4 Koeficient zeslabení

Zadání

Určete koeficient zeslabení homogenního izotropního prostředí, znáte-li hladinu akustické intenzity ve dvou různých vzdálenostech od rovinného zdroje zvuku.

(Lze uložit za DCv)

Řešení

• Dle přednášek platí pro akustický výkon přenášený rovinnou harmonickou vlnou vztah

$$P_{\mathrm{a}}(x) = SZ_0 v_{\mathrm{ef}}^2(x) = SZ_0 \frac{\omega^2}{2} u_{\mathrm{m}}^2(x),$$

kde S je plocha kolmá na směr šíření vlnění a Z_0 je vlnový odpor. Je-li rovinné vlnění tlumeno prostředím s koeficientem zeslabení α, bude jeho amplituda klesat se vzdáleností podle výrazu (viz přednáška)

$$u_{\mathrm{m}}(x) = u_{\mathrm{m}0} \exp(-\alpha x),$$

kde $u_{\mathrm{m}0}$ je amplituda vlnění u zdroje ($x = 0$). Po dosazení do předešlého vztahu dostaneme

$$P_{\mathrm{a}}(x) = SZ_0 \frac{\omega^2}{2} u_{\mathrm{m}0}^2 \exp(-2\alpha x) = P_{\mathrm{a}0} \exp(-2\alpha x), \tag{4.1}$$

kde $P_{\mathrm{a}0}$ je akustický výkon zdroje (dvojka je v exponenciále díky kvadrátu amplitudy). Zvolíme-li plochu S jednotkovou ($S = 1\,\mathrm{m}^2$), získáme vztah pro intenzitu tlumené rovinné harmonické vlny ve tvaru

$$\boxed{I_{\mathrm{a}}(x) = I_{\mathrm{a}0} \exp(-2\alpha x),} \tag{4.2}$$

kde $I_{\mathrm{a}0}$ je intenzita vlnění u zdroje.

• Podělme (4.2) referenční hodnotou akustické intenzity $I_{\mathrm{ar}} = 10^{-12}\,\mathrm{Wm}^{-2}$ a aplikujme na obě strany rovnice výraz $10 \log()$, tím získáme

$$10 \log \frac{I_{\mathrm{a}}(x)}{I_{\mathrm{ar}}} = 10 \log \frac{I_{\mathrm{a}0}}{I_{\mathrm{ar}}} - 20 \log(\mathrm{e})\, \alpha x,$$

kde jsme při úpravách využili ekvivalence $\log x^y = y \log x$. Dle definice hladiny akustické intenzity je výraz na levé straně rovnice hladina akustické intenzity ve vzdálenosti x od zdroje (označíme $L_I(x)$) a první výraz na pravé straně je hladina akustické intenzity u zdroje (označíme L_{I0}), pak

$$L_I(x) = L_{I0} - 20 \log(\mathrm{e})\, \alpha x.$$

- Rozdíl hladin akustické intenzity ve dvou vzdálenostech x_1 a x_2 bude

$$L_I(x_2) - L_I(x_1) = \{L_{I0} - 20\log(\mathrm{e})\,\alpha x_2\} - \{L_{I0} - 20\log(\mathrm{e})\,\alpha x_1\} = 20\log(\mathrm{e})\,\alpha(x_1 - x_2).$$

Nyní již stačí vyjádřit z rovnice koeficient zeslabení a získáme hledaný vztah

$$\boxed{\alpha = -\frac{L_I(x_2) - L_I(x_1)}{20\log(\mathrm{e})\,(x_2 - x_1)}.} \tag{4.3}$$

Vypočteme-li přibližně $20\log(\mathrm{e}) \approx 8{,}69$ a zavedeme-li $\Delta L_I = L_I(x_2) - L_I(x_1)$ a $\Delta x = x_2 - x_1$, můžeme psát

$$\alpha \approx -\frac{\Delta L_I}{8{,}69\,\Delta x}.$$