

Úloha č. 1

Měření hlukových map

Úkoly měření:

1. Pomocí hlukoměru SL-400 měřte rozložení hladin akustického tlaku v blízkosti zdroje hluku.
2. Pomocí hlukoměru SL-400 měřte rozložení hladin akustického tlaku v uzavřené laboratorní místnosti. Tato měření provádějte ve dvou výškách nad úrovní podlahy místnosti, a sice ve výškách $h_1 = 0,5$ m a $h_2 = 1$ m.
3. Z výsledků měření podle bodu 1 sestrojte hlukovou mapu v blízkosti zdroje hluku.
4. Z výsledků měření podle bodu 2 sestrojte hlukové mapy v uzavřené laboratorní místnosti pro obě výšky vůči podlaze místnosti.
5. V závěru protokolu na základě sestrojených hlukových map zhodnoťte šíření zvuku v měřené místnosti (tzn. z hlediska rovnoměrnosti šíření hluku od zdroje hluku, dále vliv vzdálenosti od zdroje zvuku a vliv výšky h od podlahy místnosti na šíření zvuku).

Použité přístroje a pomůcky:

1. hlukoměr SL-400,
2. pásmová měřidla, úhломěr.

Základní pojmy, teoretický úvod:

Hlukoměry jsou zařízení pro měření akustických veličin (např. hladiny akustického tlaku, ekvivalentní hladiny akustického tlaku apod.). K základním akustickým veličinám patří např. akustický tlak, akustický výkon, intenzita zvuku a akustická rychlost.

Rozsah akustických veličin ale bývá velmi velký. Např. vyzařovaný akustický výkon může dosahovat hodnot od 10^{-9} W (tj. velmi tichý šepot) až do 10^6 W (tj. velký raketový motor). Podobné příklady by se daly uvést i pro ostatní akustické veličiny. Z těchto důvodů (tzn. pro lepší názornost) byly zavedeny **decibelové veličiny**, které přepočítávají základní akustické veličiny na decibelové hladiny na základě jejich referenčních hodnot. Potom rozsah hladin v decibelové stupnici je podstatně menší. Tím je dosaženo podstatně názornější představy o dané akustické veličině v decibelové stupnici ve srovnání s jejich hodnotami uvedenými v základních jednotkách.

Definice: **Decibelové veličiny se zavádí z důvodu lepší názornosti dané akustické veličiny.**

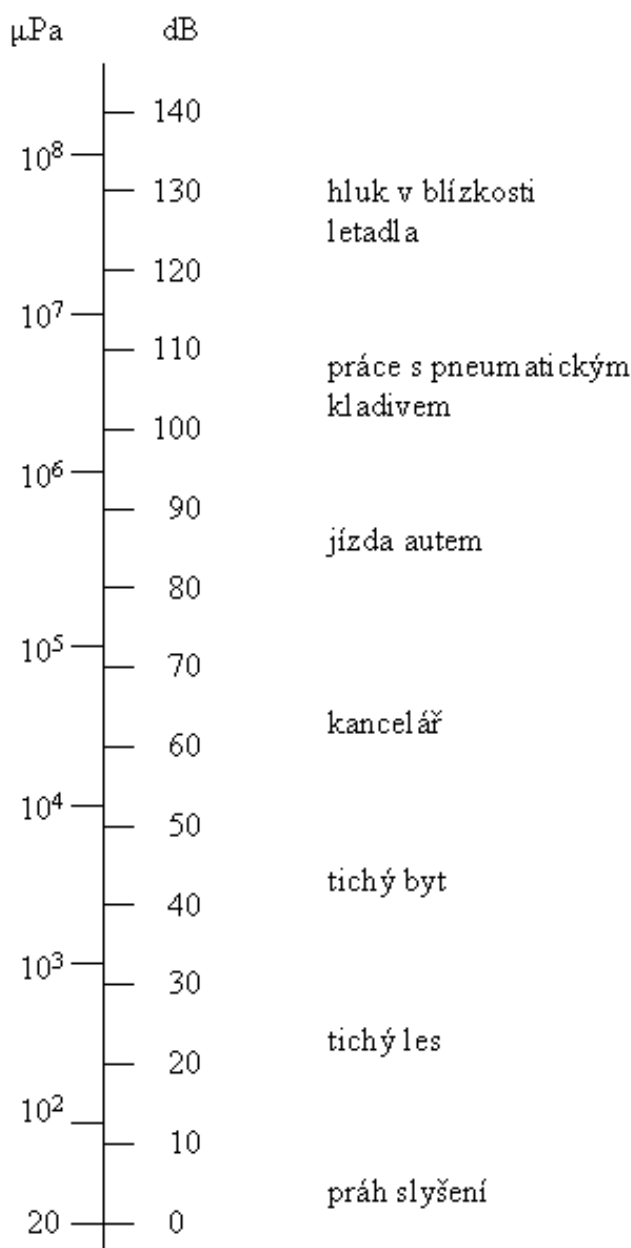
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Jednou ze základních decibelových veličin je hladina akustického tlaku, která je definována rovnicí:

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}, \quad (1)$$

kde p je efektivní hodnota sledovaného akustického tlaku a p_0 – referenční hodnota akustického tlaku (např. pro vzduch $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa). Jednotkou hladiny akustického tlaku je dB (decibel). Z rovnice (1) je zřejmé, že každému zvýšení akustického tlaku o jeden řád odpovídá zvýšení hladiny akustického tlaku o 20 dB. Na obr. 1 jsou znázorněny přepočty akustického tlaku na hladinu akustického tlaku s některými příklady činnosti pro dané hladiny. Hladina akustického tlaku všeobecně závisí na frekvenci.



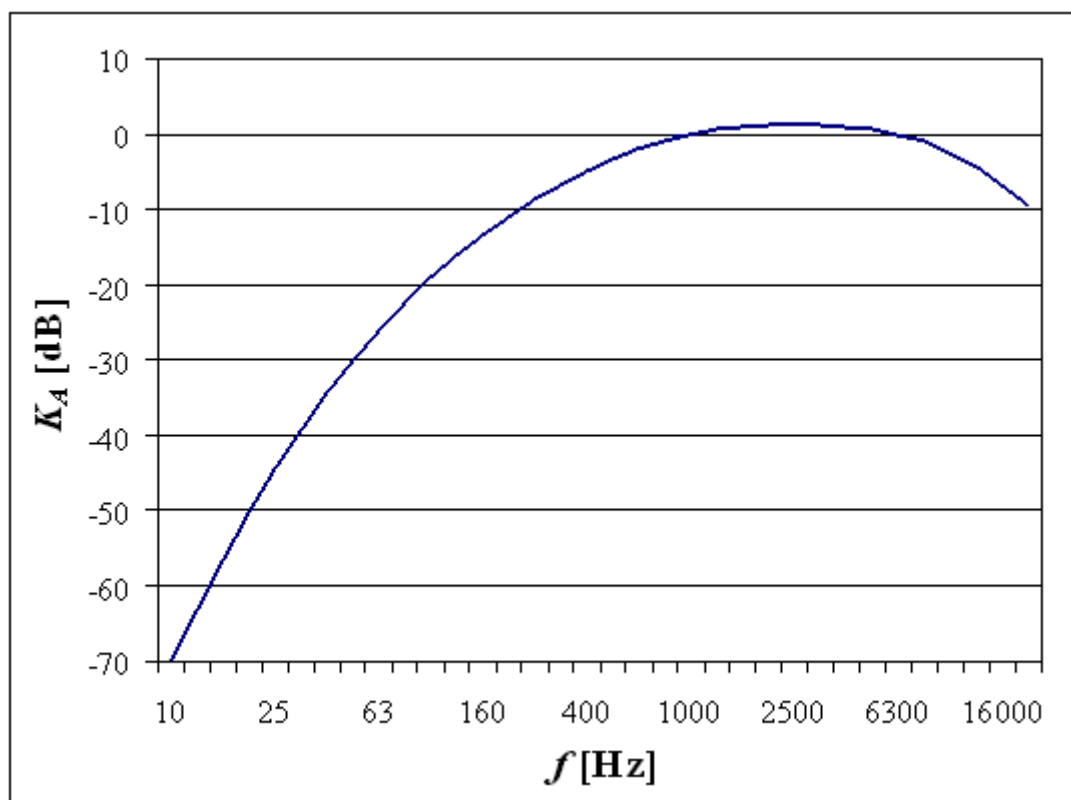
Obr. 1: Přepočet akustického tlaku na hladinu akustického tlaku.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



Lidský sluch má všeobecně různou citlivost při různých frekvencích. Dochází tedy ke zkreslení při vnímání zvuku sluchovým orgánem. Z tohoto důvodu se zavádí tzv. **váhové filtry**, které obsahují určité decibelové korekce. Váhové filtry jsou běžnou součástí hlukoměrů. V mezinárodním měřítku se nejčastěji používá váhový filtr typu A pro vnímání zvuku lidským sluchovým orgánem. Grafická závislost korekce K_A na frekvenci f (tzv. váhová křivka) pro váhový filtr typu A je znázorněna na obr. 2.

Definice: Váhové filtry se používají za účelem přepočítávání skutečně naměřených hodnot hladin zvuku na jiné hodnoty hladin zvuku z důvodu necitlivosti lidského sluchu při různých kmitočtech.



Obr. 2: Frekvenční závislost korekce K_A u váhového filtru typu A.

Ze znalosti skutečně změřených hladin zvuku v daných (např. třetinooktávových) pásmech a korekcí pro daný typ váhového filtru lze následně spočítat korigovanou hladinu zvuku. Např. pro hladinu akustického tlaku váženou filtrem typu A platí rovnice:

$$L_{pA} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{pi} + K_{Ai}}{10}}, \quad (2)$$

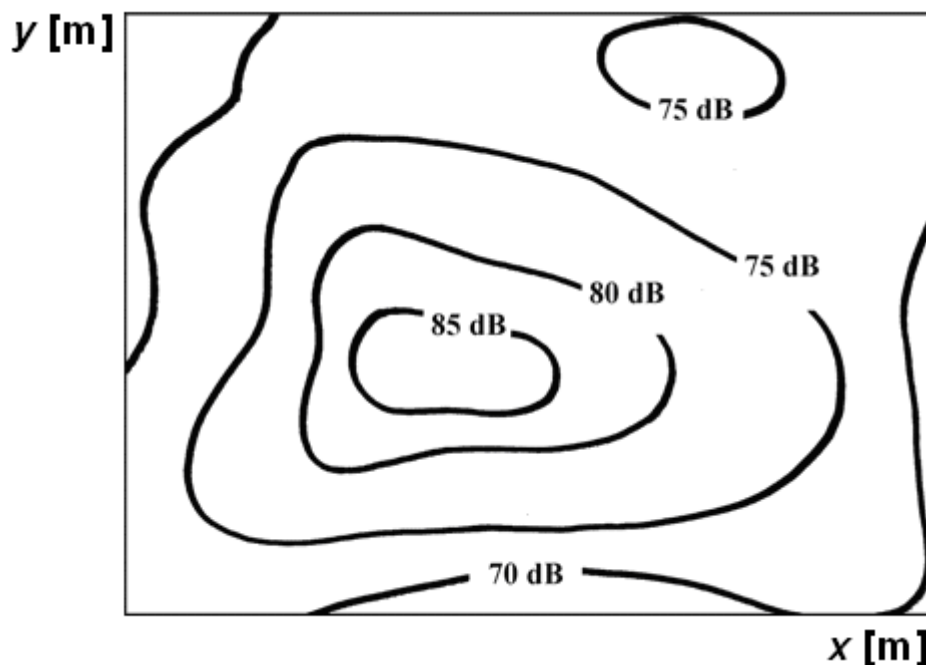
kde L_{pi} je hladina akustického tlaku v příslušném frekvenčním pásmu, K_{Ai} – korekce při střední frekvenci v daném frekvenčním pásmu, n – počet pásem.

Hlukové mapy se používají k zobrazení akustických veličin. Existují různá kritéria, na základě kterých se vytváří hlukové mapy. Hlukové mapy se rozdělují podle druhu zobrazované akustické veličiny (většinou zobrazení v hladinách), typu zobrazení (rovinné nebo prostorové), rozlišení velikosti akustické veličiny (barevné, sloupcové nebo pomocí

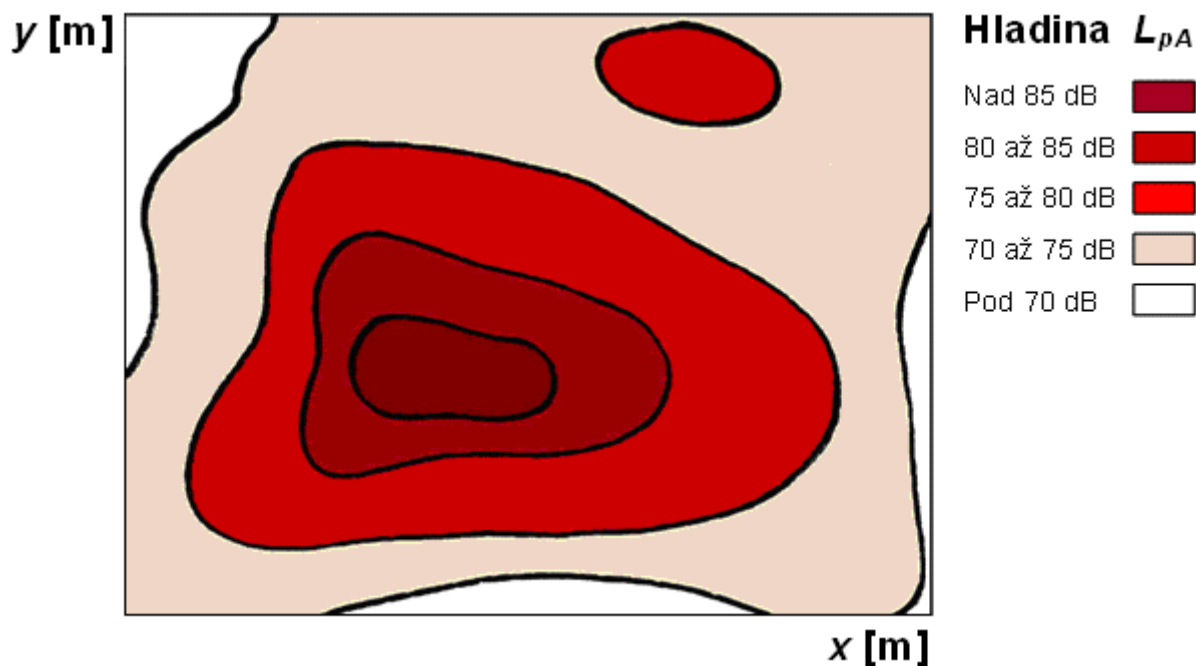
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky

izolinií) a frekvenčních pásem (tzn. úzkopásmová, celková hladina akustické veličiny a dále jednotlivá pásma - oktávová nebo třetinooktávová pásma). Na obr. 3 je znázorněn příklad zobrazení hlukové mapy pomocí izolinií. Podobně na obr. 4 je barevně znázorněn příklad hlukové mapy z obr. 3.

Definice: Hlukové mapy slouží k přehlednému zobrazení naměřených akustických veličin.



Obr. 3: Zobrazení hlukové mapy pomocí izolinií.



Obr. 4: Barevné zobrazení hlukové mapy.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky

Princip měření pomocí hlukoměru SL-40:

Hlukoměr SL-400 (viz obr. 5a) slouží k přímému měření hladiny akustického tlaku (resp. hladiny intenzity zvuku) v rozsahu od 30 dB do 130 dB ve frekvenčním rozsahu $f = (31,5 \div 8000)$ Hz. Nelze ho používat za nepříznivých podmínek, tzn. při příliš vysoké vlhkosti vzduchu, bouře, nevhodných povětrnostních podmínkách (např. podmínkách vedoucím ke vzniku silného elektrostatického pole), dále za přítomnosti prachu a hořlavých plynů, par nebo rozpouštědel. Hlukoměr se používá při teplotě $t = (0 \div 40)$ °C, relativní vlhkosti vzduchu $\Phi = (10 \div 90)$ % a nadmořské výšce $h \leq 2000$ m.

Hlukoměr obsahuje černý ochranný protivětrný kryt (viz horní část obr. 5a), který je umístěn na měřicím mikrofonu. Tento kryt se používá při měření prováděném za větru, jehož rychlost $v > 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Při těchto podmínkách přitom nedochází z nežádoucímu zkreslení měřených údajů. Měřená hladina akustického tlaku a další informativní údaje (např. o aktuálním čase, typu použitého váhového filtru a měřicím rozsahu) se zobrazují na displeji hlukoměru.

Ve spodní části hlukoměru jsou umístěny ovládací prvky pro práci s hlukoměrem (viz obr. 5b). Hlukoměr se zapíná pomocí červeného tlačítka umístěného v pravé dolní části hlukoměru. Tlačítko s označením „A/C“ slouží k nastavení typu váhového filtru (tzn. typu A nebo typu C). Při zapnutí tlačítka „MAX/MIN“ se na displeji zobrazuje pouze maximální (resp. minimální) hodnota hladiny akustického tlaku při probíhajícím měření. Tlačítko „HOLD“ se používá k zafixování aktuální hodnoty hladiny akustického tlaku v daném časovém okamžiku. Při dalším zmáčknutí tohoto tlačítka se opět zobrazuje aktuální hodnota hladiny akustického tlaku na displeji. Tlačítkem „LEVEL“ lze nastavit rozsah měření hladiny akustického tlaku, konkrétně automaticky nastavený rozsah (30 ÷ 130) dB, dále (30 ÷ 80) dB, (50 ÷ 100) dB nebo (80 ÷ 130) dB. Pokud měřené údaje nespádají do nastaveného rozsahu, zobrazí se na displeji symbol „OVER“, kdy měřená veličina leží nad mezí nastaveného decibelového rozsahu, resp. symbol „UNDER“, kdy měřená veličina leží pod dolní mezí nastaveného decibelového rozsahu. V těchto případech je třeba tlačítkem „LEVEL“ nastavit příslušný rozsah, do kterého bude spadat měřená veličina. Tlačítko „FAST/SLOW“ slouží k nastavení měření signálu ve dvou časových intervalech. Nastavení „FAST“ (tzn. rychlý) se používá při měření zvuků, které se mění velmi rychle (např. houkačky automobilů nebo výstřel). V tomto případě je doba mezi jednotlivými měřeními 125 ms. Naopak pro zvuky s delší časovou charakteristikou (např. šumění nebo vrčení) se používá nastavení „SLOW“ (tzn. pomalý) s dobou mezi jednotlivými měřeními $t = 1$ s. Horní ovládací tlačítka hlukoměru (tzn. zleva v horní řadě tlačítka „REC“, „SETUP“ a „SVĚTLO“) slouží k ukládání, mazání a přenosu dat při dlouhodobém měření akustické veličiny. V paměti hlukoměru lze uložit celkem 32 600 naměřených dat. Přenos dat na osobní počítač se provádí pomocí přiloženého počítačového programu SL-400. Tlačítko „SETUP“ v kombinaci s tlačítky „HOLD“ a „LEVEL“ se rovněž používá pro nastavení aktuálního času.

Na zadní straně hlukoměru je umístěna přihrádka pro vložení baterie a pouzdro se závitkem pro stativ, který je součástí dodávky hlukoměru. V boční části hlukoměru jsou umístěny zdířky pro připojení napájení z elektrické sítě, USB-kabelu, analogového výstupu k dalším přídatným zařízením a pro nastavení kalibrace.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky





Obr. 5a: Pohled na hlukoměr SL-400.



Obr. 5b: Ovládací tlačítka hlukoměru SL-400.

Postupy měření a pokyny k úloze:

1. Měření hlukové mapy v blízkosti zdroje zvuku

- Specifikujte přesnou polohu, typ a rozměry zdroje hluku v dané laboratorní místnosti.
- Seznamte se s principem činnosti hlukoměru SL-400. Odejměte černý ochranný kryt na hlukoměru a zapněte hlukoměr. Nastavte váhový filtr typu A, rozsah měření od 50 dB do 100 dB a pomalý časový interval měření (na displeji je zobrazeno tlačítko „SLOW“).
- Pomocí hlukoměru SL-400 změřte rozložení hladin akustického tlaku L_{pA} při zapnutém váhovém filtru A v blízkosti zdroje hluku. Měření provádějte ve směrech s úhlovým krokem 30° vůči středu zdroje hluku (ze středu zdroje hluku bude tedy vycházet celkem 12 přímek po 30°) ve zvolené konstantní výšce u zdroje zvuku. Do protokolu uveďte tuto výšku vzhledem k podlaze místnosti.
- Na každé směrové přímce ze středu zdroje hluku stanovte místa s hladinou akustického tlaku od hodnoty $L_{pA} = 75$ dB do hodnoty $L_{pA} = 90$ dB s hladinovým krokem $\Delta L_{pA} = 3$ dB.
- Při měření hladiny akustického tlaku směřujte čidlem hlukoměru přímo ke zdroji hluku a nekládejte žádné překážky mezi čidlo a zdroj hluku.
- Na základě naměřených míst s konstantními hladinami nakreslete hlukovou mapu (pomocí izolinií) v blízkosti zdroje hluku.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky



2. Měření hlukových map v uzavřené místnosti

- Změřte půdorysné rozměry laboratorní místnosti potřebné pro její zakreslení. Dále změřte rozměry a polohu zdroje hluku v této místnosti a zakreslete ho do půdorysu.
- Zapněte hlukoměr a nastavte ho stejně jako v bodě 1.
- Pomocí hlukoměru SL-400 změřte rozložení hladin akustického tlaku L_{pA} při zapnutém váhovém filtru A v uzavřené místnosti.
- Při měření hledejte místa s konstantními hladinami akustického tlaku od nejmenší hladiny L_{pAmin} do maximální hladiny L_{pAmax} s hladinovým krokem $\Delta L_{pA} = 1$ dB. Pro každou hladinu $L_{pA} = \text{konst.}$ najděte dostatečný počet bodů (min. 10) pro vytváření hlukové mapy.
- Měření hlukové mapy v uzavřené místnosti proveďte pro dvě různé výšky nad úrovní podlahy (tj. $h_1 = 0,5$ m a $h_2 = 1$ m).
- Při měření hladiny akustického tlaku směřujte čidlem hlukoměru přímo ke zdroji hluku, nekládejte žádné překážky a nevstupujte mezi čidlo a zdroj hluku.
- Na základě naměřených míst s konstantními hladinami nakreslete hlukové mapy (pomocí izolinií) v uzavřeném prostoru pro obě výšky nad úrovní podlahy.

Seznam použité a doporučené literatury:

- [1] Nový R.: Hluk a chvění, ČVUT v Praze, (2000).
- [2] Jiríček O.: Úvod do akustiky, ČVUT v Praze, (2002).
- [3] Mišun V.: Vibrace a hluk, VUT v Brně, Nakladatelství PC-DIR Real, s. r. o. Brno, (1998).
- [4] Vaňková M. a kol.: Hluk, vibrace a ionizující záření v životním a pracovním prostředí, část I, VUT v Brně, Nakladatelství PC-DIR Real, s. r. o. Brno, (1995).

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky

