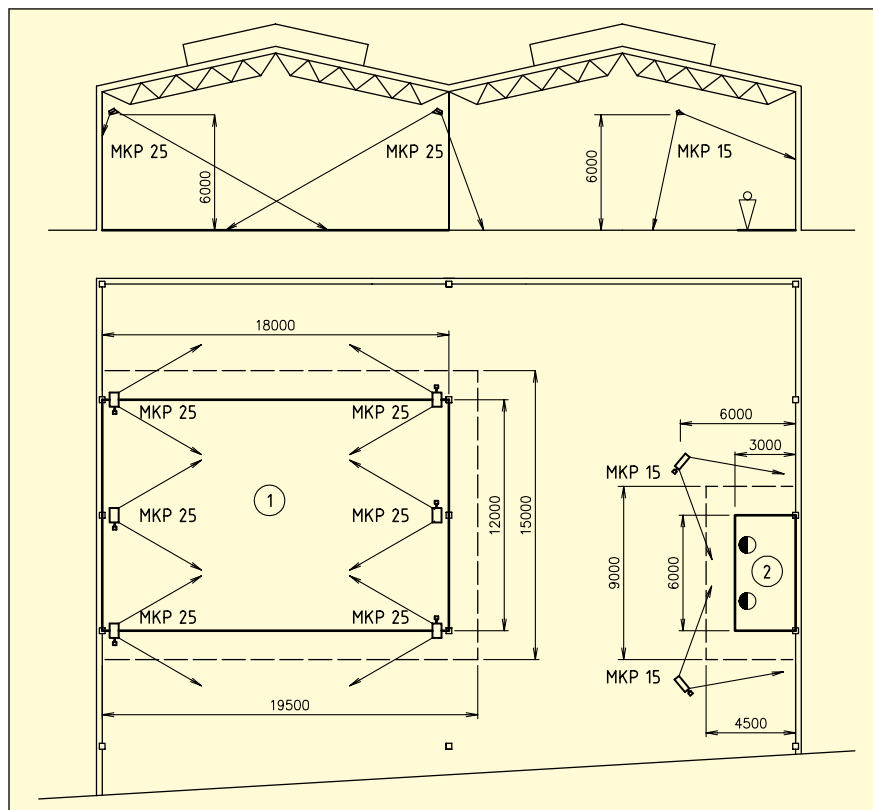
$$Q_i = \frac{[t_g - (t_i^{(0,2)} - \Delta t_1)] \cdot A \cdot f_1}{0,0716 \cdot \eta_s \cdot \Phi \cdot A_s \cdot 1000 \cdot f_5}$$

$$= \frac{(18 - (5 - 6)) \cdot 292,5 \cdot 1}{0,0716 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \cdot 1000 \cdot 0,8}$$

$$= \frac{5557,5}{22,15} = 250\text{ kW}$$

Požadovaný výkon jednoho zářiče

$$\frac{Q_i}{n} = \frac{250}{6} = 41,66\text{ kW / ks.}$$



**Obr. 4** Vytápění osamělých pracovišť v nevytápěné hale:

1 – plocha  $12 \times 18\text{ m}$  = jedno pole haly, 2 – pracoviště u okna  $6 \times 3\text{ m}$

Osadí se  $6 \times \text{MKP } 43$ . Potom bude celkový instalovaný výkon  $258\text{ kW}$ .

Jak je z výsledku zřejmé, rychlost proudění vzduchu má podstatný vliv na požadovaný výkon zářičů. Proto je zapotřebí dbát důsledně na ochranu osamělých pracovišť před průvanem, z toho vyplývá nutnost instalovat, pokud možno, **zástěny** vysoké cca  $2 + 3\text{ m}$  (pracoviště 1 na obr. 4 **ohrazené silnou čarou**).

Dalším možným způsobem je postup výpočtu podle následujícího vztahu:

$$Q_i = \frac{q_0 \cdot \Delta t \cdot A \cdot f_1}{\eta_s \cdot 1000 \cdot f_5} \quad [\text{kW}] \quad (4)$$

kde

$q_0 = 25\text{ W/K}$  – jednotkový výkon na  $1\text{ K}$  teplotního rozdílu

Kontrola:

$$Q_i = \frac{25 \cdot (18 - 5) \cdot 292,5 \cdot 1}{0,65 \cdot 1000 \cdot 0,8}$$

$$= \frac{96037,5}{520} = 184,68\text{ kW}$$

Jak je z porovnání zřejmé, výsledky jsou téměř shodné (**164,12 kW a 184,68 kW**)

**Příklad 2** – obr. 4 – varianta 2

Zadání: pracoviště je u vnější stěny. Plocha pohybu pracovníků

$A_0 = 6 \times 3\text{ m}$ ; rozšíření po obvodu  $1,5\text{ m}$ .  
 Potom  $A = 9 \times 4,5\text{ m} = 40,5\text{ m}^2$

$t_g = 18\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_i = +3\text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_i = \frac{(t_g - t_i) \cdot A \cdot f_1}{0,0716 \cdot \eta_s \cdot \Phi \cdot A_s \cdot 1000 \cdot f_5}$$

$$= \frac{(18 - 3) \cdot 40,5 \cdot 1}{0,0716 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \cdot 1000 \cdot 0,85}$$

$$= \frac{607,5}{24,62} = 24,67\text{ kW}$$

Volí se dva zářiče MKP 15, tj. osazený výkon  $2 \times 15\text{ kW} = 30\text{ kW}$  – zavěšení šikmo ve výšce  $6\text{ m}$ . Vzdálenost od pracovníků  $\sim 7,0\text{ m}$ , a proto  $f_1 = 1,0$ .

Poznámka – nejbližší nižší zářiče ( $q_1 = 11\text{ kW}$ ) by byly nedostačující.

Kontrolní výpočet dle metodiky z praxe:

$$Q_i = \frac{q_0 \cdot \Delta t \cdot A \cdot f_1}{\eta_s \cdot 1000 \cdot f_5} = \frac{25 \cdot 15 \cdot 40,5 \cdot 1}{0,65 \cdot 1000 \cdot 0,85} = 27,49\text{ kW}$$

Výsledek je téměř totožný.

Regulace výkonu je v tomto případě možná s čidlem umístěným na stěně objektu a týdenním programem.

**Závěr**

Jak je zřejmé z příkladů, osazený výkon pro vytápění osamělých pracovišť se podstatně liší od požadavků při celoplošném vytápění (2 + 4 krát vyšší výkon). Je rovněž nutné vzít v úvahu intenzitu vytápění (rychlost náběhu na plný výkon) a hlavně se zaměřit na koncentraci tepelného toku na vytápěné plochy (nevytápí se okolí). Jednoznačně vyplývá použití světlých plynových zářičů se speciálně upravenými reflexními zákryty. Nelze použít zářiče tmavé nebo dokonce teplovzdušné jednotky. Tuto metodiku a technické řešení lze použít při návrhu vytápění vstupního pole do vytápěného prostoru haly o ploše ( $12 \times 18\text{ m}$ ), kde se často otevírají vrata.

Podle frekvence otevírání se volí  $t_i = (8 + 12\text{ }^\circ\text{C})$ . Regulace dle teploty vzduchu ( $t_i$ ).

□ Ing. Miroslav Kotrbatý,

KOTRBATÝ – V.M.Z., spol. s r.o., Pelhřimov