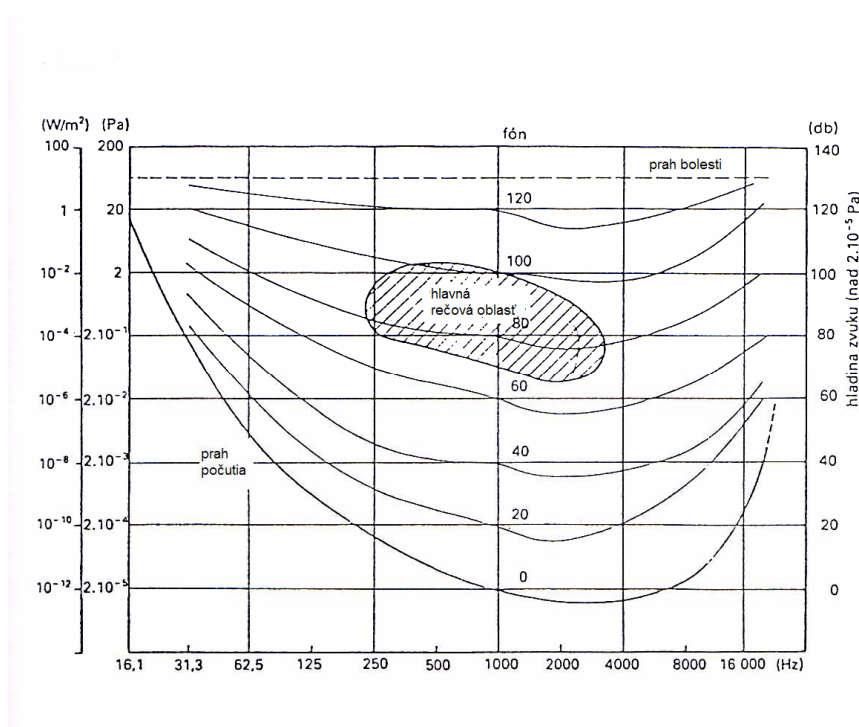


Meranie zvuku

Meranie zvuku je prospešné v mnohých oblastiach a jeho výsledky môžu byť podkladom priaznivého riešenia radu problémov. Výsledky meraní sú základom presnej vedeckej analýzy a hodnotenia rušivých zvukov (hlukov). Mieru rušivých účinkov zvuku na jednotlivca nie je možné presne a objektívne zmerať či určiť z toho dôvodu, že je nutné počítať s individuálnymi fyziologickými a psychologickými faktormi. Na základe výsledkov merania možno prevádzať objektívne porovnávanie rušivých zvukov a hlukov, pôsobiacich v rôznych podmienkach.

Výsledný subjektívny vnem zvuku odpovedajúci súhrnne jeho hlasitosti, je ovplyvňovaný mnohými činiteľmi, a preto výskum v tejto oblasti ešte stále prináša nové a závažné poznatky. Jedným z činiteľov je aj rozdielna citlivosť ľudského sluchu na rôzne kmitočty (obr.1).



Obr.1 Citlivosť ľudského ucha pre rôzne kmitočty.

Ľudský sluch je najcitlivejší na oblasť frekvencií 2 až 5 kHz a najmenej citlivý v oblasti veľmi nízkych a veľmi vysokých frekvencií. K zložitosti situácie prispieva aj to, že frekvenčná závislosť sluchu je výraznejšia pri nízkych hladinách akustického tlaku a menej výrazná v oblasti vysokých hladín akustického tlaku. To znamená, že napríklad hladina tónu s frekvenciou 50 Hz musí byť o 15 dB vyššia než hladina subjektívne rovnako hlasitého tónu s frekvenciou 1000 Hz a hladinou akustického tlaku 70 dB. Preto bolo potrebné zostrojiť elektronické zvukomerné zariadenia, ktorých citlivosť závisí na frekvenciách podobne, ako závisí na frekvenciách ľudský sluch. Výsledkom vývoja v tejto oblasti sú v skutočnosti tri *váhové filtre* s označením "A", "B", "C", ktorých frekvenčné charakteristiky sú stanovené medzinárodne platnými normami a doporučeniami.

Váhový filter "A" je aproximáciou kriviek rovnakej hlasitosti pre oblasť nízkych hladín akustického tlaku, *váhový filter "B"* je obdobným priblížením v oblasti stredných hladín akustického tlaku a *váhový filter "C"* je analogicky aproximáciou v oblasti vysokých hladín akustického tlaku. V akustickej meracej praxi je najviac používaný *váhový filter "A"*, ktorý

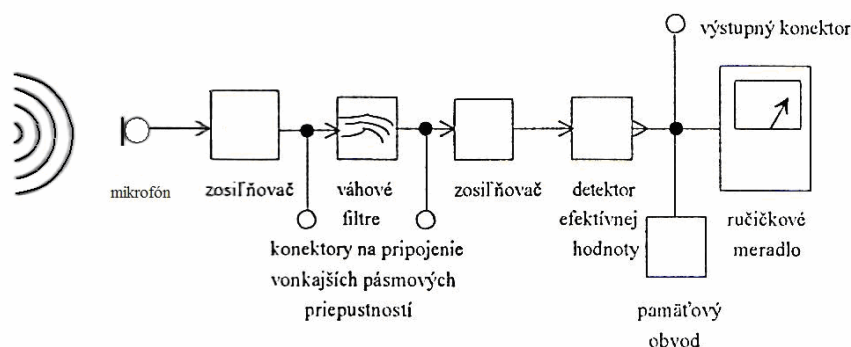
zaručuje podstatne lepšiu koreláciu výsledkov merania a subjektívnych testov ako váhové filtre "B" a "C". V súčasnosti existuje aj váhový filter "D" určený k meraniu a hodnoteniu leteckého hluku.

Jedným z dôvodov nie príliš dobrého súhlasu výsledkov meraní pri použití váhových filtrov "B" a "C" a subjektívnych hodnotení hlasitosti zvuku je to, že krivky rovnakej hlasitosti boli zostavené na základe experimentov s čistými tónmi, pokiaľ väčšina bežných zvukov má zložitý tvar vlny a značne sa líši od sínusového priebehu čistého tónu.

Aby bolo možné popísať zložitý akustický signál, je potrebné rozdeliť pásmo akustických frekvencií (16 Hz - 20 kHz) do radu užších pásiem, napríklad oktávových alebo tretinooktávových. Oktáva je frekvenčný interval s pomerom frekvencií krajných tónov 1:2. Potom napríklad *oktávová priepustnosť* so stredným kmitočtom 1000 Hz umožňuje meranie zložiek s frekvenciami od 707 Hz do 1410 Hz a súčasne účinne potláča všetky zložky s frekvenciami vyššími aj nižšími ako vyššie uvedené hraničné frekvencie.

Rozklad signálu na jednotlivé frekvenčné zložky alebo vymedzenie jeho zložiek v určitých úzkych pásmach sa nazýva *frekvenčná (kmitočtová) analýza*. Jej výsledky sa zobrazujú graficky v podobe spektrogramov alebo v tabuľkách. Niektoré zvukomerne zariadenia navyše obsahujú špeciálny elektrický obvod, ktorý umožňuje merať špičkové (maximálne) hodnoty akustických signálov bez ohľadu na ich trvanie.

Zvukomer je elektronické meracie zariadenie, reagujúce na zvuk podobne ako ľudský sluch a umožňujúce objektívne a reprodukovateľné meranie jeho hladín. Základnou súčasťou zvukomeru je mikrofón. Kvalitný a presný *mikrofón*, tvoriaci začiatok meracieho reťazca (obr.2), prevádza zvuk dopadajúci na membránu na ekvivalentný elektrický signál.



Obr.2 Zvukomer.

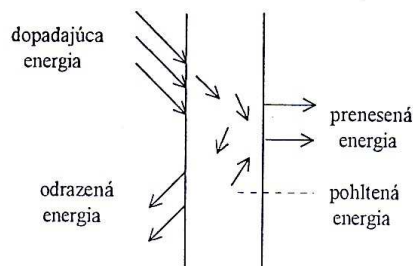
Elektrický signál na výstupe mikrofónu má spravidla malé amplitúdy, a preto musí byť náležite zosilnený, elektronickými *zosilňovačmi*. Za prvým zosilňovacím stupňom zvukomeru sú väčšinou zapojené váhové filtre (A, B, C alebo D), namiesto ktorých je možné používať aj vonkajšie oktávové alebo tretinooktávové priepustnosti. Po novom zosilnení ďalším zosilňovačom má signál už dostatočnú amplitúdu a môže byť spracovaný príslušným detektorom, k výstupu ktorého je pripojený merací prístroj. Najčastejšie používaným detektorom je *detektor efektívnej hodnoty* a meracím prístrojom ručičkové alebo digitálne meradlo s decibelovou stupnicou. Signál spracovaný zvukomerom je vyvedený na výstupný konektor, ku ktorému sa môžu pripojiť vonkajšie prístroje, napríklad merací magnetofón, hladinový zapisovač, či hlukový dozimeter a statický analyzátor.

Vyššie spomenutá efektívna hodnota je špeciálne matematicky definovaná stredná hodnota meraného akustického signálu. Jej špeciálny význam spočíva v tom, že je priamo meradlom energie skúmaného akustického signálu.

Zvukomer môže byť vybavený aj detektorom špičkovej (maximálnej) hodnoty, používaným pri meraní špičkových hodnôt impulzných zvukov, a pamäťovým obvodom umožňujúcim trvalú indikáciu maximálnej meranej hodnoty (či už špičkovej alebo efektívnej) v režime impulznej časovej konštanty.

Pri meraní zvuku je potrebné uvedomiť si niektoré fakty. Pri umiestnení akéhokoľvek objektu do cesty šírenia zvukovej vlny bude časť zvukovej energie odrazená, časť pohltaná a časť prenesená objektom (obr.3). Všeobecne platí, že objekt výrazne narušuje zvukové pole vtedy, ak sú jeho rozmery väčšie ako vlnová dĺžka zvuku, tvoriaceho toto pole. Napríklad zvuk s frekvenciou 10 kHz má vlnovú dĺžku len 3,4 cm, a preto i také malé predmety ako je mikrofón narušujú ním vytvárané zvukové pole.

Malá vlnová dĺžka je však výhodná z hľadiska zvukovej izolácie a tlmenia (pohlcovania) zvuku. Podstatne obtiažnejšia by bola izolácia zvuku s frekvenciou 100 Hz (dĺžka vlny až 3,4 m).



Obr.3 Vplyv prekážky na zvukovú energiu.