

Zjednodušené hodnocení expozice v okolí

tepelných zářičů

Lukáš Jelínek, Pavel Buchar

(4.6.2025)

Objekty v termodynamické rovnováze zahřáté na absolutní teplotu T jsou zdrojem nekoherentního elektromagnetického záření, které při dostatečně vysoké intenzitě může být hygienicky významné. Taková expozice je v České republice omezována expozičními limity stanovenými v nařízení vlády č. 291/2015 Sb. [1], které vycházejí z doporučení ICNIRP [2].

Dle Wienova zákona vyzařuje objekt o teplotě T nejvíce na vlnové délce

$$\lambda_{\max} \approx \frac{0,002898 \text{ mK}}{T} \quad (1)$$

a vyzařování prudce klesá na vlnových délkách kratších a pomaleji na delších vlnových délkách. Uvažíme-li objekty, které jsou v našem dosahu, jejich teplota zřídka přesahuje 1500°C ($1773,15 \text{ K}$). Při těchto teplotách leží maximum vyzařování na vlnových délkách $\lambda_{\max} < 1600 \text{ nm}$, tedy mimo rozsah, který by mohl dopadnout na sítnici oka. Majoritním expozičním faktorem v této oblasti je tak ohřev a případné popálení povrchu těla, případně, při dlouhodobé expozici, tepelné namáhání oční čočky, které může vést k jejímu zákalu. V této informaci se zaměříme na hygienicky nejnepríznivější případ, tedy na dlouhodobou expozici povrchu těla objektu s teplotou v rozmezí $300^\circ\text{C} - 1500^\circ\text{C}$.

Uvažme jednoduchý příklad, ve kterém má pozorovanému zahřátá plocha tvar disku o průměru D . Uvažme dále oko, které je na ose disku, je zaměřeno na střed disku a je ve vzdálenosti d od jeho středu. Výpočtem založeným na metodickém návodu [3, str. 29] lze zjistit, že spektrální hustota zářivého toku dopadající na oko bude

$$E(\lambda, T, d) = L(\lambda, T) \frac{\pi}{1 + 4 \left(\frac{d}{D} \right)^2}, \quad (2)$$

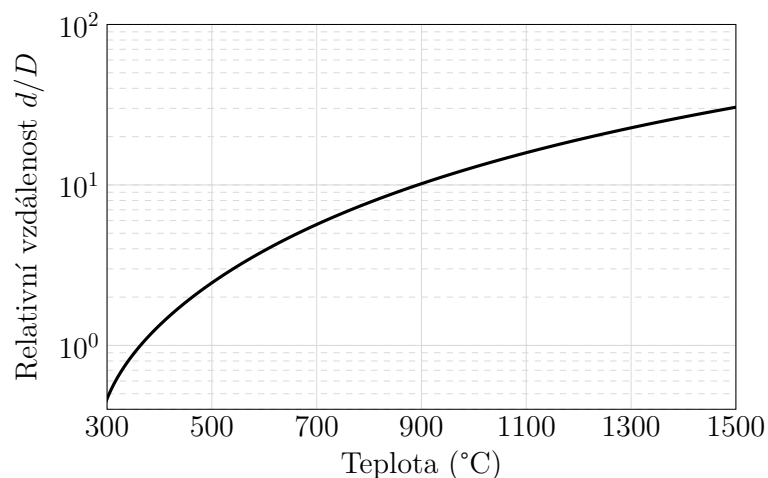
kde $L(\lambda, T_0)$ spektrální zář definovaná Plankovým vyzařovacím zákonem [3, str. 29].

V případě dlouhodobé expozice oka infračervenému záření přesahující 1000 s je expoziční limit dán hustotou zářivého toku 100 Wm^{-2} , která je měřena v pásmu vlnových délek¹ 780 nm až 3000 nm . Odtud je možné získat předpis

$$\frac{d}{D} > \sqrt{\frac{\pi}{400 \text{ Wm}^{-2}} \int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} L(\lambda, T) d\lambda - 1}. \quad (3)$$

Ve vzdálenostech splňující tento předpis bude expozice podlimitní. Závislost (3) na teplotě je zobrazena na Obr. 1.

¹Dle informace v kapitole “Rationale” doporučení [2, str. 82] je toto frekvenční pásmo dostatečné i pro posouzení expozice infračervenému záření vlnových délek delších než 3000 nm .



Obrázek 1: Relativní vzdálenost d/D dle vztahu (3), ve které je expozice podlimitní.

Obrázek 1 lze využít k rychlému vyhodnocení expoziční situace pouze na základě znalosti teploty a největšího rozměru zdroje. S ohledem na zvolený konzervativní přístup (dlouhodobá expozice oka, přímý pohled do zdroje záření) lze tvrdit, že pokud vzdálenost exponované osoby je vyznamně vyšší, než připouští Obrázek 1, lze expozici infračervenému záření považovat za hygienicky nevýznamnou. Pokud by naopak byla exponovaná osoba na hranici určené Obrázkem 1 nebo pod ní, je třeba expoziční situaci věnovat pozornost a zajistit podrobnější zhodnocení.

Literatura

- [1] “Nařízení vlády č. 291/2015 o ochraně zdraví před neionizujícím zářením,” *Sbírka zákonů české Republiky*, vol. 120, pp. 3690–3710, 2015.
- [2] ICNIRP, “ICNIRP guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation,” *Health Physics*, vol. 105, p. 74–96, July 2013.
- [3] “Metodický návod,” *Věstník Ministerstva zdravotnictví*, vol. 8, no. MZDR 509/2017-19/OVZ, pp. 7–34, 2017.