

## Základní definice

Zvuková vlna představuje periodické stlačování a rozpínání pružného prostředí, v němž se šíří (vzduch, voda, ...). Ve vzduchu např. dochází k periodickým změnám atmosférického tlaku, které uchem vnímáme jako zvuk určité hlasitosti. Hlasitost je veličina subjektivní a závisí na citlivosti sluchu. Pro objektivní hodnocení zvuku byla zavedena **intenzita zvuku**  $I$ :

**INTENZITA ZVUKU  $I$  JE DEFINOVÁNA PODÍLEM VÝKONU  $P$  ZVUKOVÉHO VLNĚNÍ A PLOCHY  $S$ , KTEROU VLNĚNÍ PROCHÁZÍ:  $I = \frac{P}{S}$ ;  $[I] = \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ .**

Intenzita zvuku je přímo úměrná energii kmitání, které zvukové vlnění v daném bodě vzbuzuje. Tato energie pak závisí na druhé mocnině amplitudy výchylky a na druhé mocnině frekvence. Intenzitu zvuku tedy určují nejen změny tlaku vzduchu v daném místě, ale také výška tónu.

Citlivost lidského ucha je největší při frekvencích zvuku  $\{700; 6000\}$  Hz. V souvislosti s tím se zavádějí dvě hranice intenzity zvuku:

1. práh slyšení - charakterizován intenzitou zvuku  $I_0 = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (resp. akustickým tlakem  $20 \mu\text{Pa}$ ), která je nejmenší intenzitou, od níž zvuk vnímáme
2. práh bolesti - charakterizovaný intenzitou zvuku  $1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (resp. akustickým tlakem  $63 \text{ Pa}$  pro hladinu intenzity 130 dB); zvuky větších intenzit než je práh bolesti mohou v uchu vyvolat bolestivý pocit

Poměr nejmenší a největší intenzity zvuku v oblasti největší citlivosti ucha je  $10^{12}$ . Hladinu intenzity (hlasitost) zvuku je proto vhodné vyjadřovat pomocí logaritmické stupnice; jednotkou hlasitosti zvuku je *bel* (značka B). Tato jednotka byla nazvána podle vynálezce telefonu, Američana Alexandra Grahama Bella (1847 - 1922). Jedná se o jednotku velkou, proto se v praxi používají jednotky nižší - *decibel* dB. Rozlišovací schopnost lidského ucha je řádově právě 1 dB.

Použití funkce logaritmus je velmi vhodné: tato funkce totiž „výrazným způsobem snižuje řády“. Pokud bychom chtěli rozsah prahových intenzit zobrazit v grafu, bylo by nutné stupnici rozdělit na  $10^{12}$  dílků. S využitím funkce logaritmus stačí dílků 12 resp. 120 při vyjádření v decibelech.

**MÁ-LI ZVUK INTENZITU  $I$ , PAK V LOGARITMICKÉ STUPNICI LZE VYJÁDŘIT HLADINU INTENZITY (HLASITOST) ZVUKU  $L$  VZTAHEM  $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$ , KDE  $I_0$  JE INTENZITA PRAHU SLYŠENÍ;  $[L] = \text{dB}$ .**

(Analogicky lze vyjádřit tuto veličinu vztahem  $L = 20 \log \frac{p}{p_0}$ , kde  $p$  je akustický tlak daného zvuku a  $p_0$  je akustický tlak odpovídající prahu slyšení.)

Činitel 10 ve vztahu pro hladinu intenzity zvuku zajišťuje již převod na decibely.

V tab. 3 jsou uvedeny hladiny intenzit (hlasitosti) zvuku u různých zdrojů zvuku, s nimiž se lze setkat v praxi.

| $\frac{L}{\text{dB}}$ | Zvuk                                      | $\frac{L}{\text{dB}}$ | Zvuk   |
|-----------------------|---|-----------------------|--|
| 0                     | hranice slyšitelnosti                     | 70                    | <u>hluk</u> na silně frekventovaných ulicích velkoměsta, vysavač |
| 10                    | šelest listí, ticho na venkově            | 80                    | hluk v tunelech podzemních železnic, křik, symfonický orchestr   |
| 20                    | <u>šum</u> listí, knihovna, tikot hodinek | 90                    | hluk motorových vozidel  |

|    |  |     |   |
|----|--|-----|---|
| 30 | pouliční hluk v tichém předměstí         | 100 | maximální hluk motorky, pneumatická vrtačka |
| 40 | tlumený rozhovor                         | 110 | hlasité obráběcí stroje, rocková kapela     |
| 50 | normální pouliční hluk, ruch v kanceláři | 120 | startující <a href="#">letadlo</a> (z 1 m)  |
| 60 | hlasitý (normální) rozhovor, ruch v davu | 130 | hluk působící bolest                        |

tab. 3

Dopadá-li na přijímací systém (ucho, [mikrofon](#), ...) několik zvukových vln, jejich výsledná hladina je úměrná nikoliv součtu jednotlivých hladin, ale součtu veličin, které původní hladiny určily (tj. intenzita, akustický výkon, druhá mocnina akustického tlaku).

Pro výslednou hladinu  $n$  zvuků o intenzitách  $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$  lze psát: 
$$L = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{I_0} = 10 \log \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{I_0} .$$

Uvědomíme-li si, že ze vztahu  $L_i = 10 \log \frac{I_i}{I_0}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) pro jednotlivé hladiny lze vyjádřit

podíl  $\frac{I_i}{I_0} = 10^{\frac{L_i}{10}}$ , který můžeme dosadit do výrazu pro celkovou hladinu, můžeme psát:

$$L = 10 \log \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{I_0} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} .$$