

Příloha č. 3

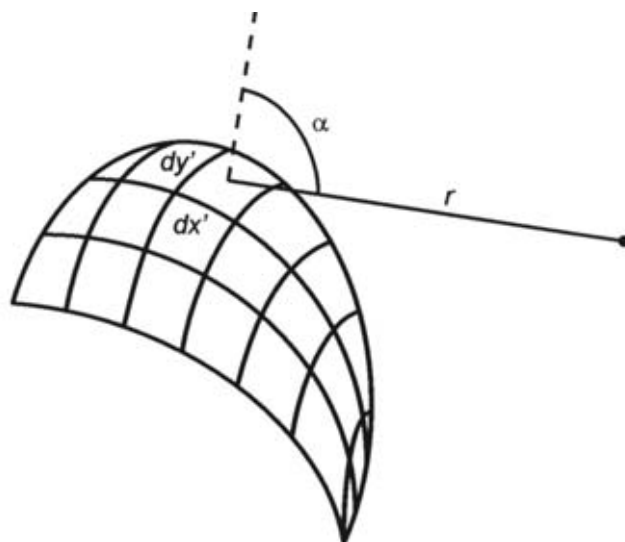
Známe-li absolutní teplotu T povrchu zdroje, který považujeme za absolutně černé těleso, je jeho spektrální zář $L(\lambda)$ dána vztahem

$$L(\lambda) = \frac{2hc_0^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc_0}{\lambda kT}} - 1}, \quad (1)$$

kde $h \approx 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ je Planckova konstanta, $k = 1.381 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ je Boltzmanova konstanta, $c_0 = 2.999 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ je rychlost světla ve vakuu a λ je vlnová délka. Spektrální hustotu zářivého toku $E(\lambda)$ v místě pozorování potom získáme jako

$$E(\lambda) = L(\lambda) \iint_{x'y'} \frac{F(\alpha)}{r^2} dx' dy', \quad (2)$$

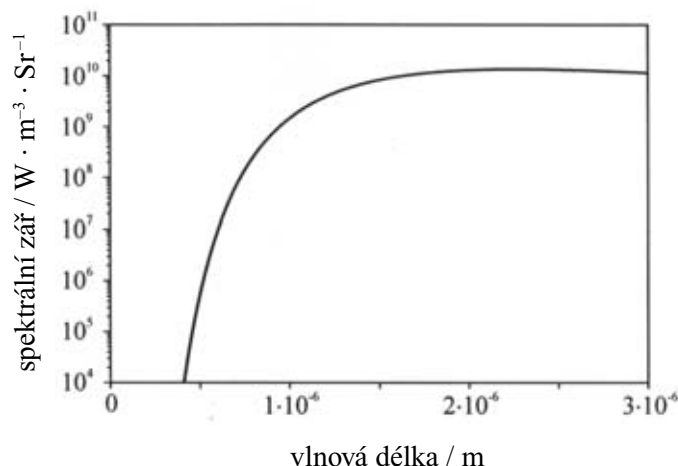
kde integrál pobíhá přes celou plochu zdroje a kde r je vzdálenost mezi bodem pozorování a elementární ploškou $dx' \cdot dy'$. Význam úhlu α je zobrazen na obr. 1. Pro funkci $F(\alpha)$ pak platí, že $F(\alpha) = \cos(\alpha)$ pro $\alpha \in (0, \pi/2)$ a $F(\alpha) = 0$ jinak.



Obr. 1 Náčrt situace mezi povrchem zdroje a bodem pozorování

Jako příklad použití výše uvedených vztahů uvažujme expozici osoby v blízkosti nádoby s horkou taveninou. Předpokládejme, že nádoba má tvar válce o poloměru $R = 0,5 \text{ m}$ jehož stěny jsou dobře tepelně izolovány a jedinou vyzařující plochou je tedy hladina taveniny. Uvažme příklad kdy má hladina teplotu $t = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T = 1273.15 \text{ K}$). Určeme nyní expozici ve vzdálenosti d od středu hladiny a ve výšce $h = 2 \text{ m}$ nad hladinou (přibližně ve výšce očí exponované osoby).

K určení expozice je nejprve nutné určit spektrální zář zdroje $L(\lambda)$, která je dána vztahem (1) a její průběh v závislosti na vlnové délce je zobrazen na obr. 2 (str. 48). Vzhledem k tomu, že maximum vyzařování se nachází v okolí vlnové délky 2300 nm , jsou pro porovnání expozice s nejvyššími přípustnými hodnotami relevantní pouze kritéria m, n, o z tabulky č. 1 na str. 16 nařízení vlády. Ostatní kritéria budou u tohoto zdroje s obrovskou rezervou splněna.



Obr. 2 Vypočtený průběh spektrální záře hladiny taveniny

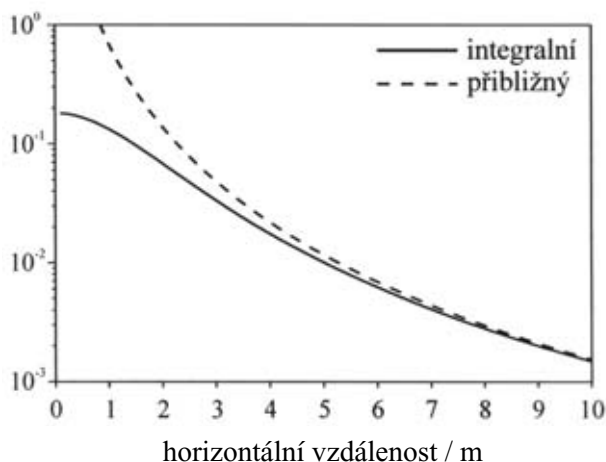
K vyhodnocení expozice je dále nutné určit spektrální hustotu zářivého toku $E(\lambda)$ dle rovnice (2). Po zavedení polárních souřadnic lze pak psát

$$E(\lambda, d, h) = L(\lambda) \cdot h \cdot \int_0^{2\pi} \int_0^R \frac{r dr d\varphi}{(d^2 + h^2 + r^2 - 2rd \cos \varphi)^{\frac{3}{2}}} \cdot \quad (3)$$

Vztah (3) je obecně platný, avšak pokud bychom hledali expozici ve vzdálenostech významně větších než jsou rozměry zdroje, je možné tento vztah aproximovat vztahem

$$E(\lambda, d, h) = \frac{L(\lambda) \cdot h \cdot A}{D^3}, \quad (4)$$

kde $A = \pi \cdot R^2$ je plocha zářiče a $D = \sqrt{(d^2 + h^2)}$ je vzdálenost od středu plochy zářiče. Meze použitelnosti tohoto vztahu lze vyčíst z obr. 3.



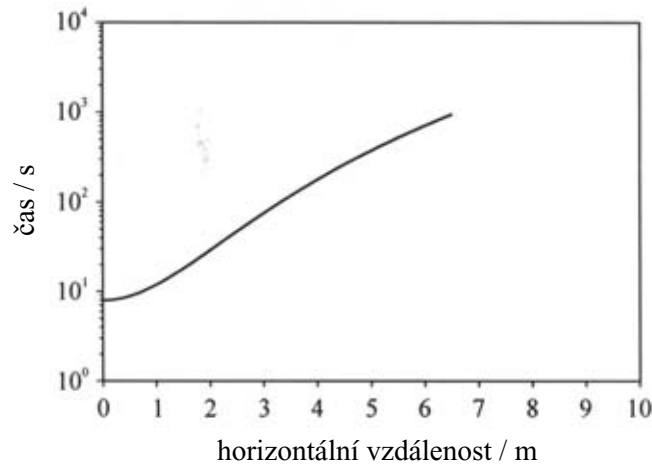
Obr. 3 Srovnání integrálního vztahu (3) a přibližného vztahu (4) v závislosti na vzdálenosti od středu zářiče d pro výšku $h = 2$ m.

Vzhledem k charakteru uvažovaného zářiče lze předpokládat, že hladina taveniny vyzařuje kontinuálně a veličiny tak explicitně nezávisí na čase (okamžité hodnoty veličin se přímo rovnají časově středním hodnotám).

- Srovnání expozice s kritériem (m) z tabulky č. 1 na str. 16 nařízení vlády
Kritérium (m) lze upravit na tvar

$$t(d, h) = \left(\frac{18000}{\int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, d, h) d\lambda} \right)^{\frac{4}{3}}, \quad (5)$$

kde $t(d, h)$ je čas při jehož překročení bude překročena nejvyšší přípustná hodnota. Výsledek rovnice (5) v závislosti na vzdálenosti d od zářiče je zobrazen na obr. 4.



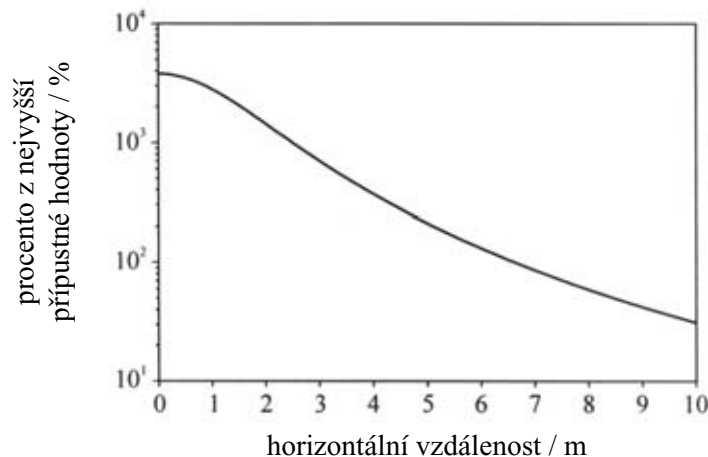
Obr. 4 Čas určující hranici mezi překročením a nepřekročením nejvyšší přípustné hodnoty (m) nařízení vlády v závislosti na vzdálenosti od středu zářiče d pro výšku $h = 2$ m.

Kritérium (m) je definičně omezeno pro doby expozice kratší nebo rovny 1000 s.

- Srovnání expozice s kritériem (n) z tabulky č. 1 na str. 16 nařízení vlády
Pro dobu expozice delší než 1000 s je kritérium (m) nahrazeno kritériem (n). Dosazením do vztahu pro kritérium (n) je pak možné získat procento p z nejvyšší přípustné hodnoty pro veličinu E_{IR} jako

$$p(d, h) = \int_{780 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, d, h) d\lambda. \quad (6)$$

Výsledek rovnice (6) v závislosti na vzdálenosti d od zářiče je zobrazen na obr. 5.



Obr. 5 Procento z nejvyšší přípustné hodnoty (n) nařízení vlády v závislosti na vzdálenosti od středu zářiče d pro výšku $h = 2$ m.

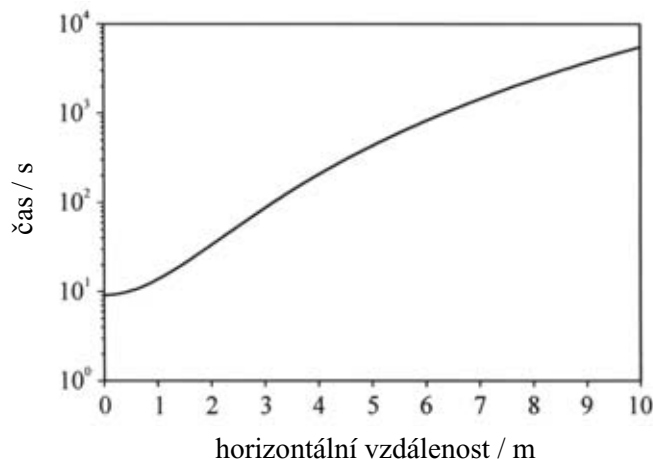
Z obr. 5 je patrné, že při expozici delší než 1000 s nebude nejvyšší přípustná hodnota překročena pro vzdálenosti větší než přibližně 6,5 m od středu hladiny taveniny.

- Srovnání expozice s kritériem (o) z tabulky č. 1 na str. 16 nařízení vlády

Pro zamezení popálení kůže je třeba ještě porovnat expozici s kritériem (o), které lze po úpravě napsat ve tvaru

$$t(d, h) = \left(\frac{20000}{\int_{380 \text{ nm}}^{3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, d, h) d\lambda} \right)^{\frac{4}{3}}, \quad (7)$$

kde čas $t(d, h)$ má stejný význam jako v kritériu (m). Výsledek rovnice (7) v závislosti na vzdálenosti d od zářiče je zobrazen na obr. 6.



Obr. 6 Čas určující hranici mezi překročením a nepřekročením nejvyšší přípustné hodnoty (m) nařízení vlády v závislosti na vzdálenosti od středu zářiče d pro výšku $h = 2$ m.

Kritérium (o) je definičně omezeno pro doby expozice kratší nebo rovné 10 s a je třeba jej interpretovat tak, že při překročení času 10 s se stává expozice nevýznamnou – hodnotí se popálení kůže, která je na teplo velmi citlivá a exponovaná osoba tak včas dostane podnět k tomu, aby se z místa vzdálila. Z obr. 6 je patrné, že času 10 s je dosaženo již v prakticky nulové vzdálenosti d , je však třeba mít na paměti, že expozice je počítána ve výšce $h = 2$ m nad hladinou taveniny.