

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV METROLOGIE A ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF METROLOGY AND QUALITY ASSURANCE
TESTING

VÝPOČET EMISNÍ HODNOTY PŘI MĚŘENÍ AKUSTICKÉHO TLAKU A VÝKONU

CALCULATION OF EMISSION VALUE IN MEASUREMENT OF ACOUSTIC PRESSURE AND
CAPACITY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAL MÁLEK

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Petr KOŠKA, Ph.D.

BRNO 2008

ANOTACE

Michal Málek

Výpočet emisní hodnoty při měření akustického tlaku a výkonu

Diplomová práce, Ústav metrologie a zkušebnictví, VUT FSI v Brně

Pojmy v akustice. Popis metod měření hluku strojních zařízení. Vyjadřování nejistot měření. Analýza a stanovení základních emisních hodnot akustického tlaku a výkonu. Souhrn výsledků a programování výpočtu základních emisních hodnot akustického tlaku a výkonu pro přesné provedení měření.

ANNOTATION

Michal Málek

Calculation of emission value in measurement of acoustic pressure and capacity

Diploma dissertation, Ústav metrologie a zkušebnictví, VUT FSI v Brně

The conceptions in acoustics. The description of the methods measurement of the noise mechanical equipment. The express the uncertainty of measurement. The analyse and determination basic emission values of acoustic pressure and power. The summary of results and programming of the calculation basic emission values acoustic pressure and power for fine implementation measurement.

KLÍČOVÁ SLOVA

Měření hluku, akustický tlak a výkon, emisní hodnota, nejistota měření.

KEYWORDS

Measurement of the noise, acoustic pressure and power, emission value, measurement uncertainty

BIBLIOGRAFICKÉ CITACE

MÁLEK, M. *Výpočet emisní hodnoty při měření akustického tlaku a výkonu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 89 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Koška, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Místopřísežně prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování diplomové práce a že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně. Při vypracování diplomové práce jsem respektoval ustanovení předpisů pro diplomové práce a jsem si vědom toho, že v případě jejich nedodržení nebude moje diplomová práce vedoucím diplomové práce přijata.

V Brně dne

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Za účinnou podporu a obětavou pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce tímto děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Petru Koškovi, Ph.D a panu Ing. Jiřímu Adlerovi, který mě metodicky vedl při měření. A všem, u kterých jsem našel cennou pomoc a rady při řešení problematiky.

OBSAH

0	ÚVOD	9
1	ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE V AKUSTICE	11
1.1	Rozdělení akustiky	11
1.2	Akustické vlnění	11
1.3	Šíření akustických vln ve volném prostoru	14
1.3.1	Odraz a lom vln v prostoru	16
1.3.2	Ohyb vln v prostoru	20
1.3.3	Interference vln v prostoru	21
1.3.4	Rázy	22
1.3.5	Skládání periodických kmitů	22
1.3.6	Rozklad periodických kmitů	25
2	HLUK STROJŮ A ZAŘÍZENÍ	28
2.1	Hladina akustického výkonu	28
2.2	Emisní hladiny akustického tlaku	28
2.3	Technické požadavky na výrobky	29
3	NORMALIZOVANÉ METODY MĚŘENÍ	32
3.1	Normy pro měření hladiny akustického výkonu	32
3.1.1	Vlastnosti metod popsanych v normách pro měření hladiny akustického tlaku	32
3.2	Normy pro přímé měření emisních hladin	35
3.2.1	Použitelnost metod popsanych v normách pro přímé měření emisních hladin	35
4	PRINCIP MĚŘENÍ HLADIN AKUSTICKÉHO VÝKONU	38
4.1	Definice základních pojmů	38
4.2	Kritéria akustického prostředí	41
4.2.1	Odrazivé roviny a podmínky prostředí	41
4.2.2	Postup posuzování zkušebního prostředí a stanovení korekce prostředí	41
4.2.2.1	Měření celkové pohltivosti místnosti <i>A</i>	42
4.2.3	Stanovení korekce na hluk pozadí	44

4.3	Požadavky na měřicí přístroje	44
4.4	Montáž a provoz zkoušeného zdroje	44
4.4.1	Umístění zdroje	45
4.4.2	Montáž zdroje.....	45
4.4.3	Provoz zdroje během zkoušky.....	46
4.5	Měření hladin akustického tlaku.....	46
4.5.1	Volba měřicí plochy a charakteristické rozměry zdroje.....	47
4.5.2	Polokulová měřicí plocha.....	49
4.5.2.1	Vlastnosti polokulové plochy	49
4.5.2.2	Velikost polokulové měřicí plochy a základní polohy mikrofonů.....	49
4.5.3	Měřicí plocha ve tvaru rovnoběžnostěnu	52
4.5.3.1	Vlastnosti měřicí plochy ve tvaru rovnoběžnostěnu	52
4.5.3.2	Velikost měřicí plochy rovnoběžnostěnu a základní polohy mikrofonů	53
4.5.3.3	Doplňující polohy mikrofonů na měřicí ploše tvaru rovnoběžnostěnu	57
4.6	Postup měření	58
4.7	Výpočet průměrné hladiny akustického tlaku A na ploše.....	58
4.8	Výpočet hladiny akustického tlaku A na ploše	59
5	PRINCIP MĚŘENÍ EMISNÍCH HLADIN AKUSTICKÉHO TLAKU	60
5.1	Definice základních pojmů	60
5.2	Zkušební prostředí	62
5.5.1	Kritéria způsobilosti zkušebního prostředí.....	63
5.5.2	Kritérium pro hluk pozadí	63
5.2.3	Korekce na prostředí místa.....	63
5.3	Montáž a provoz zkoušeného zdroje	64
5.4	Polohy mikrofonů	64
5.4.1	Polohy mikrofonů pro sedící osobu	64
5.4.2	Polohy mikrofonů pro stojící osobu.....	65
5.4.3	Polohy mikrofonů pro obsluhu pohybující se po stanovené dráze.....	65
5.4.3	Polohy mikrofonů pro pomocníky a neobsluhované stroje.....	65

5.5	Měřené veličiny	65
5.6.1	Měřicí interval	66
5.6.2	Měřicí postup.....	67
5.7	Určované veličiny	67
6	NEJISTOTY VZNIKAJÍCÍ PŘI MĚŘENÍ	68
6.1	Nejistota měření při použití normy ČSN ISO 3746	68
6.2	Nejistota měření při použití normy ČSN EN ISO 11202	69
7	VLASTNÍ MĚŘENÍ	70
7.1	Popis zkoušeného výrobku a měřicího zařízení	70
7.3	Příprava měření.....	72
7.2	Postup měření	72
7.3	Výpočet parametrů.....	73
7.3.1	Výpočet impulzivnosti	73
7.3.2	Výpočet charakteristického rozměru zdroje.....	74
7.3.3	Výpočet plošného obsahu měřicí plochy	74
7.3.4	Výpočet zkušebních podmínek	75
7.3.5	Výpočet akustického prostředí	75
7.3.6	Výpočet určovaných veličin.....	78
8	ZÁVĚR.....	79
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	81
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	83
11	SEZNAM PŘÍLOH.....	86

0 ÚVOD

Chránit životní prostředí je jedním z nejdůležitějších úkolů konce dvacátého století. A hluk je vedle daleko hmatatelnějšího znečišťování ovzduší a vod jedním z nebezpečí životního prostředí. Pouze zdánlivě je hluk méně nebezpečný než znečišťování chemická, ale jeho nebezpečnost byla zdravotně prokázána i v případech, kdy se nejedná o zmenšení citlivosti sluchu nebo přímo hluchotu.

Hlučnost v životním prostředí roste s pokračující technizací našeho života v takové míře, že nejen překračuje v podstatném počtu případů hranici zdravotní únosnosti, ale v mnohých případech se stává nekontrolovatelnou v tom smyslu, že se vymyká techniko-ekonomickým možnostem udržet rostoucí hlučnost prostředí pod přijatelnou - i když zdravotní únosnost překračující - hranici [1].

Základní informace o Strojírenském zkušebním ústavu, s. p.

Strojírenský zkušební ústav, s.p. je jednou z největších zkušebních a certifikačních organizací v České republice. Je akreditován Českým institutem pro akreditaci jako:

- akreditovaná zkušební laboratoř,
- akreditovaný certifikační orgán pro certifikaci výrobků,
- akreditovaný certifikační orgán pro certifikaci systémů jakosti,
- akreditovaný inspekční orgán,
- akreditovaný certifikační orgán pro certifikaci personálu,
- akreditovaná kalibrační laboratoř.

Vedle své základní činnosti, již je zkoušení a certifikace strojírenských výrobků v rámci systému posuzování shody, věnuje ústav dlouhodobou systematickou pozornost poskytování všestranné odborné pomoci českým výrobcům, a to zejména podporou exportu českých výrobků. Působí v následujících oblastech výrobků:

- tepelná technika,
- plynová zařízení,
- tlaková zařízení,
- elektrotechnická zařízení,
- stroje a jiné.

V rámci činností technické inspekce provádí v daném rozsahu odborné technické služby v procesu posuzování shody, jako třetí nezávislá strana, jak u nových, tak u provozovaných zařízení. Díky svým technickým možnostem, široké škále akreditace, autorizace, notifikace a mezinárodním kontaktům ústav naplňuje svůj cíl, jímž je pomoc při překonávání technických překážek obchodu a poskytování dalších kvalitních a komplexních služeb [2].



SZÚ v Brně

1 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE V AKUSTICE

Akustika je obor zabývající se fyzikálními ději, které jsou spojeny se vznikem zvukového vlnění, jeho šířením a vnímáním zvuku sluchem.

Z uvedeného je patrné, že akustika zasahuje prakticky do všech oblastí lidské činnosti. Při vzájemné komunikaci je nezbytné používat správné terminologie, která je definována v platných normách a předpisech.

1.1 Rozdělení akustiky

Akustiku lze rozdělit na řadu poddisciplín, například:

- hudební akustika, která zkoumá fyzikální základy hudby, hudebních nástrojů a prostorů,
- stavební akustika, která se zabývá zvukovými jevy a souvislostmi v uzavřeném prostoru, budovách a stavbách,
- fyziologická akustika, která zahrnuje vznik zvuku v hlasovém orgánu člověka a jeho vnímání v uchu,
- prostorová akustika, která se zabývá šířením zvuku v obecném prostoru z hlediska jakosti poslechu zvuku.

1.2 Akustické vlnění

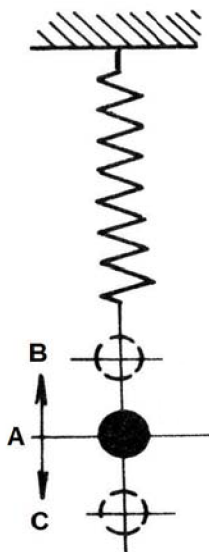
Definice zvuku

Zvuk můžeme obecně definovat jako mechanické vlnění, které je charakterizováno parametry pohybu částic pružného prostředí nebo u vlnového pohybu parametry zvukového pole. Akustika se zabývá mechanickými kmity v širokém frekvenčním pásmu. Toto frekvenční pásmo lze rozdělit na 3 části:

- a) slyšitelné zvuky, které vnímáme uchem, a leží přibližně v hranicích 16 Hz až 20000 Hz. Tyto meze slyšitelného zvuku jsou silně individuální a jen málokdo je schopen vnímat celé frekvenční pásmo. Především horní hranice je závislá na individuálních dispozicích a věku posluchače,
- b) infrazvuky, které již uchem nejsme schopni vnímat, ale které můžeme spolehlivě zjistit různými objektivními metodami. Jejich frekvence leží pod hranicí 16 Hz,
- c) ultrazvuky, jejichž frekvence leží nad hranicí 20000 Hz.

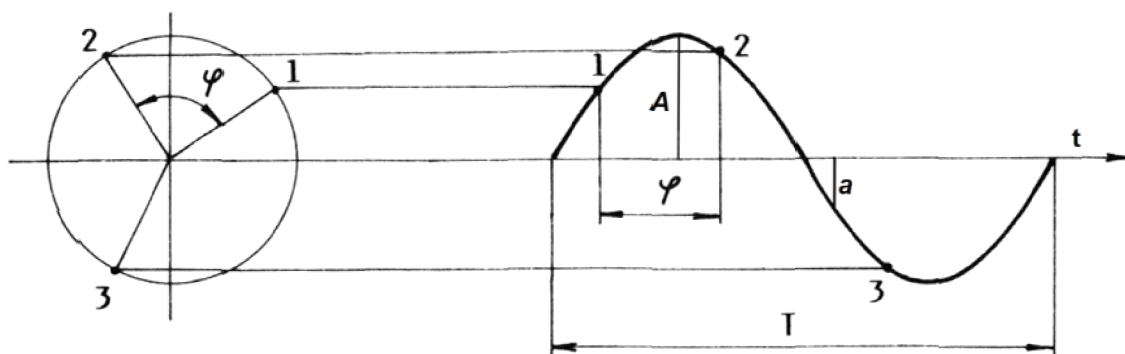
Lineární kmity a lineární oscilátor

Zvuk vzniká kmitáním bodů a bodových soustav. Kmitavý pohyb je fyzikální děj, u něhož se v závislosti na čase periodicky mění charakteristické veličiny. V nejjednodušším případě se kmitající bod pohybuje po přímce, a mluvíme o tzv. lineárních kmitcích a lineárním oscilátoru. Příkladem lineárního oscilátoru je těleso zavěšené na spirálovité pružině podle obrázku 2.



Obrázek 2. Lineární oscilátor

Je-li těleso zpočátku v klidu, zaujímá rovnovážnou polohu A. Je to poloha, kdy síly působící na těleso jsou v rovnováze. Vychýlíme-li těleso svisle vzhůru do polohy B a uvolníme, začne konat lineární kmity po úsečce, omezené krajními polohami B a C. Jelikož v těchto polohách se mění směr rychlosti, lze je též nazývat body obratu. Na obrázku 3 je časové rozvinutí kmitavého pohybu pro případ, kdy uvolnění tělesa nastalo v čase $t = 0$ s,



Obrázek 3. Časové rozvinutí kmitavého pohybu

kde A je maximální výchylka, o kterou se soustava vychýlí od rovnovážné polohy,
 a je vzdálenost soustavy od rovnovážné polohy ve sledovaném čase t ,
 T čas, za který soustava provedla jeden kmit (perioda),
 φ je fázový úhel.

Frekvence f udává počet kmitů za sekundu, které vykoná kmitající hmotný bod. Mezi dobou kmitu T a frekvencí f platí vztah:

$$f = 1/T, \quad (1)$$

kde f je frekvence,
 T je doba kmitu.

Podobně je možné přepočítat úhlovou rychlost ω na frekvenci v Hz podle vzorce:

$$\omega = 2\pi f. \quad (2)$$

Pomocí těchto veličin lze harmonický pohyb popsat vztahem:

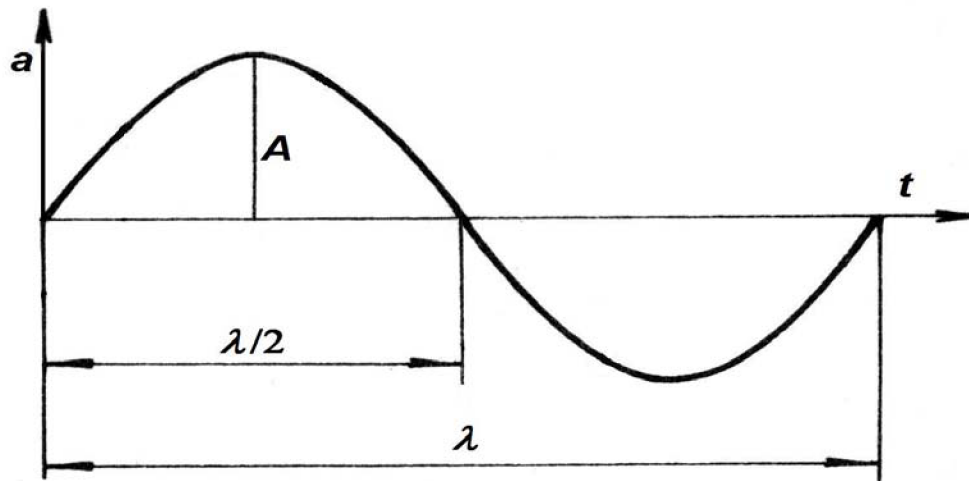
$$a = A \cdot \sin(\omega t). \quad (3)$$

V případě že dosadíme výraz pro frekvenci ze vztahu (1) do výrazu pro úhlovou rychlost ze vztahu (2), můžeme rovnici (3) upravit do tvaru:

$$a = A \cdot \sin(2\pi t/T). \quad (4)$$

Kmitavý pohyb je zdrojem vzruchu, který se v prostoru za určitých podmínek šíří formou postupného podélného vlnění – zvukové vlny. U harmonického pohybu vznikne harmonická vlna, jejíž charakteristické parametry jsou zakresleny na obrázku 4. Kromě amplitudy A , je zvuková vlna charakterizována veličinou λ , která se nazývá vlnová délka. Je to vzdálenost mezi nejbližšími dvěma body bodové řady, popřípadě dvou nejbližších bodů kmitajících se stejnou fází, u nichž je v daném časovém okamžiku stejný akustický tlak.

Jinak lze říci, že je to vzdálenost, kterou vlna urazí za dobu jednoho kmitu T . Vlnová délka je důležitým akustickým parametrem, který umožňuje modelování v akustice.



Obrázek 4. Zvuková vlna

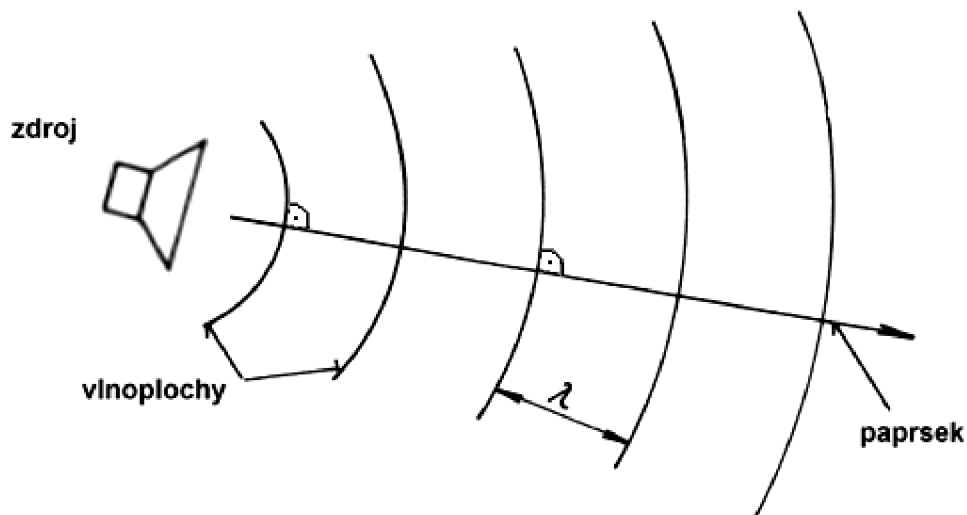
Kde λ je délka vlny,
 A je maximální výchylka nebo též amplituda.

Vlivem vzruchu, který je generován zdrojem zvuku, se částice vzduchu v některých místech prostoru navzájem přibližují či vzdalují, čímž vzniká jejich zředění nebo zhuštění. Tyto změny se od zdroje šíří rychlostí zvuku $c \doteq 340$ m/s.

1.3 Šíření akustických vln ve volném prostoru

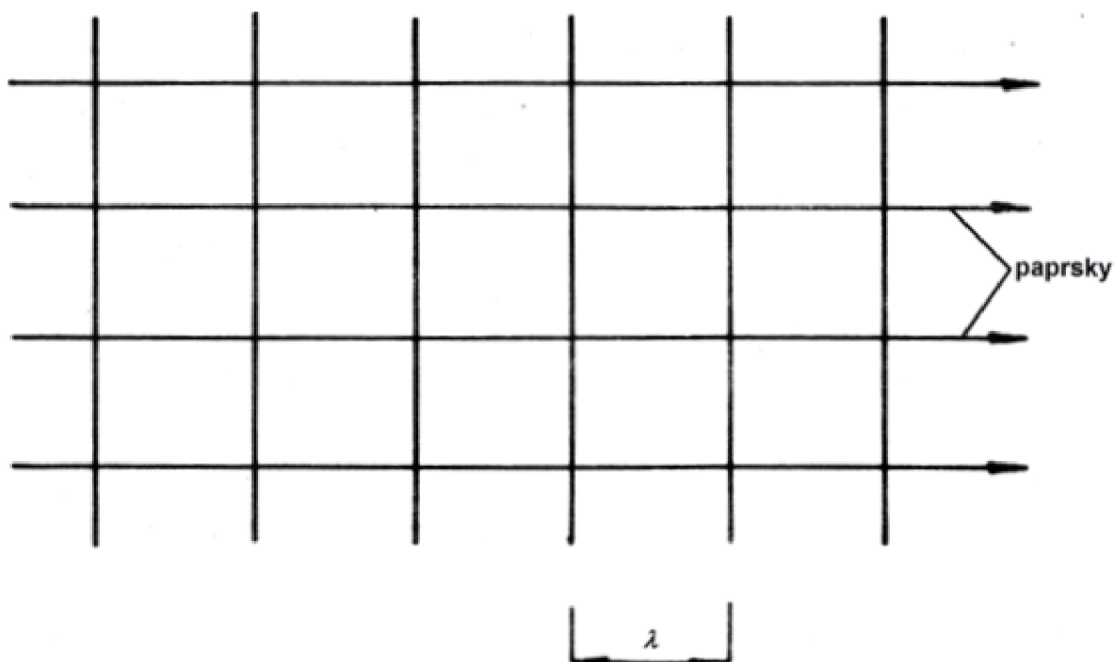
Úvod

Vzbudíme-li v některém místě plynného, kapalného nebo pevného prostředí výchylku, šíří se odtud vlnění všemi směry. Takové vlnění nazýváme prostorové. V dalších úvahách budeme předpokládat, že prostředí, ve kterém se vlnění šíří, je homogenní a izotropní. To znamená, že rychlost šíření vlnění je ve všech směrech a místech stejná. Představme si zdroj zvuku dostatečně malý neboli též bodový, tj. zdroj, jehož rozměry jsou zanedbatelné vůči rozměrům prostředí. Z takového zdroje se vlnění šíří v kulových vlnoplochách. Tyto vlnoplochy jsou zobrazeny na obrázku 5.



Obrázek 5. Vlnoplochy

Kolmice k vlnoploše se nazývá paprsek a určuje směr šíření vlnění v daném místě. Tyto paprsky jsou v každém místě na vlnoplochu kolmé. V homogenním prostředí tvoří paprsky přímky, které vycházejí ze zdroje. Vzdálíme-li se do dostatečně velké vzdálenosti od tohoto zdroje, je křivost vlnoploch nepatrná, takže malou část takové vlnoplochy můžeme považovat za rovinnou. Obrázek 5 nám ukazuje rovinnou vlnoplochu. Vlnění, které se tak šíří, nazýváme rovinným.

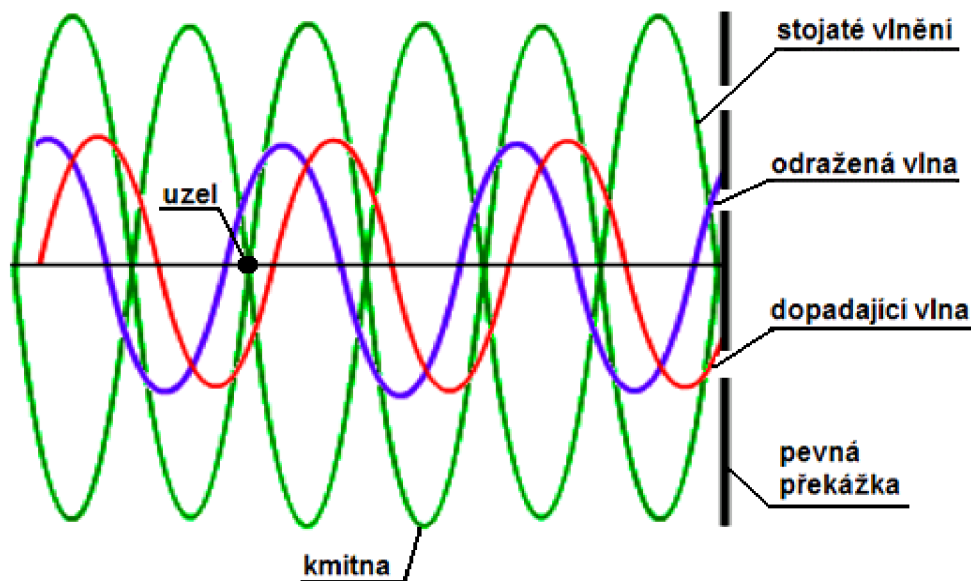


Obrázek 5. Rovinná vlnoplocha

Šíření zvukových vln v prostoru popisuje celá řada fyzikálních principů. Vlny se v prostoru odrážejí, lámou i ohýbají, sčítají se s jinými vlnami, atd.

1.3.1 Odraz a lom vln v prostoru

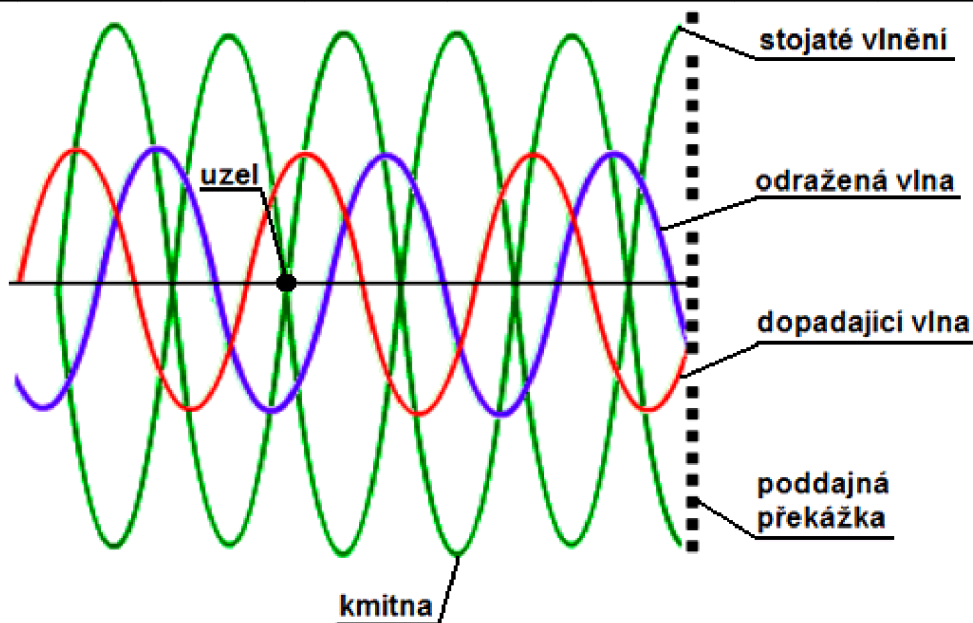
Dopadá-li zvuková vlna na překážku, dojde k jejímu odrazu. Průběh takto odražené vlny závisí na vlastnostech překážky, na kterou tato vlna narazí. Na obrázku 6 je znázorněna vlna, která narazí na pevnou překážku.



Obrázek 6. Odraz zvukové vlny od pevné překážky

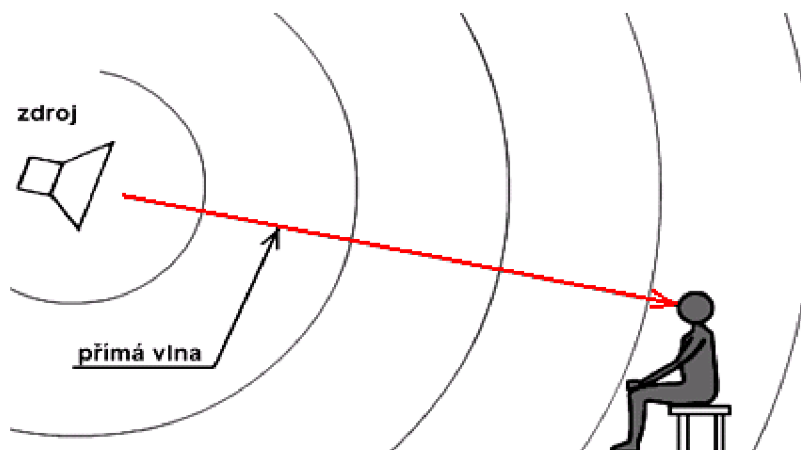
U pevné překážky se vlna odrazí s opačnou fází. Z obrázku je patrné, že sinusoida odražené vlny vychází z bodu, který je stejně vzdálen od nulové osy jako bod dopadu dopadající vlny, ale s opačným znaménkem. Odražená vlna postupuje proti dopadající vlně a dochází ke skládání těchto vln. Skládání vln též nazýváme interferencí. Výsledkem takové interference je tzv. stojaté vlnění, u něhož jsou některé body v klidu. Tyto body nazýváme uzly, a jiné v maximálním pohybu, které nazýváme kmitny, proto tento jev někdy označujeme jako chvění.

K odrazu zvukové vlny dojde i v případě, že je překážka poddajná. Tento jev znázorněn na obrázku 7. V tomto případě se vlna odrazí se stejnou fází. Její součet s dopadající vlnou a vznik stojatého vlnění, též nazývaného chvění, je obdobný jako u pevné překážky.



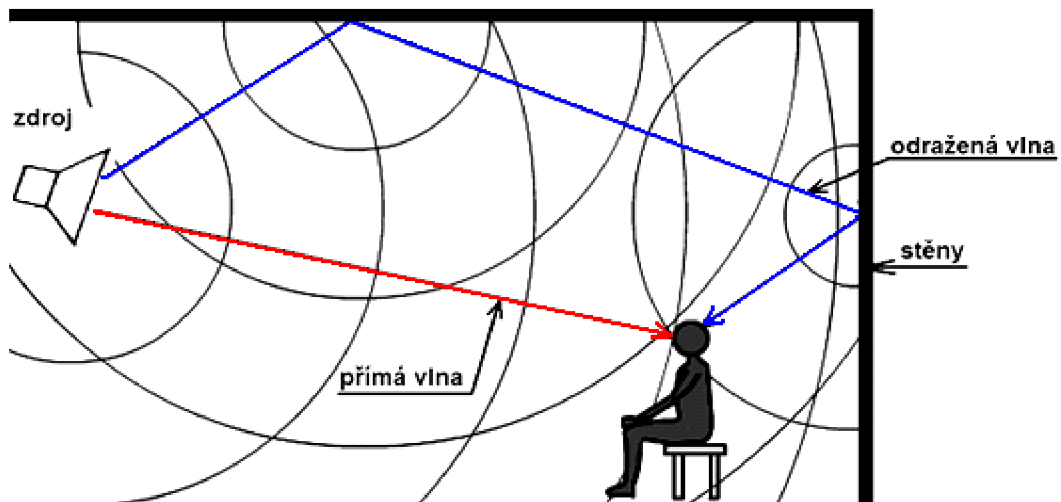
Obrázek 7. Odraz zvukové vlny od poddajné překážky

V reálném prostředí se zvuk vždy šíří od zdroje k posluchači konečnou rychlostí. Ve volném i uzavřeném prostoru je dominantní přímá vlna. Přímá vlna je taková, která postupuje po přímce mezi místem, kde vzniká zvuk a kde dochází k příjmu tohoto zvuku posluchačem či mikrofonom. Tato přímá vlna je zobrazena na obrázku 8.



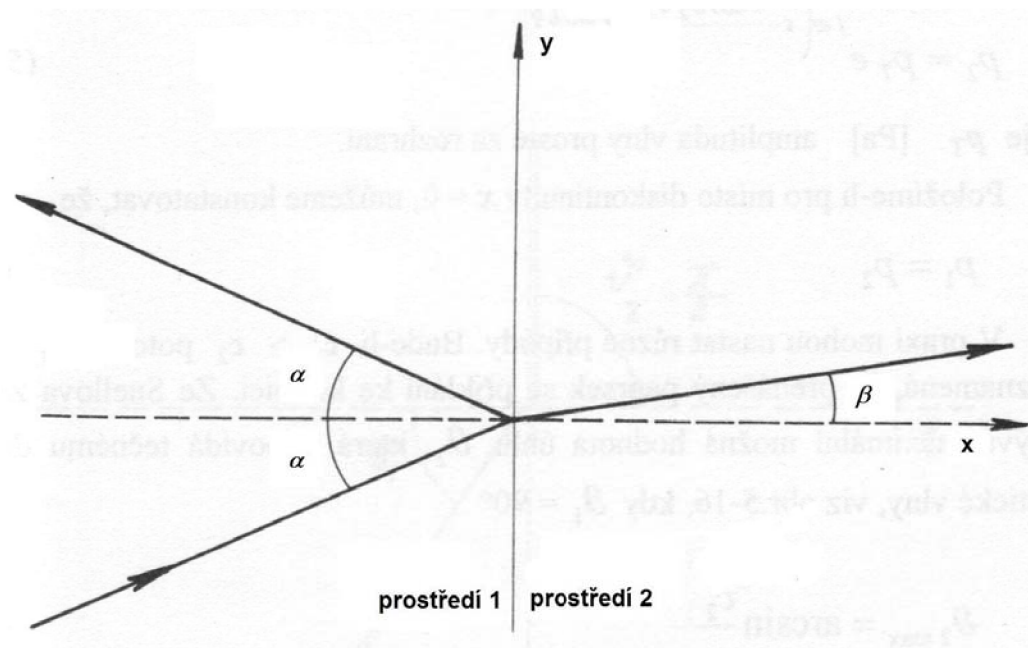
Obrázek 8. Přímá vlna

V případě, že se děj odehrává v uzavřeném prostoru jako na obrázku 9, přistupují k přímé vlně ještě vlny, které se odrážejí od stěn, které tento prostor ohraničují.



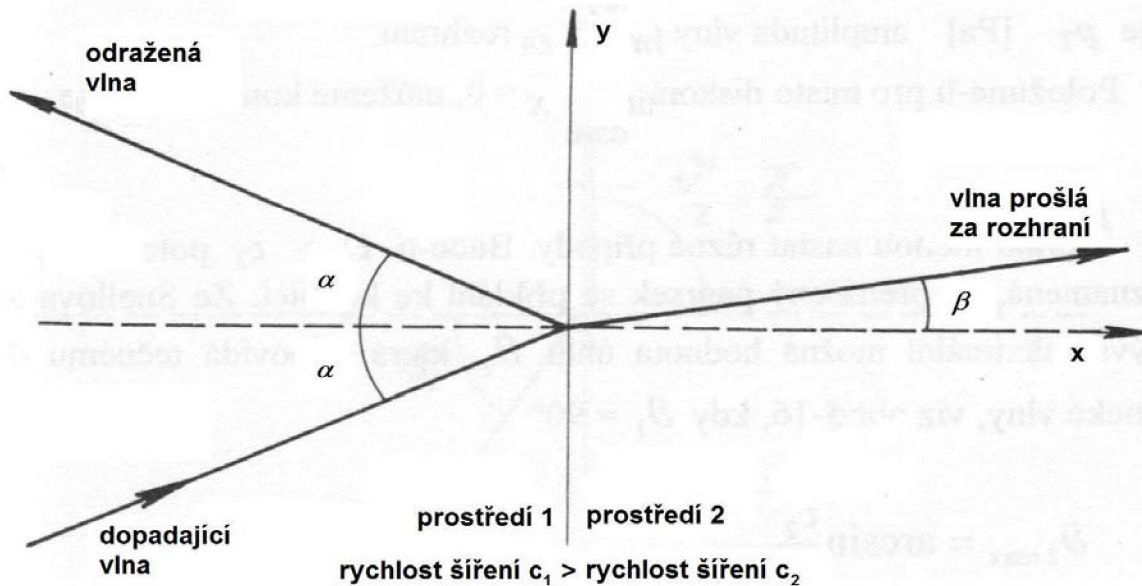
Obrázek 9. Přímá a odražená vlna

Odražená vlna se k posluchači nešíří přímo od zdroje, ale odrazy od stěn či jiných předmětů v místnosti. Díky tomu je její cesta delší a do místa poslechu dorazí se zpožděním. V místě poslechu se přímá vlna sčítá s odraženými vlnami a mění tak charakter přijímaného zvuku, v prostoru tak vytváří obecné zvukové pole. Budeme-li mít dvě různá prostředí, jako na obrázku 10, která jsou charakterizována různými hustotami a rychlostmi šíření zvuku. Potom dopadající a odražená vlna budou od kolmice k ploše rozhraní svírat stejný úhel α . Paprsek procházející místem rozhraní bude od kolmice odkloněn o úhel β .



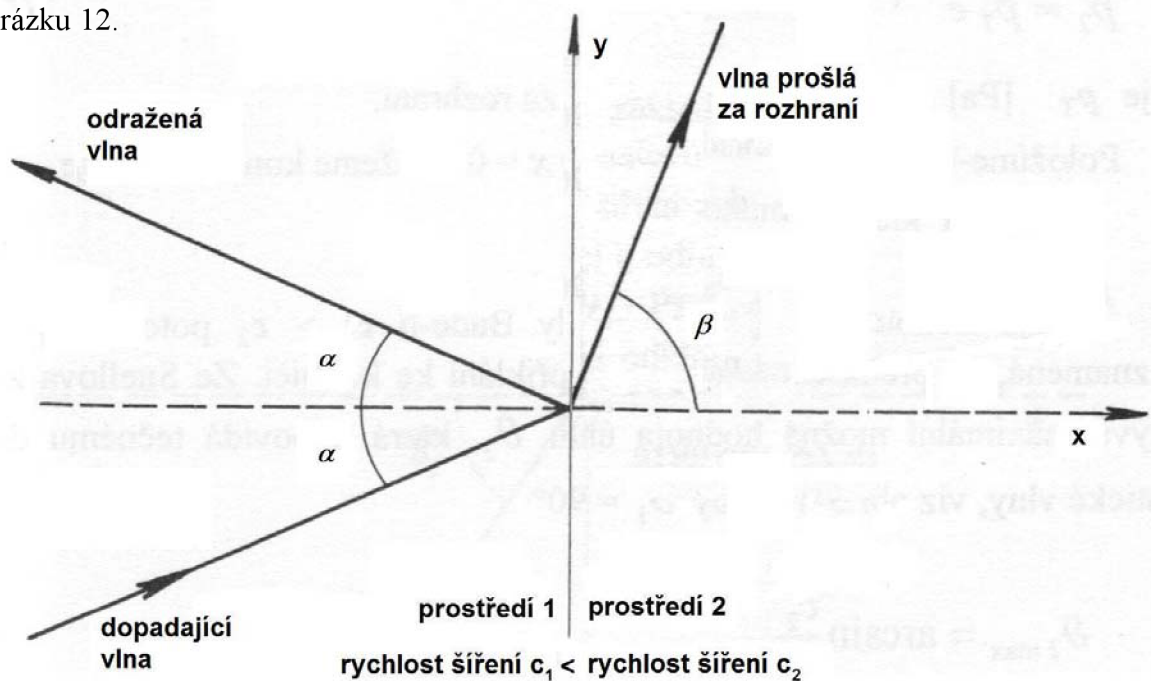
Obrázek 10. Odraz a lom akustické vlny na rozhraní dvou různých prostředí

V praxi mohou nastat různé případy. Bude-li v prostředí 1, rychlost šíření c_1 větší než rychlost šíření c_2 v prostředí 2, potom úhel α bude větší než úhel β , což znamená, že se přenášený paprsek přiklání ke kolmici, jak je uvedeno na obrázku 11.



Obrázek 11. Odraz a lom akustické vlny na rozhraní pro $c_1 > c_2$

Jestliže se rychlost šíření zvuku na rozhraní prostředí zvyšuje, tzn. rychlost šíření c_1 je menší než rychlost šíření c_2 , tak se paprsek láme směrem od normály, jak je uvedeno na obrázku 12.

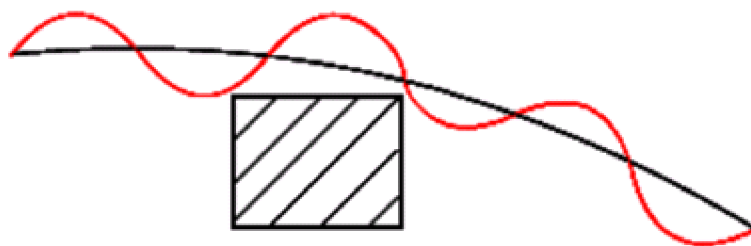


Obrázek 11. Odraz a lom akustické vlny na rozhraní pro $c_1 < c_2$

Odraz vln od stěn a dalších předmětů v poslechovém prostoru má zásadní vliv na jeho akustické vlastnosti, především na zvukovost a dozvuk. Intenzita zvuku v místě poslechu se zvyšuje díky vlnám, které by jinak směřovaly mimo posluchače. Časový posun odražených vln pak vytváří efekt dozvuku (ozvěny, echa), který zaplňuje prostor zvukem a silně ovlivňuje subjektivní vnímání zvuku. Zvuk se mnohonásobně odráží uvnitř prostoru a k posluchači dospěje s různým zpožděním, daným postupně se prodlužující dráhou, kterou vlny urazí. Vlastnosti odrazu (četnost, tlumení) jsou navíc frekvenčně i místně závislé. Ne vždy však má dozvuk žádoucí vlastnosti - odražené vlny mohou díky vzájemné interferenci způsobit v poslechovém prostoru místní zkreslení zvuku (např. potlačení některých frekvencí - nejčastěji zánikem nízkých tónů, vznikem stojatých vln, "rozmazáním" zvuku jeho distribucí v čase - obvykle se projeví nesrozumitelností řeči), pak je nutné na základě měření přistoupit ke komplexním stavebním úpravám (doplněním odrazivých ploch - akustických zrcadel nebo naopak doplněním absorpčních - akusticky pohltivých ploch lze akustiku prostoru zcela změnit a přizpůsobit poslechu určitých zdrojů zvuku - třeba konkrétních hudebních nástrojů). Tyto úpravy nejsou triviální záležitostí, je si nutné uvědomit, že všechny veličiny jsou závislé jak na frekvenci, tak na umístění zdroje zvuku a posluchače a závisí i na dalších proměnných - obsazenosti sálu, teplotě apod. [3].

1.3.2 Ohyb vln v prostoru

Ze zkušeností víme, že za dostatečně rozměrné překážky se vlnění nešíří, tj. vzniká tam stín. Budeme-li zmenšovat rozměry překážky, stín se pomalu ztrácí, až při dostatečně malých rozměrech překážky (pro slyšitelné frekvence to jsou centimetry až jednotky metrů), přestane stín úplně vznikat. Protože vlnění se za překážku nemůže šířit přímočaře, říkáme tomuto jevu ohyb vlnění, které je znázorněno na obrázku 12. Vlastnosti ohybu jsou velice frekvenčně závislé.

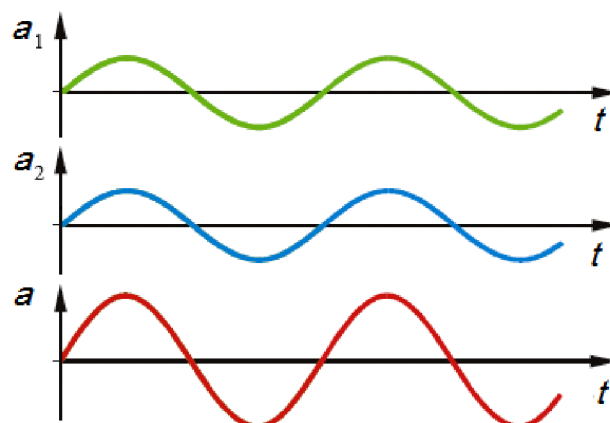


Obrázek 12. Ohyb vlnění

Z Huygensova-Fresnelova principu lze odvodit, že stín nevzniká za překážkou, která je menší než vlnová délka vlnění. Naopak jsou-li rozměry překážky podstatně větší než vlnová délka, vznikne zřetelný stín a vliv ohybu se zde projeví jen neurčitým ohraničením stínu.

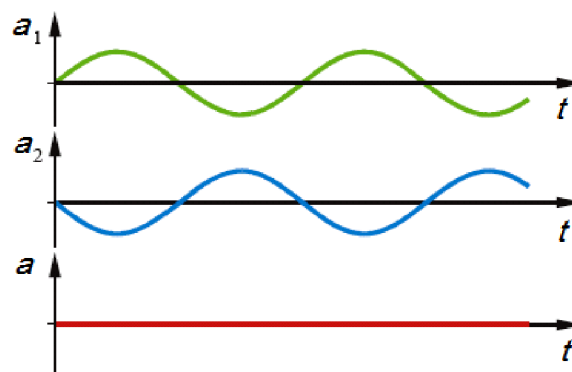
1.3.3 Interference vln v prostoru

Předpokládejme, že na téže napnuté struně postupují v souhlasném směru dvě sinusové vlny, které mají stejnou vlnovou délku a amplitudu. Tvar výsledné vlny závisí na tom, do jaké míry jsou tyto dvě vlny ve fázi. Jinak řečeno, citlivým parametrem je vzájemný posuv křivek, které představují jednotlivé výchozí vlny. Pokud na struně postupují dvě harmonické identické vlny souhlasným směrem, jejich interferencí vznikne jedna výsledná vlna. Jsou-li výchozí vlny ve fázi, je jejich interference úplně konstruktivní. Výsledná vlna má v porovnání s výchozími vlnami dvojnásobnou amplitudu. Tato úplně konstruktivní interference je na obrázku 13.



Obrázek 13. Úplná konstruktivní interference

Jsou-li výchozí vlny v protifázi, je jejich interference úplně destruktivní. Při této interferenci přestane struna kmitat. Tato destruktivní interference je na obrázku 14.

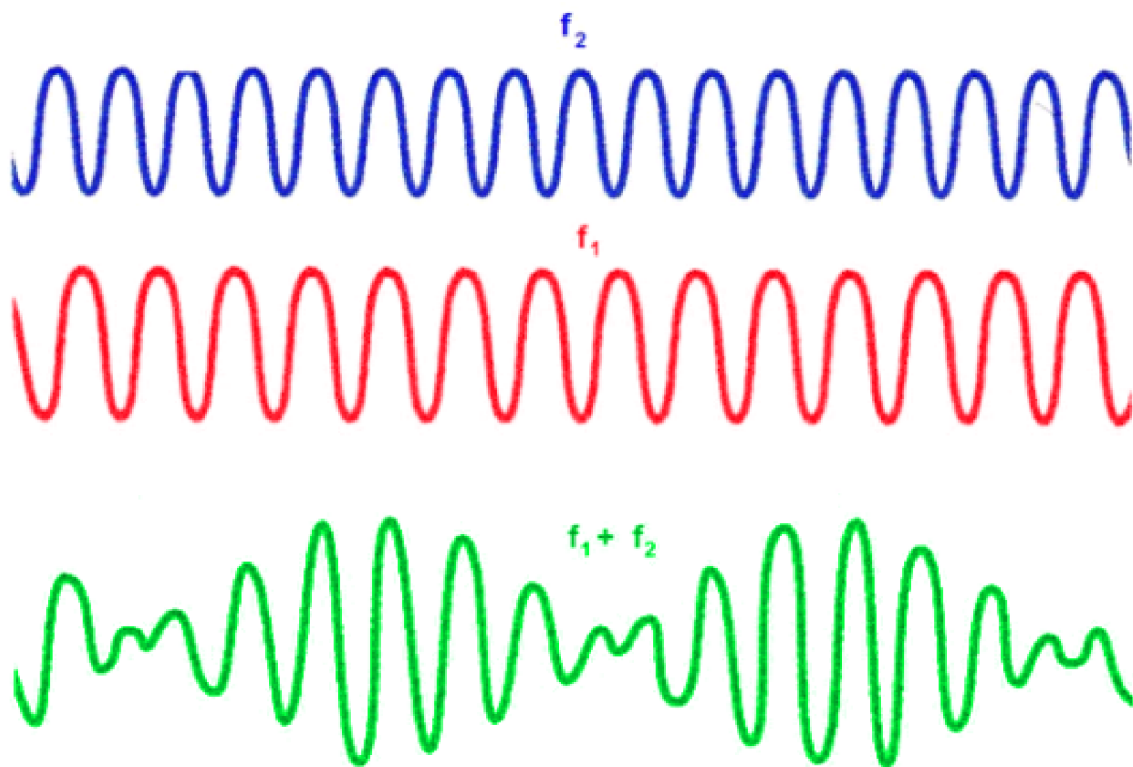


Obrázek 14. Úplná destruktivní interference

Praktický význam má zejména interference zvukových vln v uzavřených místnostech, kde s původní přímou vlnou interferuje vlnění odražené od stěn místnosti. To má za následek vznik částečného stojatého vlnění. Tím vznikají v místnosti oblasti, kde je zvuk slyšet silněji, a jiné kde je zvuk slyšet slaběji, tento jev nazýváme rázy nebo též zázněje.

1.3.4 Rázy

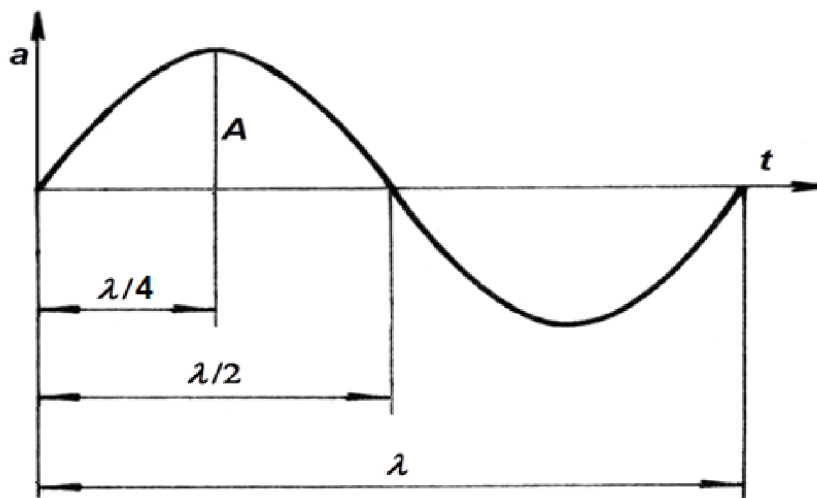
Posloucháme-li po sobě dva tóny, jejichž frekvence je například 500 Hz a 510 Hz, většina lidí je od sebe nedokáže odlišit. Když ale oba tóny dorazí do našeho ucha, uslyšíme tón, jehož frekvence je aritmetickým průměrem původních tónů a je tedy 505 Hz. Navíc zaznameneáme střídavé změny v intenzitě zvuku. Ta roste a opět klesá v poměrně malých rázech, které se opakují s frekvencí 10 Hz, což je rozdíl původních frekvencí tónů. Tento jev je na obrázku 15 a nazýváme jej rázy nebo také zázněje.



Obrázek 15. Zázněje

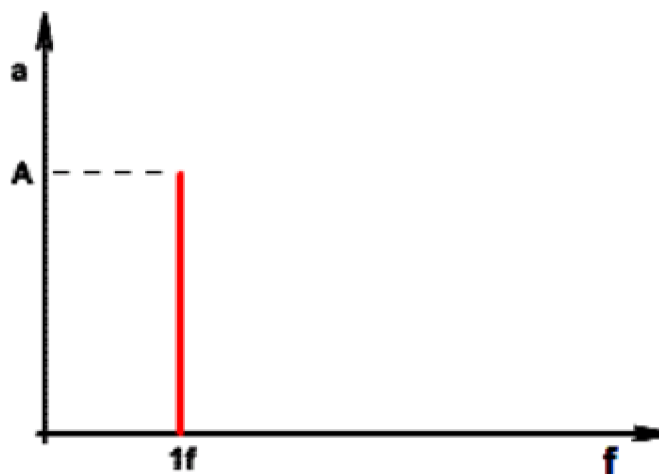
1.3.5 Skládání periodických kmitů

Základním stavebním kamenem akustiky jsou nejjednodušší zvuky s harmonickými průběhy. V grafu na obrázku 16 je zobrazen harmonický (sinusový) průběh veličiny.



Obrázek 16. Harmonický průběh veličiny

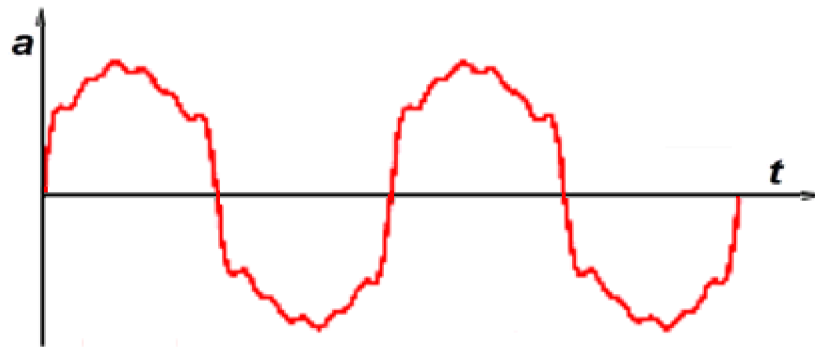
Tento harmonický průběh veličiny lze vyznačit do grafu na obrázku 17, kde na vodorovné ose bude frekvence, a na svislé ose dostaneme jednu čáru, která odpovídá maximální velikosti amplitudy A v bodě $1f$. Bod $1f$ je takový, který odpovídá frekvenci této sinusové vlny.



Obrázek 17. Frekvenční spektrum

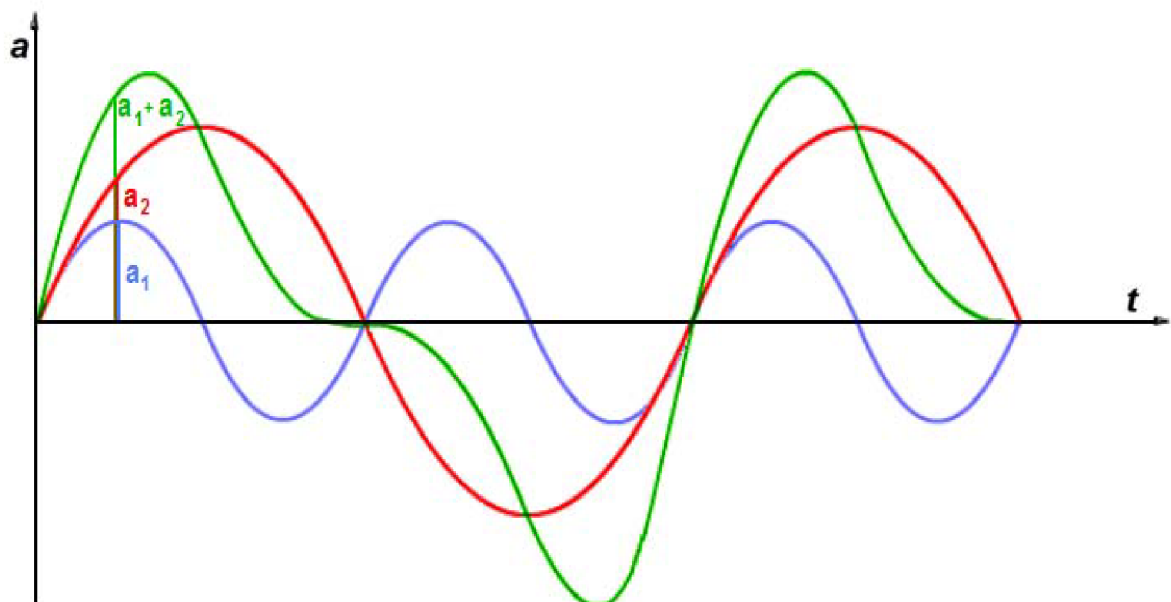
Čistě harmonický průběh se však vyskytuje jen u nejjednodušších zvuků a v akustice se s nimi setkáme jen velmi výjimečně. Zvukový signál většiny zdrojů je oproti základní sinusoidě více či méně deformovaný, jak je znázorněno na obrázku 18. Přesto lze v každém, takto deformovaném periodickém signálu určit základní frekvenci a pomocí frekvenční

analýzy určit všechny harmonické složky. Každá harmonická složka má svou frekvenci, které v součtu se základní frekvencí vytvářejí deformovanou křivku. Výsledkem analýzy je frekvenční spektrum, z něhož lze pomocí frekvenční syntézy složit původní signál.



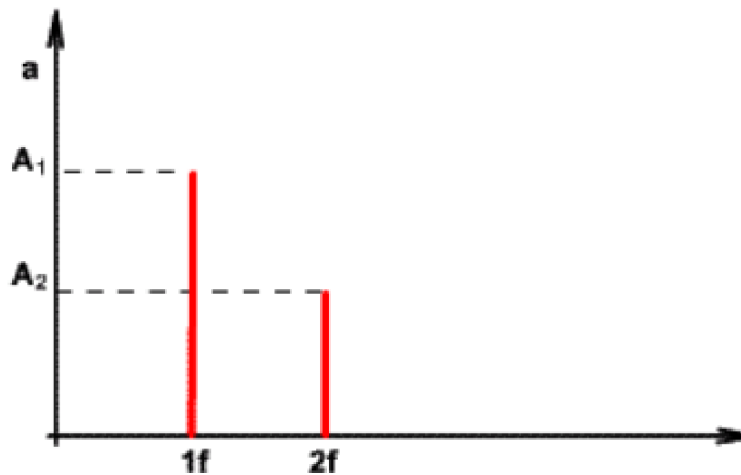
Obrázek 18. Deformovaný zvukový signál

Následující obrázek 19 nám vysvětluje problematiku skládání harmonického průběhu vlny, někdy též nazývanou jako syntéza. Obrázek ukazuje deformaci dvou složených harmonických vln, které mají stejný fázový posun, ale dvojnásobnou frekvenci. Při skládání vln se v každém okamžiku sečítají okamžité hodnoty obou harmonických vln a výsledkem je součtová vlna, která nemá harmonický průběh.



Obrázek 19. Skládání vln

Překreslíme-li tento průběh do frekvenčního grafu, který je znázorněn na obrázku 20, získáme dvě čáry. Jedna čára je pro frekvenci $1f$ a druhá pro $2f$, kterým opět odpovídají maximální amplitudy jednotlivých harmonických vln.



Obrázek 20. Frekvenční spektrum dvou vln

1.3.6 Rozklad periodických kmitů

Podle Furiera lze každou periodickou funkci splňující podmínky, které stanovil a popsal Dirichlet, rozvinout do nekonečné tzv. Fourierovy řady, která je dána rovnicí:

$$a(t) = A_{m1} \sin(\omega t) + A_{m2} \sin(2\omega t) + A_{m3} \sin(3\omega t) + \dots \quad (5)$$

neboli

$$a(t) = \sum_{k=1}^n A_{mk} \sin(k\omega t), \quad (6)$$

kde A_{mk} jsou amplitudy jednotlivých vln,

ω je úhlová rychlost.

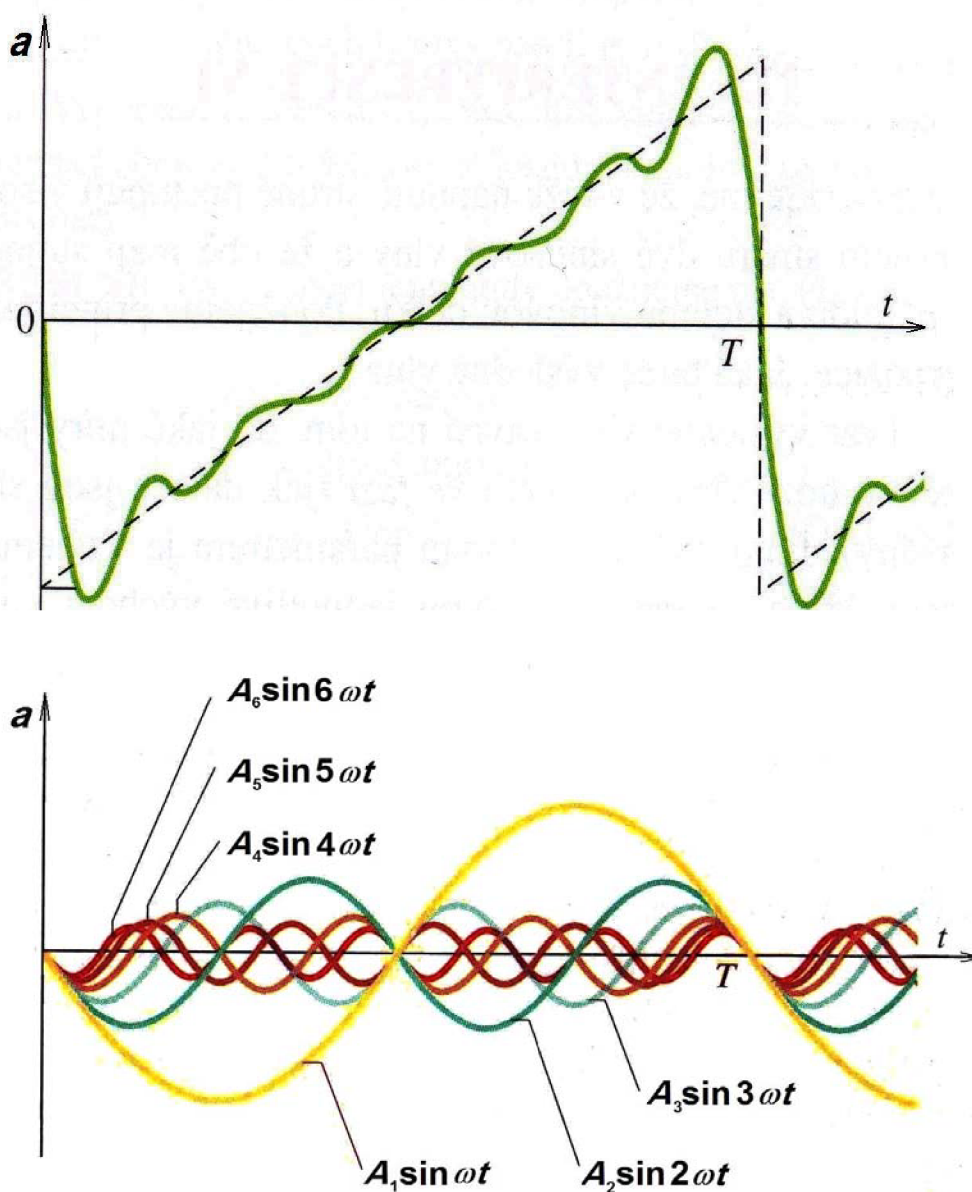
Aplikujeme-li tyto poznatky na jakýkoliv periodický kmitavý děj, můžeme si jej představit jako děj složený z harmonických kmitů, jejichž amplitudy jsou A_{mk} a úhlové frekvence $k\omega$.

Těmto kmitům říkáme harmonické složky. Složka, pro niž je $k = 1$, se nazývá základní, a její frekvence f_1 je základní frekvencí. Základní frekvenci vypočteme dle vzorce:

$$f_1 = 1/T_1, \quad (7)$$

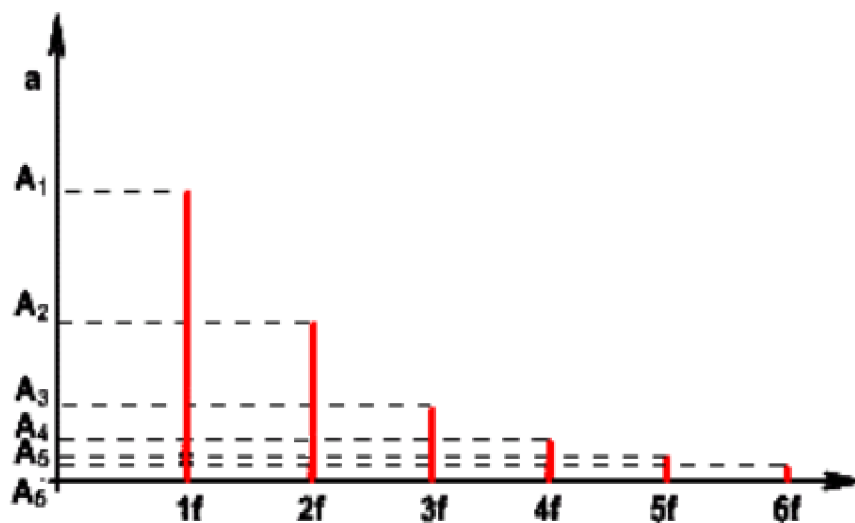
kde T_1 je perioda základní harmonické složky.

Rozložit dané kmitání na harmonické složky je úkolem tzv. harmonické analýzy. Ukázka rozložení signálu profilu pily je na obrázku 21.



Obrázek 21. Harmonická analýza profilu pily

Frekvenční spektrum tohoto signálu je na obrázku 22.



Obrázek 22. Harmonická analýza profilu pily

2 HLUK STROJŮ A ZAŘÍZENÍ

Úvod

Snižování hluku strojů a zařízení vyžaduje efektivní výměnu akustických údajů mezi zainteresovanými stranami. Jedná se o výrobce, montážní podniky a koncové uživatele strojů a zařízení. Výsledky akustických měření jsou použitelné jen tehdy, jsou-li získány za stanovených podmínek měření, a jsou-li vyjádřeny definovanými akustickými veličinami a získány přístroji, které splňují požadavky norem.

Pro popis vyzařování hluku strojů a zařízení se obvykle používají dvě veličiny, které se vzájemně doplňují. Jsou to veličiny:

- hladina akustického výkonu,
- emisní hladiny akustického tlaku ve stanovených místech [1].

2.1 Hladina akustického výkonu

Je veličina vyzařovaného hluku, která je nezávislá na okolních podmínkách. Dále charakterizuje akustické vlastnosti zkoušeného stroje a je užitečná a někdy nezbytná pro:

- výpočet přibližné hladiny akustického tlaku v dané vzdálenosti od stroje pracujícího ve stanoveném prostředí,
- porovnání hluku vyzařovaného stroji stejného druhu a velikosti,
- porovnání hluku vyzařovaného stroji různých druhů a velikostí,
- určení zda stroj splňuje povolený limit pro vyzařování hluku,
- plánování pro určení velikosti přenosového útlumu nebo protihlukových opatření,
- stavbu strojů jako součást vývoje tichých strojů a zařízení.

Vzhledem k uvedenému významu hladin akustického výkonu je jejich určování věnována celá řada mezinárodně normalizovaných postupů. Hodnoty hladin akustického výkonu určené podle kterékoli ze základních mezinárodních norem jsou naprosto nezávislé na prostředí, ve kterém jsou získány [1].

2.2 Emisní hladiny akustického tlaku

Jsou hladiny akustického tlaku v jedné nebo více polohách situovaných okolo stroje a nad stojem nebo zařízením. Jsou způsobovány pouze hlukem vyzařovaným strojem nebo zařízením pečlivě namontovaným v definovaném akustickém prostředí a vykonávající stanovenou činnost za daných provozních podmínek.

Emisní hladiny akustického tlaku se určují pro pracoviště, která jsou obvykle specifikována ve zkušebním předpisu, míní se tím jedno nebo více míst obsluhy stroje a ostatní místa, na kterých mohou být čas od času další pracovníci. Typy pracovních míst, pro která se emisní hladiny akustického tlaku měří:

- pracovní místo, které je blízko zkoušeného stroje, je to případ mnoha průmyslových strojů a domácích spotřebičů,
- pracovní místo uvnitř kabiny, která je pevnou součástí zkoušeného stroje. Je to případ mnoha průmyslových dopravních zařízení a zemních strojů,
- pracovní místo uvnitř částečného nebo úplného krytu dodaného výrobcem jako pevná součást zkoušeného stroje nebo zařízení,
- pracovní místo uvnitř částečného nebo úplného krytu vedle zkoušeného stroje nebo zařízení. S touto situací se lze setkat u některých velkých průmyslových strojů,
- místo pomocníka, který nemá osobní odpovědnost za provoz zkoušeného stroje, ale je v bezprostředním okolí stroje, buď občas, nebo trvale,
- další stanovená místa, která nemusí být nezbytně místem obsluhy nebo pomocníka [1].

2.3 Technické požadavky na výrobky

Aby zařízení mohlo být uvedeno na trh, musí být opatřeno značnou CE a vybaveno příloženým ES prohlášením o shodě dle nařízení vlády 24/2003 Sb., které stanovuje technické požadavky na výrobky. Toto nařízení vlády také stanovuje základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost, mezi které patří ochrana zdraví před nepříznivými účinky hluku. To je obecně popsáno v kapitole 1.5.8 tohoto nařízení a zní: strojní zařízení musí být navrženo a vyrobeno tak, aby rizika způsobená emisí hluku šířícího se vzduchem byla snížena na nejnižší úroveň hluku, přičemž je třeba brát v úvahu technický rozvoj a dostupnost prostředků ke snižování hluku, zvláště u zdrojů.

Jelikož požadavky dle nařízení vlády 24/2003 Sb. jsou velice obecné, a neudávají nám žádné konkrétní povolené hlukové limity, používáme pro vyhodnocení naměřených hladin akustického výkonu a emisních hladin akustického tlaku nařízení vlády 148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

V § 1 toto nařízení zpracovává příslušné předpisy Evropského společenství a upravuje:

- a) hygienické limity hluku a vibrací pro místa určené nebo obvyklé pro výkon činnosti zaměstnanců a opatření, kterými se lze chránit před nepříznivými účinky hluku a vibrací,
- b) hygienické limity hluku a vibrací pro různé pracovní prostory,
- c) způsob měření a hodnocení hluku a vibrací pro denní a noční dobu.

V § 2 až § 7 se nařízení vlády zabývá různými pracovními prostory, podmínkami a druhy hluku, které mohou nastat při výkonu činnosti zaměstnanců a u kterých stanovuje hygienické limity hluku a vibrací. Pro vyhodnocení naměřených hladin akustického výkonu a emisních hladin akustického tlaku je využito hygienických limitů, které nařízení vlády stanovuje takto:

- a) hygienický limit pro osmihodinovou pracovní dobu ustáleného a proměnlivého hluku při práci vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku A je $L_{pA,8h} = 85$ dB,
- b) hygienický limit pro osmihodinovou pracovní dobu impulsního hluku vyjádřený ekvivalentní hladinou tlaku A je $L_{pA,8h} = 85$ dB.

V § 8 se nařízení zabývá hodnocením rizika hluku a stanovuje minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnanců. Při hodnocení rizika hluku by měl zaměstnavatel přihlížet zejména k:

- a) úrovni, typu a době trvání expozice včetně expozic impulsnímu hluku,
- b) přípustným expozičním limitům a hygienickým limitům hluku,
- c) účinkům hluku na zdraví a k bezpečnosti zaměstnanců, zejména mladistvých zaměstnanců, těhotných žen, kojících žen a matek do konce devátého měsíce po porodu,
- d) účinkům na zdraví a k bezpečnosti zaměstnanců, jež jsou důsledkem současné expozice faktorům, které jsou součástí technologie a mohou tak zvyšovat nebezpečí poškození zdraví, zejména sluchu,
- e) nepřímým účinkům vyplývajícím z interakcí hluku a výstražných signálů nebo jiných zvuků, které je nutno sledovat v zájmu snížení rizika úrazů,
- f) informacím o hlukových emisích, které uvádí výrobce stroje, náradí nebo jiného zařízení,
- g) existenci alternativních pracovních zařízení navržených ke snížení hlukové emise stanovených zvláštními právními předpisy,

- h) rozšíření expozice hluku nad osmihodinovou pracovní dobu,
- i) příslušným informacím, které vyplývají ze zdravotního dohledu a dostupným publikovaným informacím,
- j) dostupnosti chráničů sluchu s náležitými útlumovými vlastnostmi.[4]

3 NORMALIZOVANÉ METODY MĚŘENÍ

Měření hluku s použitím mezinárodních norem lze rozdělit do dvou základních skupin podle toho, jakou veličinu používáme k popisu vyzařovaného hluku. A to na metody:

- pro určení hladiny akustického výkonu,
- pro přímé měření emisních hladin.

3.1 Normy pro měření hladiny akustického výkonu

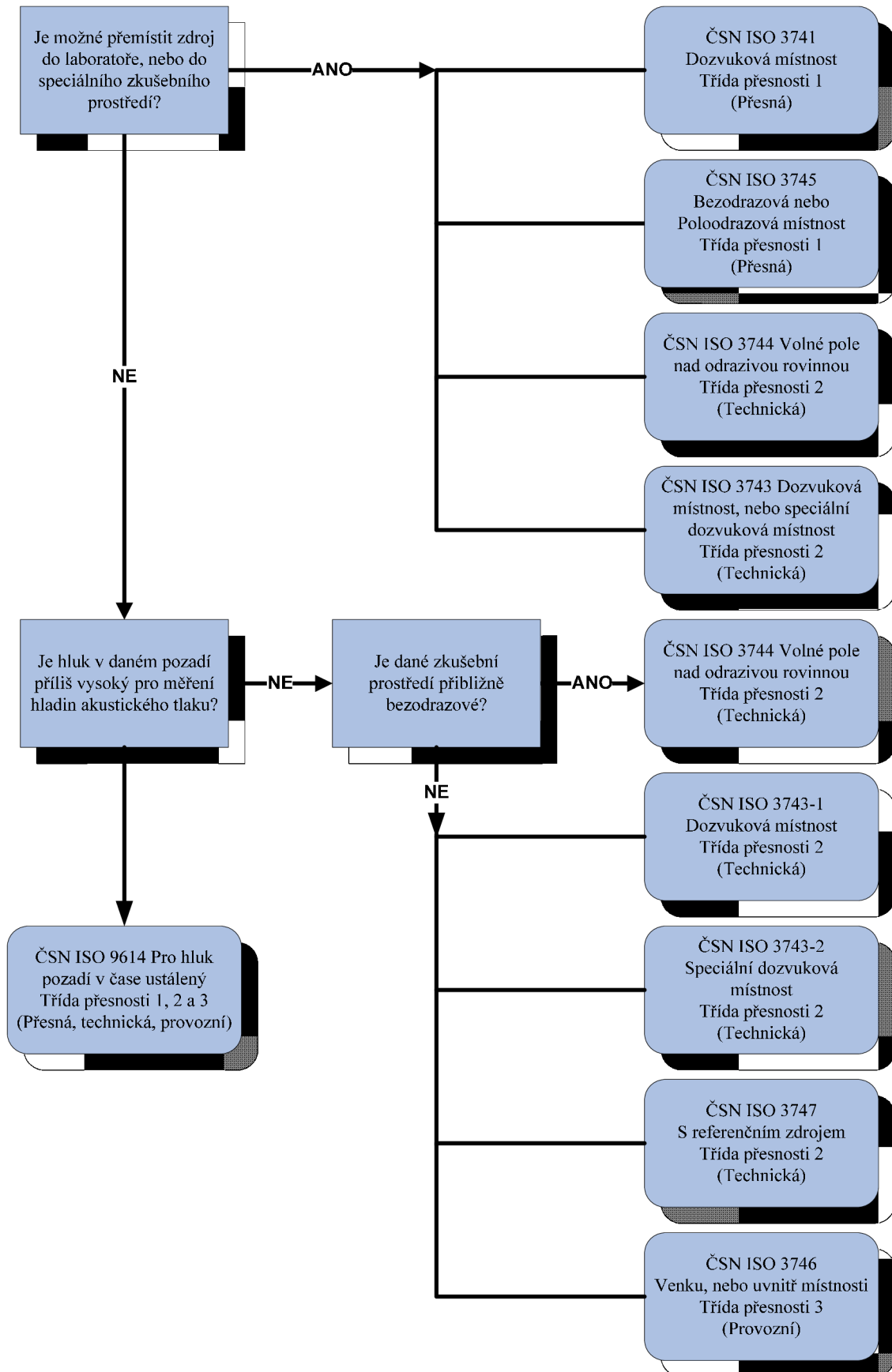
Základní normy pro určení hladiny akustického výkonu:

- ČSN ISO 3740 až ČSN ISO 3747 jsou mezinárodní normy stanovující základní metody pro určení hladiny akustického výkonu na základě měření hladin akustického tlaku,
- ČSN ISO 9614-1 a ČSN ISO 9614-2 jsou mezinárodní normy sloužící pro určování hladin akustického výkonu na základě měření akustické intenzity.

3.1.1 Vlastnosti metod popsaných v normách pro měření hladiny akustického tlaku

Metody měření popsané v těchto normách v podstatě pokrývají všechny druhy strojů a zařízení. Pro měření hluku stroje nebo zařízení určitého druhu a velikosti, nebo je-li pro měření k dispozici pouze vybavení určitého druhu, může být použitelná jen jedna z těchto mezinárodních norem. Vodítkem pro volbu normy je obrázek 23 a tabulka 1.

Metody stanovují měření hladin akustického tlaku buď s váhovým filtrem A, nebo v kmitočtových páslech ve stanoveném akustickém prostředí. Z těchto údajů se vypočítává buď hladina akustického výkonu A zdroje, nebo hladiny akustického výkonu v kmitočtových pásmech [1].



Obrázek 23. Schéma návodu pro výběr vhodné mezinárodní normy

Tabulka 1. Přehled mezinárodních norem pro určování hladin akustického výkonu strojů a zařízení

	HLADINY AKUSTICKÉHO TLAKU							AKUSTICKÁ INTENZITA	
	ČSN ISO 3741 Třída 1 (1)	ČSN ISO 3743-1 Třída 2 (1)	ČSN ISO 3743-2 Třída 2 (1)	ČSN ISO 3744 Třída 2 (1)	ČSN ISO 3745 Třída 1 (1)	ČSN ISO 3746 Třída 3 (1)	ČSN ISO 3747 Třída 2 (1)	ČSN ISO 9614-1 Třída 1, 2 nebo 3 (1)	ČSN ISO 9614-1 Třída 2 nebo 3 (1)
Zkušební prostředí	Dozvuková místnost	Dozvuková místnost	Speciální dozvuková místnost	Venku nebo velké místnosti	Bezodrazová nebo poloodrazová místnost	Bez zvláštního zkušebního předpisu	Bez zvláštního zkušebního předpisu	Libovolně	Libovolně
Kritéria způsobilosti zkušebního prostředí	$V \leq 300 \text{ m}^3$ $\alpha \leq 0,06$	$V \leq 40 \text{ m}^3$ $\alpha \leq 0,02$	$70 \leq V \leq 300 \text{ m}^3$ $0,5 \text{ s} \leq T_{\text{nom}} \leq 1 \text{ s}$	$K_2 \leq 2 \text{ dB}$	$K_2 \leq 0,5 \text{ dB}$	$K_2 \leq 7 \text{ dB}$	Speciální doporučení	Speciální doporučení pro: - vnější intenzitu, - vítr, proděnění, vibrace - teplotu, uspořádání okolí	Speciální doporučení pro: - vnější intenzitu, - vítr, proděnění, vibrace - teplotu, uspořádání okolí
Objem zdroje zvuku	Přednostně menší než 2 % objemu místnosti	Přednostně menší než 1 % objemu místnosti	Přednostně menší než 1 % objemu místnosti	Bez omezení	Přednostně menší než 0,5 % objemu místnosti	Bez omezení	Menší než 5 % objemu místnosti	Bez omezení	Bez omezení
Charakter vyzářovaného zvuku	Ustálený, širokopásmový, úzkopásmový nebo s diskretními kmitočty	Ustálený, širokopásmový, úzkopásmový nebo s diskretními kmitočty	Libovolný	Libovolný	Libovolný	Libovolný	Libovolný	Širokopásmový, úzkopásmový nebo s diskretními kmitočty, je-li v čase stálý	Širokopásmový, úzkopásmový nebo s diskretními kmitočty, je-li v čase stálý
Limit pro hluk pozadí	$\Delta L \geq 10 \text{ dB}$ $K_1 \leq 0,4 \text{ dB}$	$\Delta L \geq 6 \text{ dB}$ $K_1 \leq 1,3 \text{ dB}$	$\Delta L \geq 6 \text{ dB}$ $K_1 \leq 1,3 \text{ dB}$	$\Delta L \geq 6 \text{ dB}$ $K_1 \leq 1,3 \text{ dB}$	$\Delta L \geq 10 \text{ dB}$ $K_1 \leq 0,4 \text{ dB}$	$\Delta L \geq 3 \text{ dB}$ $K_1 \leq 3 \text{ dB}$	$\Delta L \geq 6 \text{ dB}$ $K_1 \leq 1,3 \text{ dB}$	Hladina je dána dynamickou schopností přístroje $\Delta L \geq -10 \text{ dB}$	Hladina je dána dynamickou schopností přístroje $\Delta L \geq -10 \text{ dB}$
Přístroje: a) zvukoměr b) integrující zvukoměr c) frekvenční filtry d) kalibrátor e) intenzometr	a) třída 1 b) třída 1 c) třída 1 d) třída 1 e) -	a) třída 1 b) třída 1 c) třída 1 d) třída 1 e) -	a) třída 1 b) třída 1 c) třída 1 d) třída 1 e) -	a) třída 1 b) třída 1 c) třída 1 d) třída 1 e) -	a) třída 1 b) třída 1 c) třída 1 d) třída 1 e) -	a) třída 2 b) třída 2 c) třída 1 d) třída 1 e) -	a) třída 1 b) třída 1 c) třída 1 d) třída 1 e) -	a) - b) - c) - d) - e) třída 1 nebo 2	a) - b) - c) - d) - e) třída 1 nebo 2
Získané hladiny akustického výkonu	Vážené funkce A a v třetino-oktávových nebo oktávových pásmech	Vážené funkce A a v oktávových pásmech	Vážené funkce A a v oktávových pásmech	Vážené funkce A a v třetino-oktávových nebo oktávových pásmech	Vážené funkce A a v třetino-oktávových nebo oktávových pásmech	Vážené funkce A	Vážené funkce A a v oktávových pásmech	Kmitočtové pásmo je omezeno (1/3 oktávy 50 - 6300 Hz) Vážené funkce A a v třetino-oktávových nebo oktávových pásmech	Kmitočtové pásmo je omezeno (1/3 oktávy 50 - 6300 Hz) Vážené funkce A a v třetino-oktávových nebo oktávových pásmech

Poznámky:

- (1) Třída přesnosti: 1 = přesná, 2 = technická, 3 = provozní
(2) K_2 = korekce na prostředí
(3) K_1 = korekce na hluk pozadí

3.2 Normy pro přímé měření emisních hladin

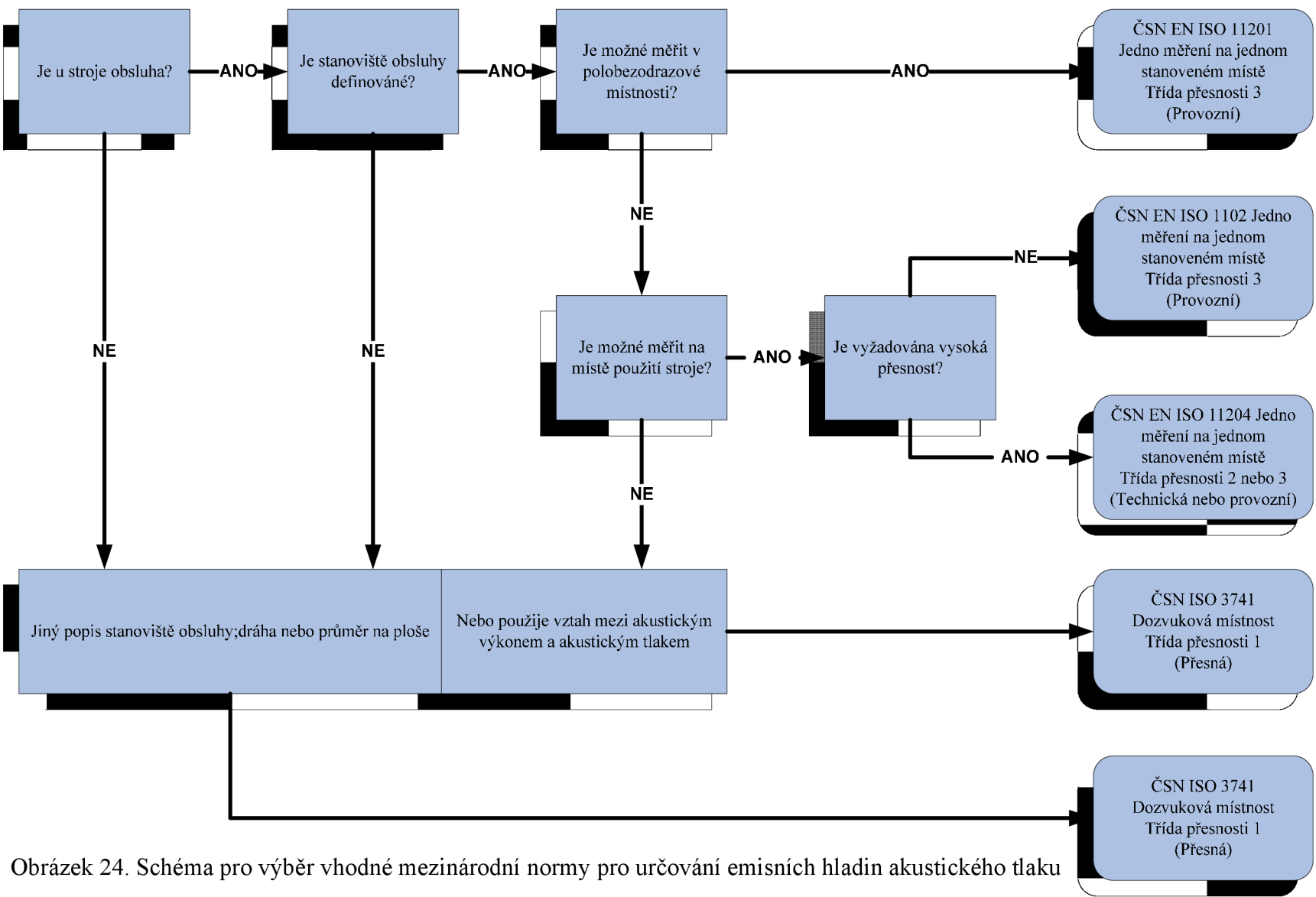
Základními normami pro přímé měření emisních hladin je série mezinárodních norem ČSN EN ISO 11200 až ČSN EN ISO 11204. ČSN EN ISO 11201, ČSN EN ISO 11202, ČSN EN ISO 11204 jsou tři normy, které popisují postupy přímého měření emisních hladin akustického tlaku v rozdílných zkušebních prostředích. Čtvrtá norma ČSN EN ISO 11203 udává postupy určování emisních hladin akustického tlaku z hladin akustického výkonu.

3.2.1 Použitelnost metod popsaných v normách pro přímé měření emisních hladin

Při použití těchto norem pro měření hluku stanovených strojů je nezbytné rozhodnout, která z nich je nejvhodnější pro vybraný typ stroje nebo zařízení a účely zkoušky. Metody určování emisních hladin akustického tlaku popsané v ČSN EN ISO 11201 až ČSN EN ISO 11204 jsou v zásadě použitelné pro všechny typy strojů a zařízení. Pro měření hluku určitých typů a velikostí strojů nebo zařízení nebo pro některá praktická omezení může být použitelná jen jedna z těchto mezinárodních norem. Mezinárodní norma ČSN EN ISO 11200 poskytuje směrnice pro toto rozhodnutí. Schéma na obrázku 24 a tabulka 2 jsou vodítkem pro volbu vhodné normy, přičemž je však nutné respektovat podmínky aplikovatelnosti norem ČSN EN ISO 11201, ČSN EN ISO 11202 a ČSN EN ISO 11204 pro různé třídy přesnosti v závislosti na ΔL , což je rozdíl mezi měřenou hladinou akustického tlaku pozadí a hladinou akustického tlaku, korekcí na vliv prostředí K_{2A} a korekcí na vliv prostředí místa K_{3A} vyznačené v obrázku 25, kde potřebné korekce jsou definovány v normách ČSN EN ISO 11201, ČSN EN ISO 11202, a ČSN EN ISO 11204 [1].

K_{2A} ΔL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	.	.	
0	Normalizované metody nejsou použitelné												
1													
2													
3	ČSN EN ISO 11202 (Třída 3)						ČSN EN ISO 11204 (Třída 3)						
4	ČSN EN ISO 11202 (Třída 3)												
5	ČSN EN ISO 11202 (Třída 3)												
6	ČSN EN ISO 11201 (Třída 2), 11202 (Třída 3) a 11204 (Třída 2)	ČSN EN ISO 11202 (Třída 3)						ČSN EN ISO 11204 (Třída 3)					
7		ČSN EN ISO 11202 (Třída 3)											
8		ČSN EN ISO 11202 (Třída 3)											
9		ČSN EN ISO 11202 (Třída 3)											
10	ČSN EN ISO 11202 (Třída 3)						ČSN EN ISO 11204 (Třída 3)						
.	ČSN EN ISO 11202 (Třída 3)												
.	ČSN EN ISO 11202 (Třída 3)						ČSN EN ISO 11204 (Třída 3)						

Obrázek 25. Podmínky aplikovatelnosti norem



Tabulka 2. Přehled mezinárodních norem pro určování emisních hladin akustického tlaku na stanovištích obsluhy a dalších stanovených místech

Parametr	ČSN EN ISO 11201 Měřicí metoda Třída přesnosti 2 (technická)	ČSN EN ISO 11202 Měřicí metoda Třída přesnosti 3 (provozní)	ČSN EN ISO 11203 odvozeno z hladin akustického výkonu Třída přesnosti 2 nebo 3 (technická nebo technická)	ČSN EN ISO 11204 Měřicí metoda Třída přesnosti 2 nebo 3 (provozní nebo technická)
Zkušební prostředí	Venku nebo uvnitř	Venku nebo uvnitř	Ve shodě s normou pro určení hladiny akustického výkonu	Venku nebo uvnitř
podmínky způsobilosti zkušebního prostředí	$K_{2A} \leq 2$ dB	$K_{2A} \leq 7$ dB	Ve shodě s normou pro určení hladiny akustického výkonu	$K_{2A} \leq 7$ dB
Limit korekce na prostředí	Žádná korekce	$K_{3A} \leq 2,5$ dB	Ve shodě s normou pro určení hladiny akustického výkonu	$K_{3A} \leq 7$ dB $K_{3A} \leq 7$ dB
Objem zdroje	Bez omezení, omezen pouze dostupným zkušebním prostředím	Bez omezení, omezen pouze dostupným zkušebním prostředím	Zvláště vhodná pro stroje vyráběné v malých sériích	Bez omezení, omezen pouze dostupným zkušebním prostředím
charakter zvuku	Libovolný	Libovolný	Ve shodě s normou pro určení hladiny akustického výkonu	Libovolný
Limit pro hluk pozadí (1)	$\Delta L \geq 6$ dB (doporučeno ≥ 15 dB) $K_{1A} \leq 1,3$ dB na každém místě	$\Delta L \geq 3$ dB $K_{1A} \leq 3$ dB	Ve shodě s normou pro určení hladiny akustického výkonu	$\Delta L \geq 6$ dB (doporučeno ≥ 15 dB) $K_{1A} \leq 1,3$ dB na každém místě
Body ve kterých se určuje hladina akustické emise	pracovní místo a další stanovená místa	pracovní místo a další stanovená místa	pracovní místo a další stanovená místa (ale nikoli v kabinách apod.)	pracovní místo a další stanovená místa
Přístroje: a) zvukoměr b) integrující zvukoměr c) soustava kmitočtových pásmových filtrů e) kalibrátor	a) třída 1 podle IEC 651 b) třída 1 podle IEC 804 c) třída 1 podle IEC 1260 e) třída 1 podle IEC 942	a) třída 2 b) třída 2 c) třída 1 e) třída 1	Ve shodě s normou pro určení hladiny akustického výkonu	a) typ 1 b) typ 1 c) třída 1 e) třída 1
Získávané veličiny	A, C_{peak} volitelně v kmitočtových pásmech	A, C_{peak}	Ve shodě s normou pro určení hladiny akustického výkonu	A, C_{peak} volitelně v kmitočtových pásmech
Přesnost metody pro určení L_{pA} vyjádřená směrodatnou odchylkou reprodukovatelnosti	Stejná nebo menší než přibližně 2,5 dB (2)	Stejná nebo menší než přibližně 5 dB (2)	Ve shodě s normou pro určení hladiny akustického výkonu	Stejná nebo menší než přibližně 2,5 dB pro třídu přesnosti 2 nebo 5 dB pro třídu přesnosti 3 (2)
Odpovídající norma pro určení hladin akustického výkonu	ČSN ISO 3744	ČSN ISO 3746	Série norem ČSN ISO 3740 a ČSN ISO 9614	ČSN ISO 3744 a ČSN ISO 3746

Poznámky:

- (1) ΔL je rozdíl mezi hladinou akustického tlaku naměřenou za provozu zkoušeného zdroje a hladinou akustického pozadí
- (2) Vzhledem k širší různosti zařízení, které mají být normami obsaženy, jsou uvedené hodnoty pouze orientační

4 PRINCIP MĚŘENÍ HLADIN AKUSTICKÉHO VÝKONU

Úvod

Pro měření hladin akustického tlaku a vyhodnocení výsledků je využita norma ČSN ISO 3746. Tato mezinárodní norma stanovuje požadavky na zkušební prostředí, přístrojové vybavení i postupy k zajištění hladiny akustického tlaku na ploše, z níž se pak vypočítává hladina akustického výkonu zdroje hluku s výsledky, které mají 3. třídu přesnosti.

Je důležité, aby byly v souladu s touto normou zavedeny a používány zkušební předpisy pro různé typy zařízení. Pro každý typ zařízení pak tyto zkušební předpisy určí detailní požadavky pro montáž, podmínky pro zatížení a provoz tohoto zkušebního zařízení, a dále i výběr měřicí plochy a sestavu mikrofónů [5].

4.1 Definice základních pojmů

Při využití této mezinárodní normy je potřeba, aby byla definována terminologie, která se používá při měření a výpočtu akustických parametrů výrobků.

Akustický tlak

Akustický tlak p je definován jako rozdíl mezi okamžitou velikostí celkového tlaku v daném bodě zvukového pole a statickou hodnotou tlaku atmosférického. Jedná se tedy o proměnnou složku tlaku, která je superponována (navázána, přičtena) k atmosférickému tlaku díky přítomnosti zvuku. V každém bodě se tedy hodnota celkového tlaku bude měnit v čase a to od atmosférického tlaku o hodnotu tlaku akustického nahoru či dolů.

Hladina akustického tlaku

Hladina akustického tlaku L_{px} určuje, o co je okamžitá hodnota tlaku vyšší než referenční hodnota tlaku a je dána rovnicí:

$$L_{px} = 20 \log(p/p_0), \quad (8)$$

kde p je změřená hodnota tlaku,

p_0 je referenční hodnota akustické tlaku a má hodnotu $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Hladina časově průměrovaného akustického tlaku

Hladina časově průměrovaného akustického tlaku $L_{peq,T}$ je hladina ustáleného akustického tlaku trvalého zvuku, který má v daném časovém intervalu T_{ci} , stejnou hodnotu středního kvadrátu akustického tlaku jako posuzovaný zvuk, který je v čase proměnlivý a je vyjádřen rovnicí:

$$L_{peq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right], \quad (9)$$

kde T_{ci} je daný časový interval.

Hladiny časově průměrovaného akustického tlaku jsou obvykle váženy funkcí A a označují se výrazem $L_{pAeq,T}$, který se ve většině případů zkracuje na L_{pA} .

Časový interval měření

Část nebo násobek provozní doby nebo provozního cyklu, v němž se určuje hladina časově průměrovaného akustického tlaku.

Akustický výkon

Je energie šířená vzduchem po určitou dobu a je vyjádřena vztahem:

$$W = E/t, \quad (10)$$

kde E je akustická energie, která se šíří daným prostředím,

t_E je doba, po kterou se energie šíří.

Hladina akustického výkonu

Hladina akustického výkonu vyjadřuje poměr akustického výkonu, který je vyzařován zkoušeným zdrojem zvuku ku referenčnímu akustickému výkonu:

$$L_w = 10 \log(W/W_0), \quad (11)$$

kde W je akustický výkon vyzařovaný zdrojem zvuku,

W_0 je referenční hodnota akustického výkonu a má hodnotu $W_0 = 1 \cdot 10^{-12} \text{ W}$.

Měřicí plocha

Je hypotetická plocha S obklopující zdroj, na níž jsou umístěna měřicí místa. Měřicí plocha končí na jedné nebo více odrazivých rovinách.

Referenční rovnoběžnostěn

Nejmenší pravouhlý rovnoběžnostěn, který ohraničuje zkoušený zdroj a začíná i končí na odrazivé rovině nebo rovinách.

Charakteristický rozměr zdroje

Je rozměr d_0 , který je definován jako polovina délky úhlopříčky referenčního rovnoběžnostěnu.

Měřicí vzdálenost

Je vzdálenost d mezi referenčním rovnoběžnostěnem a měřicí plochou tvaru rovnoběžnostěnu.

Hluk pozadí

Hluk ze všech zdrojů s výjimkou zkoušeného zdroje.

Korekce na hluk pozadí

Je korekční člen K_1 , který koriguje hladiny akustického tlaku na měřicí ploše vzhledem k hluku na pozadí. Tento člen je frekvenčně závislý. V případě vážení funkcí A se označuje K_{1A} .

Korekce na vliv prostředí

Je korekční člen K_2 , který koriguje hladiny akustického tlaku na měřicí ploše vzhledem k vlivu odraženého zvuku nebo absorpce. Tento člen je frekvenčně závislý. V případě vážení funkcí A se označuje K_{2A} .

4.2 Kritéria akustického prostředí

Vhodným zkušebním prostředím pro měření jsou rovné venkovní plochy nebo místnosti dostatečně izolované od hluku pozadí.

4.2.1 Odrazivé roviny a podmínky prostředí

Nejčastěji používané odrazivé roviny ve venkovním prostředí jsou tvrdá zem, nebo plocha zhotovená z betonu či hlazeného asfaltu. Při měření v místnostech tvoří obvykle odrazivou rovinu podlaha. Odrazivá rovina musí být větší než plocha průmětu měřící plochy na ni. Uvnitř měřící plochy nesmí být žádné odrazivé předměty, pokud nejsou součástí zkoušeného zdroje.

Při měření ve venkovním prostředí se musí minimalizovat účinky nepříznivých meteorologických podmínek, například teplotních změn, velkého větru, srážek a vysoké vlhkosti [5].

4.2.2 Postup posuzování zkušebního prostředí a stanovení korekce prostředí

Korekci na prostředí K_{2A} , lze určit několika způsoby:

- a) Postupem využívající referenční zdroj zvuku, kde korekce na prostředí K_2 se určí výpočtem z hladin akustického výkonu referenčního zdroje hluku, kalibrovaného ve volném zvukovém poli nad odrazivou rovinou. V tomto případě je korekce na prostředí dána vztahem:

$$K_{2A} = L_{WA}^* - L_{WA_r}, \quad (12)$$

kde L_{WA}^* je hladina akustického výkonu A referenčního zdroje zvuku nekorigovaná na vliv prostředí,

L_{WA_r} je kalibrovaná hladina akustického výkonu A referenčního zdroje zvuku, při čemž za referenční hodnotu akustického výkonu bereme $W = 1 \cdot 10^{-12}$ W.

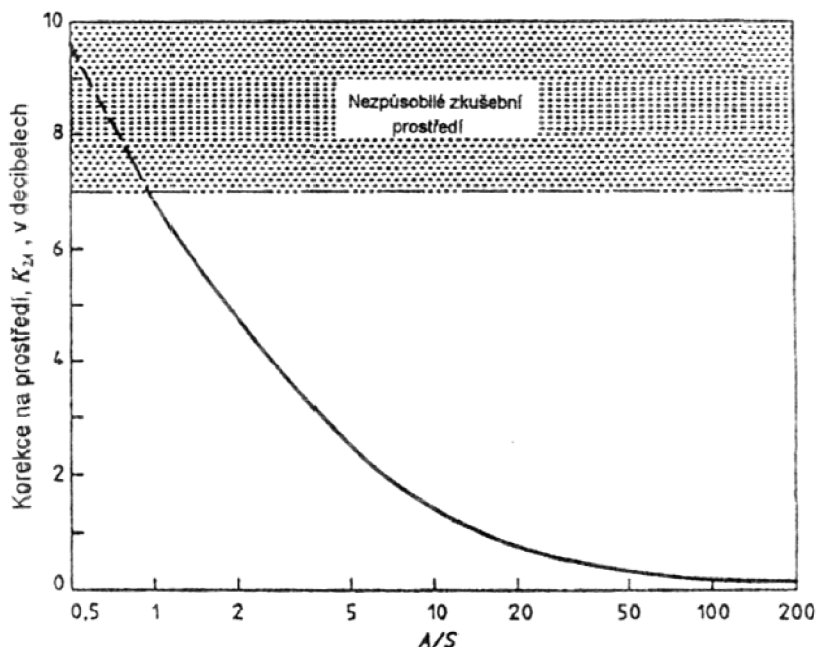
- b) jiným postupem, a to z korekce na prostředí K_{2A} v rovnici (25) z kapitoly 4.8, která koriguje vliv nežádoucích odrazů zvuku od povrchu místnosti nebo od předmětů, které jsou blízko zkoušeného zdroje. Velikost této korekce na prostředí K_{2A} závisí

především na poměru velikosti celkové plochy pohltivosti zvuku místnosti A , k velikosti měřicí plochy S . A tuto korekci lze spočítat z rovnice:

$$K_{2A} = 10 \log [1 + 4(S/A)] \quad (13)$$

,kde A je celková pohltivost zvuku místnosti na kmitočtu 1 kHz,
 S je plošný obsah měřicí plochy.

Korekce na prostředí jako funkce A/S , vypočítaná dle uvedeného vztahu (13), je na obrázku č. 26.



Obrázek 26. Korekce na prostředí K_{2A}

Při tomto postupu je nezbytné znát hodnotu celkové pohltivosti místnosti A , proto zde budou uvedeny dvě metody, kterými lze tento parametr určit. Měření podle této normy jsou platná, je-li $K_{2A} \leq 7$ dB.

4.2.2.1 Měření celkové pohltivosti místnosti A

Jak již bylo řečeno, budou zde nastíněny postupy dvou metod, kterými lze tento parametr určit:

- Přibližnou metodou, která založena na použití středního činitele pohltivosti α . Celková pohltivost A se poté spočítá dle vztahu:

$$A = \alpha \cdot S_V, \quad (14)$$

kde α je střední činitel pohltivosti, který je uveden v tabulce 3,

S_V je celková plocha ohraničující zkušební místnost.

Tabulka 3. Přibližné hodnoty středního činitele zvukové pohltivosti α .

Střední činitel zvukové pohltivosti α	Druh místnosti
0,05	Téměř prázdná místnost s tvrdými stěnami z betonu, cihel nebo dlaždic
0,1	Částečně prázdná místnost s tvrdými stěnami
0,15	Místnost zařízená nábytkem; pravoúhlá dílna; pravoúhlá průmyslová provozovna
0,2	Místnost nepravidelného tvaru zařízená nábytkem; dílna nebo průmyslová provozovna nepravidelného tvaru
0,25	Místnost zařízená čalouněným nábytkem; průmyslový provoz nebo dílna s dílčími akustickými úpravami na stropě nebo zdech (částečně pohlcující strop)
0,35	Místnost s materiálem pohlcujícím zvuk na stěnách a stropu
0,5	Místnost s velkým množstvím materiálu pohlcujícím zvuk na stropu a stěnách

Tato metoda vyžaduje pouze vypočítání celkové plochy ohraničující zkušební místnost S_V a nalezení vhodného středního činitele pohltivosti α , tato metoda je tudíž poměrně jednoduchá a v praxi velice používaná. Je méně přesná, ale pro naše měření zcela dostačující.

- b) Dozvukovou metodou, při níž se celková pohltivost místnosti A určuje měřením doby dozvuku ve zkušebně, který je vybuzen širokopásmovým hlukem nebo impulzním zvukem. Proto je hodnota A dána rovnicí:

$$A = 0,16(V/T), \quad (14)$$

kde V je objem zkušební místnosti,

T_d je doba dozvuku ve zkušební místnosti.

Tato metoda je přesnější, dražší a vyžaduje použití zdroje hluku a přijímacího systému, proto se v praxi využívá jen pro měření, kde je potřeba vysoká přesnost.

4.2.3 Stanovení korekce na hluk pozadí

Pro hladiny akustického tlaku A se vypočtou korekce na hluk pozadí K_{1A} , podle rovnice:

$$K_{1A} = -10 \log(1 - 10^{-0,1\Delta L}) \quad (15)$$

, kde $\Delta L = L_{pA} - L_p$

L_{pA} je průměrná hladina akustického tlaku A zkoušeného zdroje v provozu

L_p je průměrná hladina akustického tlaku A pozadí na měřicí ploše.

Je-li $\Delta L > 10$ dB, nekoriguje se, $K_{1A} = 0$ dB. Pro hodnoty ΔL mezi 3 dB a 10 dB se korekce vypočtou dle vztahu 15. Je-li $\Delta L < 3$ dB, přesnost výsledků se snižuje. Maximální hodnota korekce, kterou lze užít při těchto měření je 3 dB.

4.3 Požadavky na měřicí přístroje

Přístrojový systém včetně mikrofónů a kabelů musí splňovat požadavky stanovené v IEC 651. Během každé série měření musí být mikrofony kalibrovány kalibrátorem o přesnosti $\pm 0,3$ dB, aby se ověřila kalibrace celého měřicího systému na jedné či více frekvencích sledovaného frekvenčního rozsahu.

Při měření venku se doporučuje použít kryty chránící mikrofony před působením větru. Musí být také zajištěno, že kryty proti větru nebudou ovlivňovat přesnost měření [5].

4.4 Montáž a provoz zkoušeného zdroje

Úvod

Způsob, kterým se montuje a provozuje zkoušený zdroj, může mít významný vliv na akustický výkon, který zdroj vyzařuje. Tato část stanovuje podmínky, které minimalizují rozdíly ve výstupním akustickém výkonu ovlivňované montážními a provozními podmínkami zkoušeného zdroje.

4.4.1 Umístění zdroje

Zkoušený zdroj se musí namontovat na odrazivou rovinu nebo roviny na jednom místě tak, jak by to odpovídalo jeho běžnému použití. Pokud existuje více možností umístění, musí být zvolené uspořádání popsáno v protokolu o zkoušce [5].

4.4.2 Montáž zdroje

V mnoha případech bude vyzařovaný akustický výkon záviset na způsobech uložení a montáži zkoušeného zdroje. Pokud je to možné a existuje-li typický způsob montáže zkoušeného zařízení, musí se tento způsob použít nebo simulovat. Vždy musíme provést opatření, které snižuje veškeré vyzařování zvuku konstrukce.

Montáž zkoušeného zdroje je také závislá na typu použitého zkoušeného zdroje a lze jej rozdělit do třech podskupin, pro které platí individuální podmínky montáže. Jsou to tyto podskupiny:

- a) ruční nářadí a zařízení,
- b) stroje a zařízení montované na základ nebo na stěnu,
- c) pomocné zařízení.

Ad a) Toto nářadí nebo zařízení se obsluhuje výhradně ručně, takže se zvuk šířený konstrukcí nepřenáší dalšími přídavnými zařízeními, která nejsou součástí zkoušeného stroje. Vyžaduje-li zkoušený zdroj k provozu podpěry, musí být tato podpěrná konstrukce malá a musí být považována za součást zkoušeného zdroje.

Ad b) Tyto stroje a zařízení musí být umístěny na odrazivou (akusticky tvrdou) plochu (podlahu či stěnu). Zařízení, určené pro montáž na stůl, musí být umístěno na podlahu a to ve vzdálenosti nejméně 1,5 m od každé stěny místnosti, nevyžaduje-li pro provoz zkoušeného zařízení zkušební předpis stůl nebo stojan. Takové zařízení je třeba umístit doprostřed na horní plochu zkušebního stolu [5].

Ad c) Je nutné dbát na to, aby jakékoliv doplňky jako jsou elektrická vedení, potrubí nebo ventilační kanály, spojené se zkoušeným zdrojem, nevyzařovaly významná množství akustické energie do zkušebního prostředí. Je-li to možné, musí být veškerá pomocná zařízení umístěna mimo zkušební prostředí. Není-li to možné, musí být pomocná zařízení zahrnuta do referenčního rovnoběžnostěnu a provozní podmínky musí být popsány v protokolu.

4.4.3 Provoz zdroje během zkoušky

Pokud existuje zkušební předpis pro určitý typ zkoušeného stroje nebo zařízení a jsou v něm provozní podmínky stanoveny, musí se tyto podmínky použít. Pokud zkušební předpis není vypracován, musí být zdroj provozován takovým způsobem, který je typický pro běžné používání. V takovém případě je třeba zvolit jeden nebo více z následujících provozních stavů:

- zařízení se stanoveným zatížením a stanoveným provozním stavem,
- zařízení s plným zatížením,
- zařízení bez zatížení,
- zařízení v provozních podmínkách, které odpovídají maximálnímu vyzařování a představují běžné používání,
- zařízení se simulovaným provozem bez zatížení za pečlivě stanovených podmínek,
- zařízení v provozních podmínkách s charakteristickým funkčním cyklem.

Hladina akustického tlaku zdroje může být určena pro libovolný soubor provozních stavů (tj. zatížení, rychlosti, chodu zařízení, atd.). Zkušební podmínky musí být zvoleny předem a musí být během zkoušky udržovány konstantní. Zdroj musí být uveden do požadovaného provozního stavu před zahájením jakéhokoliv měření.

Pokud emise hluku závisí na sekundárních provozních parametrech, např. na druhu materiálu, který se zpracovává, nebo na typu používaného nástroje, pak se musí tyto parametry zvolit tak, aby byly typické pro provoz a umožnily sledování i nejmenších rozdílů.

Pro zvláštní účely je vhodné definovat jeden nebo více provozních stavů takovým způsobem, aby byla emise hluku strojů stejné skupiny vysoce reprodukovatelná, a tak, aby provozní stavy zahrnovaly ty, které jsou společné a typické pro určitou skupinu strojů. Tyto provozní podmínky se musí definovat ve zkušebních předpisech.

Provozní podmínky zdroje během akustických měření musí být úplně popsány v protokolu o zkoušce [5].

4.5 Měření hladin akustického tlaku

Úvod

V této kapitole bude popsána volba tvaru, velikost měřicí plochy a charakteristické rozměry zdroje. Dále zde budou definovány základní polohy mikrofónů, které jsou rozmístěny na měřících plochách.

4.5.1 Volba měřicí plochy a charakteristické rozměry zdroje

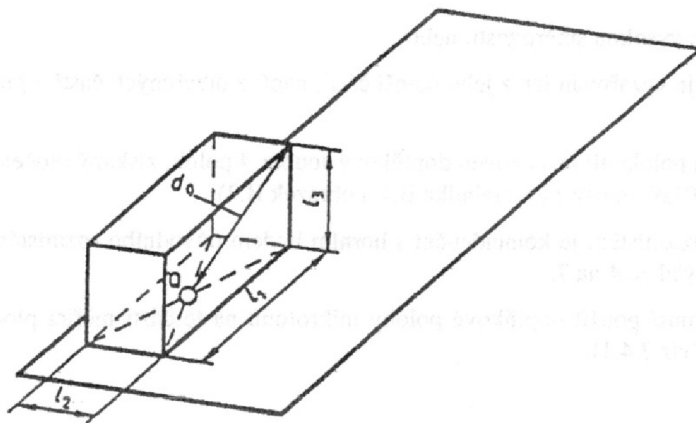
K usnadnění rozmístění mikrofonů na měřicí plochu se definuje hypotetický referenční rovnoběžnostěn, který obsahuje zkoušený zdroj. Při definování rozměrů tohoto rovnoběžnostěnu lze zanedbat části, které vystupují ze zdroje a nevyzařují významnou akustickou energii. Polohy mikrofonů jsou na měřicí ploše, což je hypotetická plocha velikosti S , která obklopuje zkoušený zdroj a rovnoběžnostěn a končí na odrazivých rovinách. Umístění zdroje, měřicí plochy a polohy mikrofonů se definují pomocí souřadného systému s horizontálními osami x a y v základní rovině, rovnoběžné s délkou a šířkou referenčního rovnoběžnostěnu.

Charakteristické rozměry zdroje d_0 , ve vztahu ke středu souřadného systému Q , jsou závislé na počtu přilehlých odrazivých rovin:

- a) charakteristický rozměr zdroje u referenčního rovnoběžnostěnu u jedné odrazivé roviny je znázorněn na obrázku 27. Charakteristický rozměr zdroje d_0 je dán vztahem:

$$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + (l_2/2)^2 + l_3^2}, \quad (16)$$

kde l_1 , l_2 a l_3 jsou charakteristické rozměry rovnoběžnostěnu,

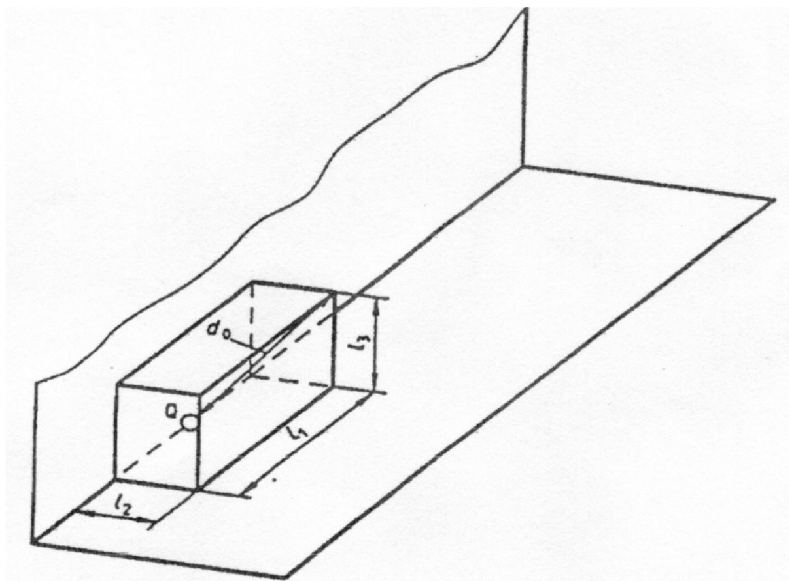


Obrázek 27. Charakteristický rozměr u zdroje s jednou odrazivou rovinou

- b) charakteristický rozměr zdroje referenčního rovnoběžnostěnu u dvou odrazivých rovin je znázorněn na obrázku 28. Charakteristický rozměr zdroje d_0 je dán vztahem:

$$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + l_2^2 + l_3^2}, \quad (17)$$

kde l_1 , l_2 a l_3 jsou rozměry rovnoběžnostěnu,

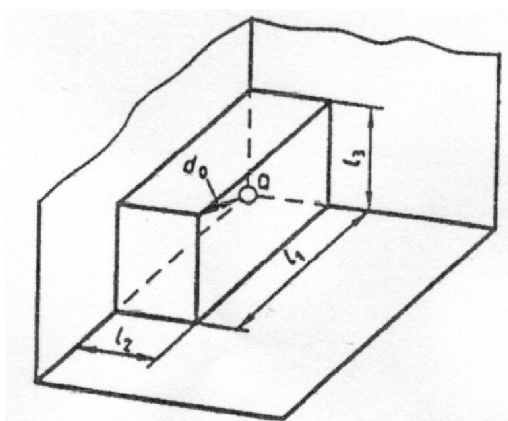


Obrázek 27. Charakteristický rozměr u zdroje se dvěma odrazivými rovinami

- c) charakteristický rozměr zdroje referenčního rovnoběžnostěnu u tří odrazivých rovin je znázorněn na obrázku 28. Charakteristický rozměr zdroje d_0 je dán vztahem:

$$d_0 = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + l_3^2}, \quad (18)$$

kde l_1 , l_2 a l_3 jsou rozměry rovnoběžnostěnu.



Obrázek 28. Charakteristický rozměr u zdroje se třemi odrazivými rovinami

Při použití této normy může být použit jeden ze dvou tvarů měřicí plochy:

- a) polokulová plocha nebo část polokulové plochy o poloměru r ,
- b) pravouhlý rovnoběžnostěn, jehož stěny jsou rovnoběžné se stranami referenčního rovnoběžnostěnu. V tomto případě používáme parametr měřicí vzdálenosti d , který udává vzdálenost mezi měřicí plochou a referenčním rovnoběžnostěnem.

4.5.2 Polokulová měřicí plocha

Úvod

Polokulová měřicí plocha ve většině případů bývá využívána při měření malých strojů. Při využití této plochy se musí dodržovat určitá pravidla, která budou stručně popsána v následujících podkapitolách.

4.5.2.1 Vlastnosti polokulové plochy

Střed polokulové plochy Q musí ležet v geometrickém středu rovnoběžnostěnu, který se sestává z referenčního rovnoběžnostěnu a jeho obrazů v návazných odrazivých rovinách (bod Q je znázorněn na obrázcích 26, 27 a 28 v kapitole 5.5.1). Poloměr r polokulové měřicí plochy musí být roven nebo větší než dvojnásobek charakteristického rozměru zdroje d_0 a nesmí být menší než 1 m.

Poloměr polokoule r volíme tak, aby měl jednu z následujících hodnot: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, nebo 16 m.

4.5.2.2 Velikost polokulové měřicí plochy a základní polohy mikrofonů

Velikost polokulové měřicí plochy závisí na počtu odrazivých rovin, které jsou přiřazeny zkoušenému zdroji. Výpočet polokulové měřicí plochy:

- a) v případě jedné odrazivé roviny je dán rovnicí:

$$S_1 = 2\pi r^2, \quad (19)$$

kde r je poloměr této plochy,

- b) v případě, že je zdroj před stěnou, je dán rovnicí:

$$S_2 = \pi r^2, \quad (20)$$

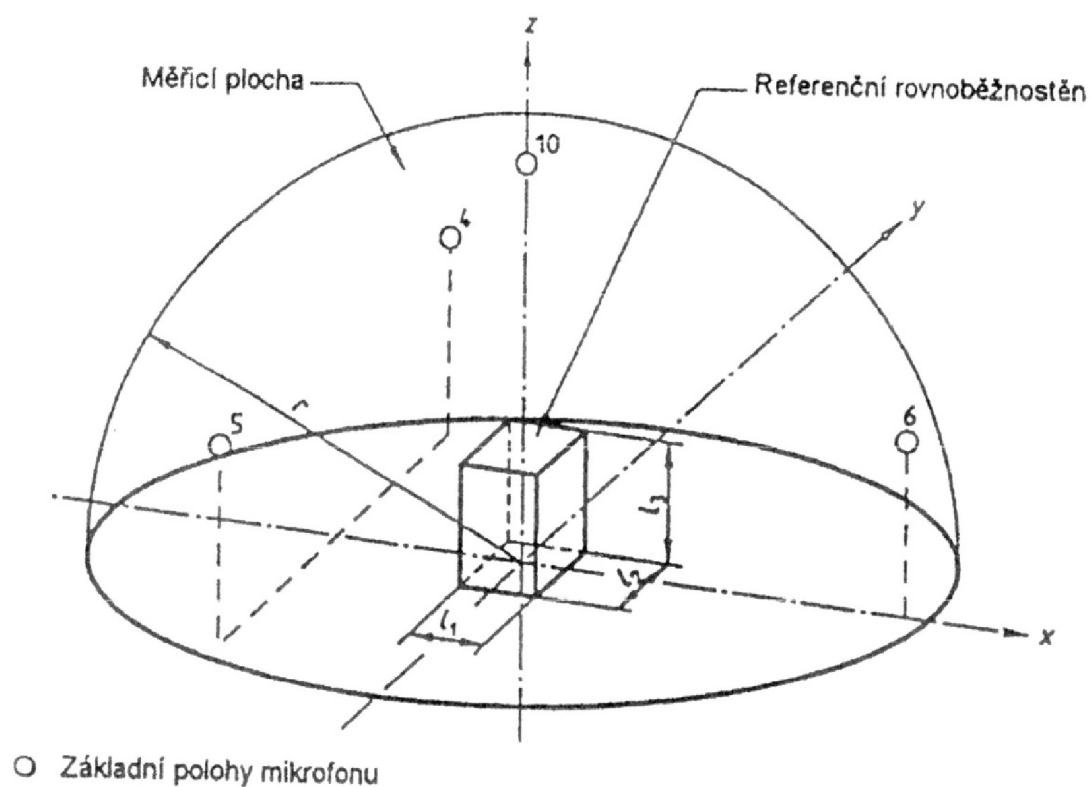
kde r je poloměr této plochy,

c) pokud je zdroj umístěn v rohu, je dán rovnicí:

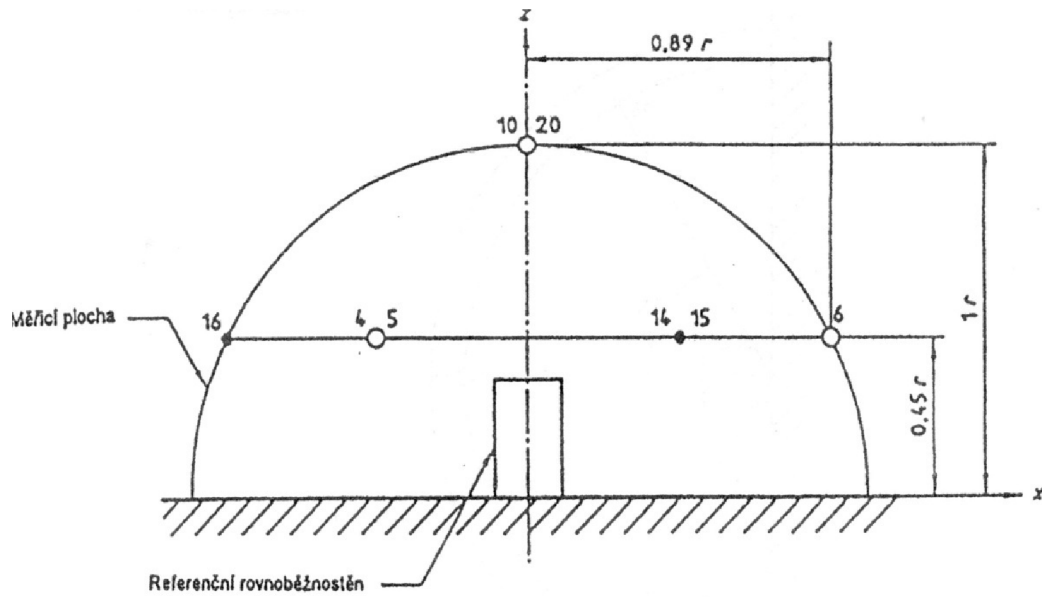
$$S_3 = 0,5\pi r^2, \quad (21)$$

kde r je poloměr této plochy.

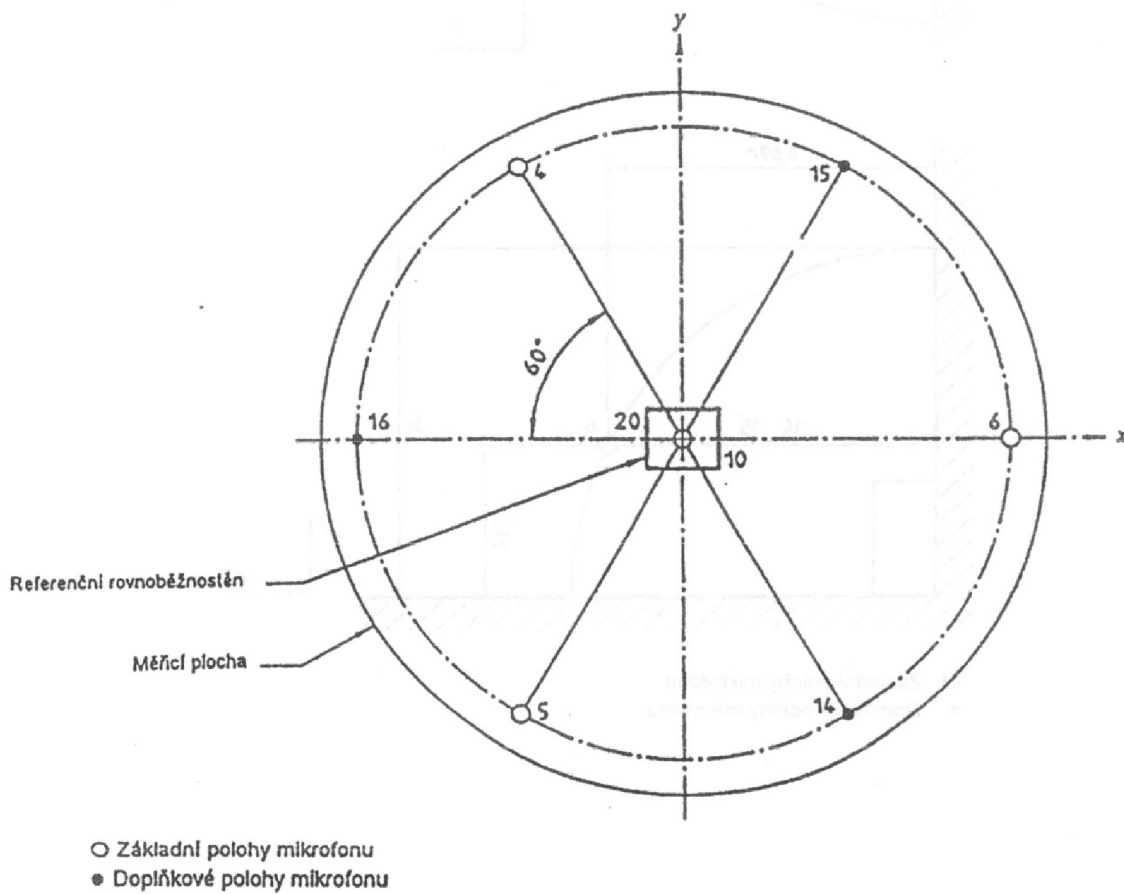
Čtyři základní polohy mikrofonů, kterým jsou přiřazeny stejně velké plošné obsahy měřicí plochy, jsou vyznačeny na obrázcích 29, 30 a 31.



Obrázek 29. Základní polohy mikrofonů na polokouli



Obrázek 30. Základní a doplňkové polohy mikrofonů na polokouli



Obrázek 31. Základní a doplňkové polohy mikrofonů na polokouli

Tyto základní polohy mikrofonů jsou označeny čísly 4, 5, 6, a 10. Jejich souřadnice jsou přehledně uvedeny v tabulce 4. Také jsou na obrázku 30 a 31 znázorněny čtyři doplňkové mikrofony pod čísly 14, 15, 16, 20, které je potřeba použít v případě, že:

- rozsah hladin akustického tlaku měřených v základních polohách mikrofonů překročí dvojnásobek počtu základních poloh mikrofonů,
- zdroj vyzařuje hluk s vysokou směrovostí,
- hluk velkého zdroje je vyzařován jen z jeho menší části, např. z otevřených částí v jinak uzavřené konstrukci stroje.

Souřadnice doplňkových mikrofonů jsou v tabulce 5.

Tabulka 4. Souřadnice základních poloh mikrofonů.

Poloha mikrofonů	x/r	y/r	z/r
4	-0,45	0,77	0,45
5	-0,45	-0,77	0,45
6	0,89	0	0,45
10	0	0	1

Tabulka 5. Souřadnice doplňkových poloh mikrofonů.

Poloha mikrofonů	x/r	y/r	z/r
14	0,45	-0,77	0,45
15	0,45	0,77	0,45
16	-0,89	0	0,45
20	0	0	1

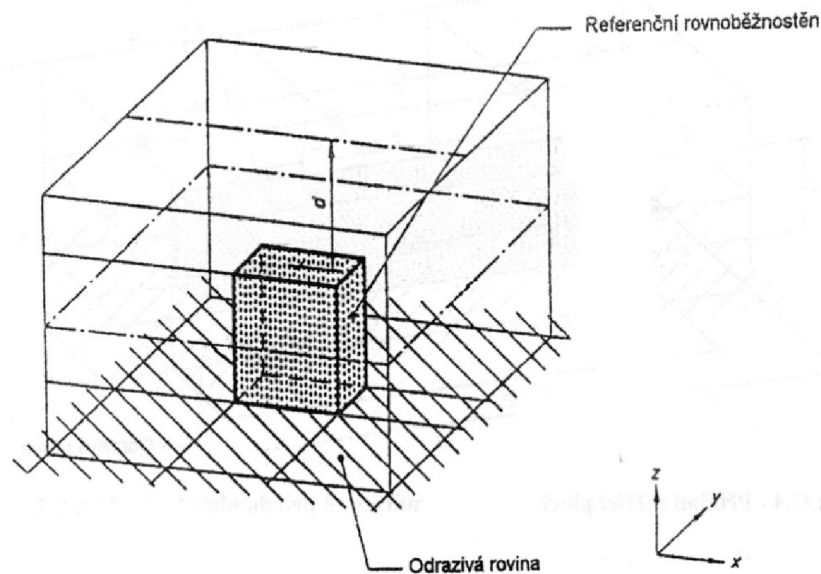
4.5.3 Měřicí plocha ve tvaru rovnoběžnostěnu

Úvod

Tato měřicí plocha je v praxi využívá častěji, protože stroje jsou ve většině případů větších a hranatějších rozměrů, tudíž je lépe na tyto stroje aplikovatelnější než polokulová.

4.5.3.1 Vlastnosti měřicí plochy ve tvaru rovnoběžnostěnu

Měřicí vzdálenost d , uvedená na obrázku 32, je kolmá vzdálenost mezi referenčním rovnoběžnostěnem a měřicí plochou. Preferovaná hodnota d je 1m, a nesmí být menší než 0,15 m. Hodnota d musí být jednou z těchto hodnot: 0,15, 0,25, 0,5, 1, 2, 4 nebo 8 m. Měřicí vzdálenosti větší než 1 m se mohou volit u velkých zdrojů.



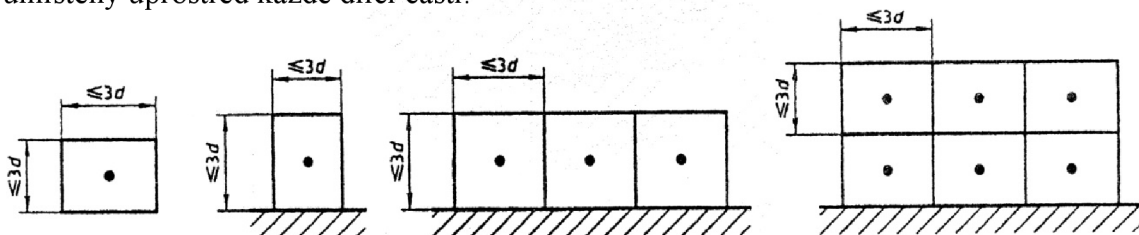
Obrázek 32. Příklad měřící vzdálenosti

4.5.3.2 Velikost měřící plochy rovnoběžnostěnu a základní polohy mikrofonů

Polohy mikrofonů leží na měřící ploše, tj. na hypotetické ploše rozměru S , která obklopuje zdroj. Strany této plochy jsou rovnoběžné se stranami referenčního rovnoběžnostěnu ve vzdálenosti d . Polohy mikrofonů na měřících plochách ve tvaru rovnoběžnostěnu jsou závislé na umístění zkoušeného zdroje pro zdroje:

- montované na jedné odrazivé rovině,
- umístěné blízko dvou nebo tří, na sebe kolmých odrazivých rovin.

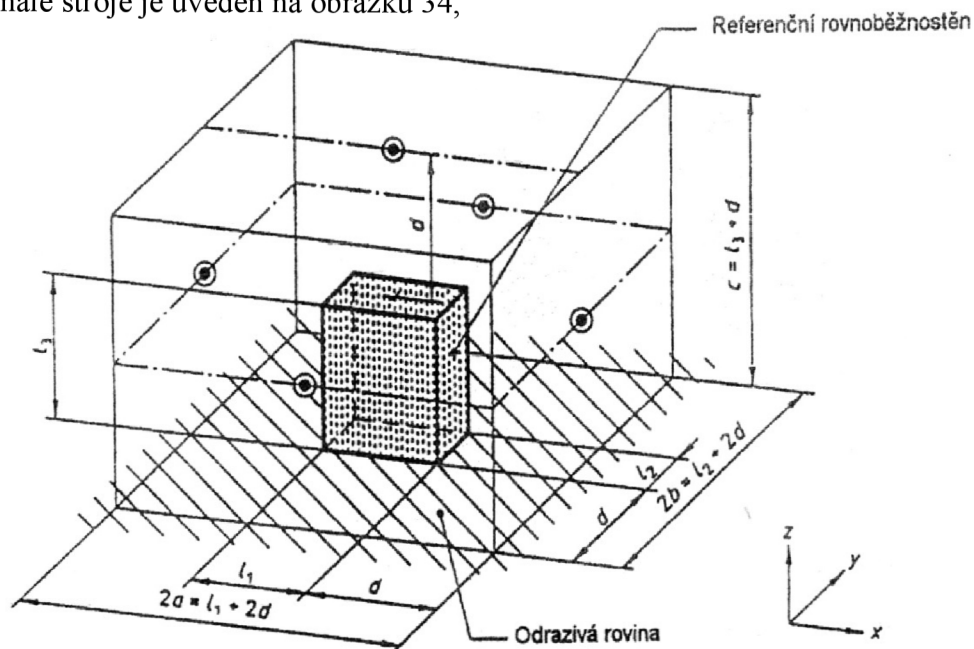
Ad a) Je-li zdroj namontován na jedné odrazivé rovině, tak každá rovina měřící plochy se považuje za samostatnou a je podrobně rozdělena tak, aby výsledkem byl nejmenší možný počet pravoúhlých dílčích částí o stejné velikosti, s maximální délkou strany o velikosti $3d$. Na obrázku 33. je uveden postup pro stanovení poloh mikrofonů, pro zdroje hluku, u kterých je strana měřící plochy větší než $3d$. Mikrofony jsou vždy umístěny uprostřed každé dílčí části.



Obrázek 33. Postup pro stanovení poloh mikrofonů

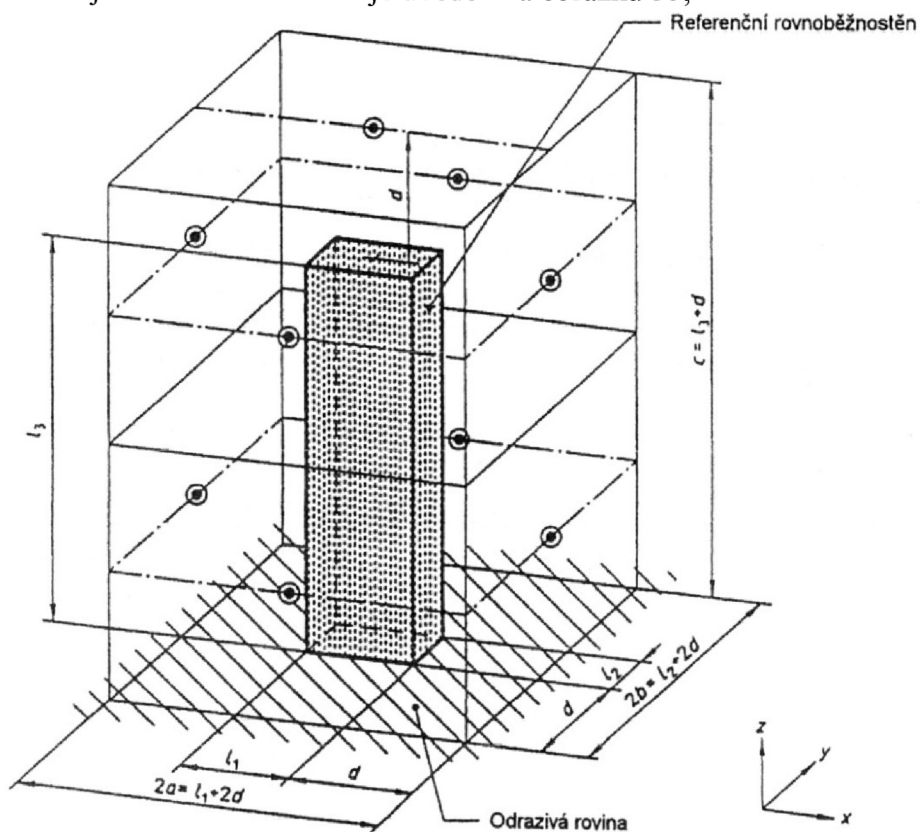
Příklady měřících ploch a poloh mikrofonů pro:

- a) malé stroje je uveden na obrázku 34,



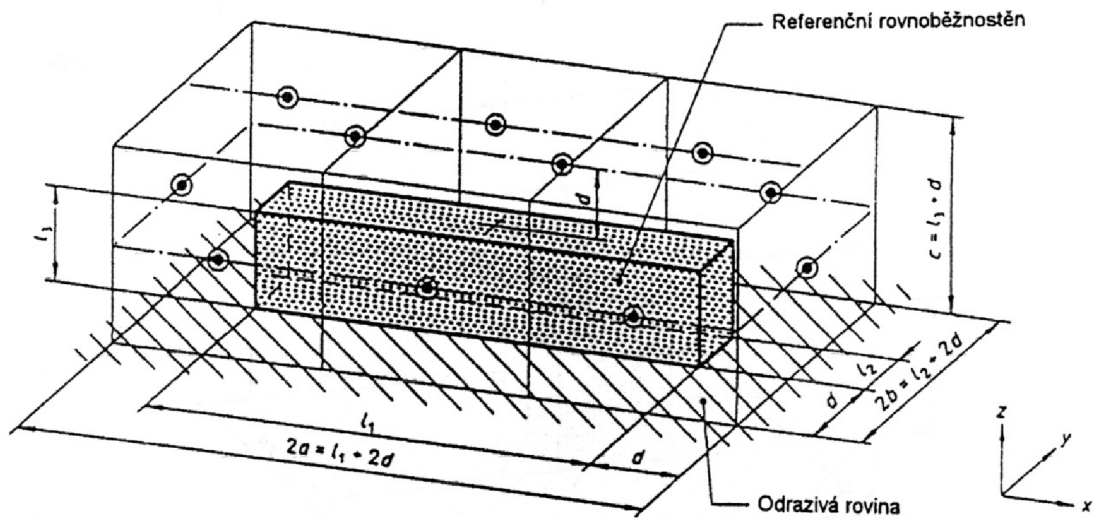
Obrázek 34. Příklad měřící plochy a poloh mikrofonů pro malé stroje

- b) vysoké stroje s malou základnou je uveden na obrázku 35,



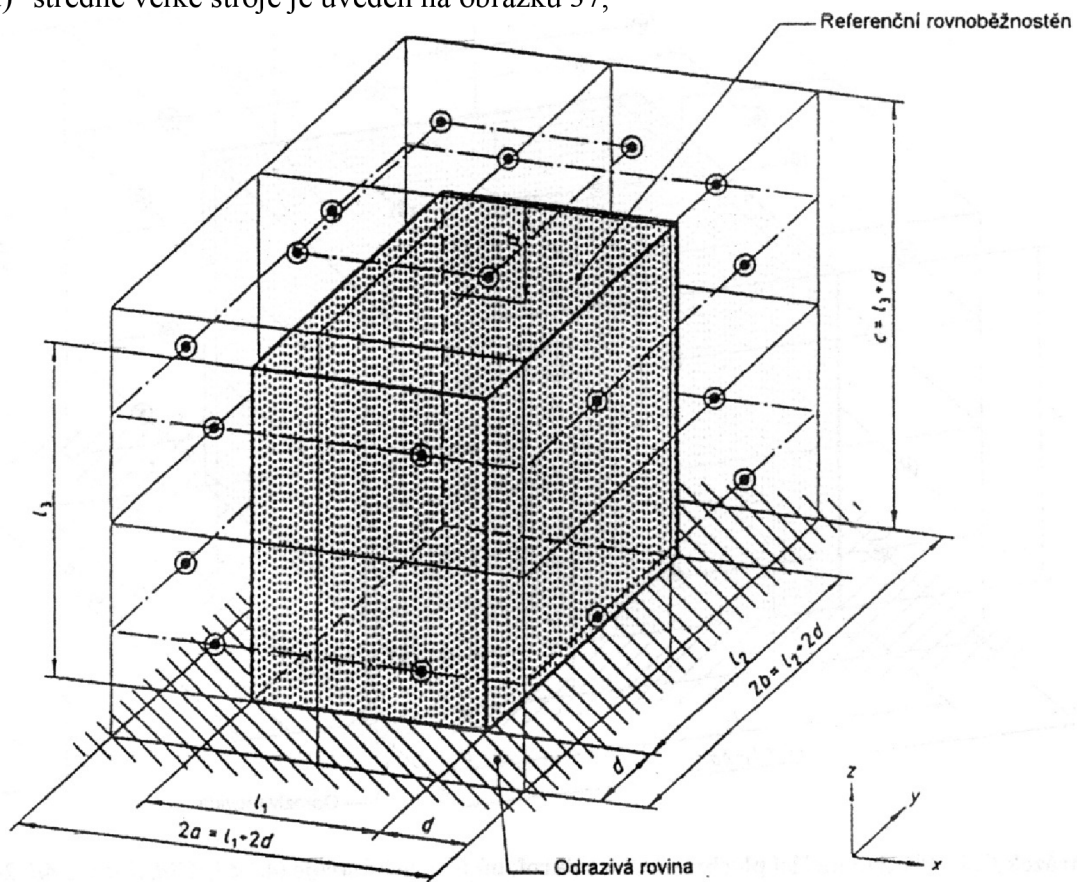
Obrázek 35. Příklad měřící plochy a poloh mikrofonů pro vysoké stroje

c) dlouhé stroje je uveden na obrázku 36,



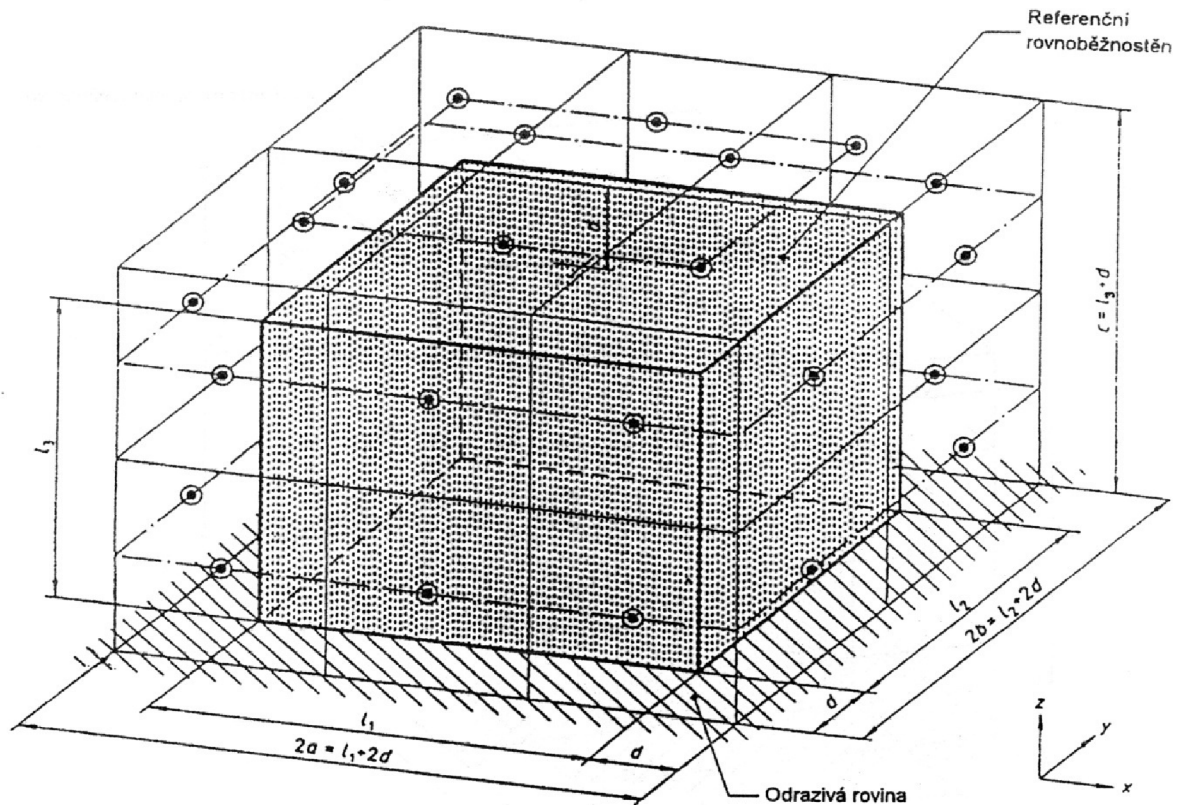
Obrázek 36. Příklad měřící plochy a poloh mikrofónů pro dlouhé stroje

d) středně velké stroje je uveden na obrázku 37,



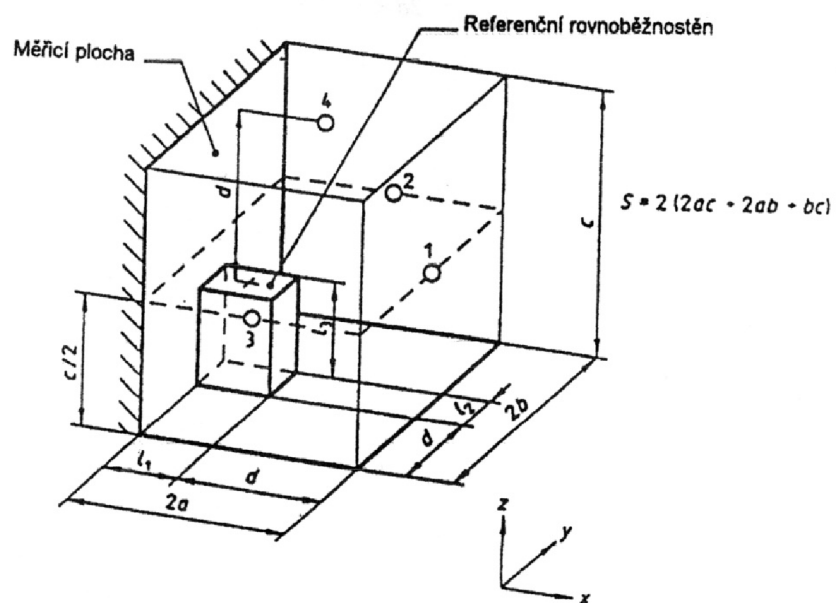
Obrázek 37. Příklad měřící plochy a poloh mikrofónů pro středně velké stroje

e) velké stroje je uveden na obrázku 38.

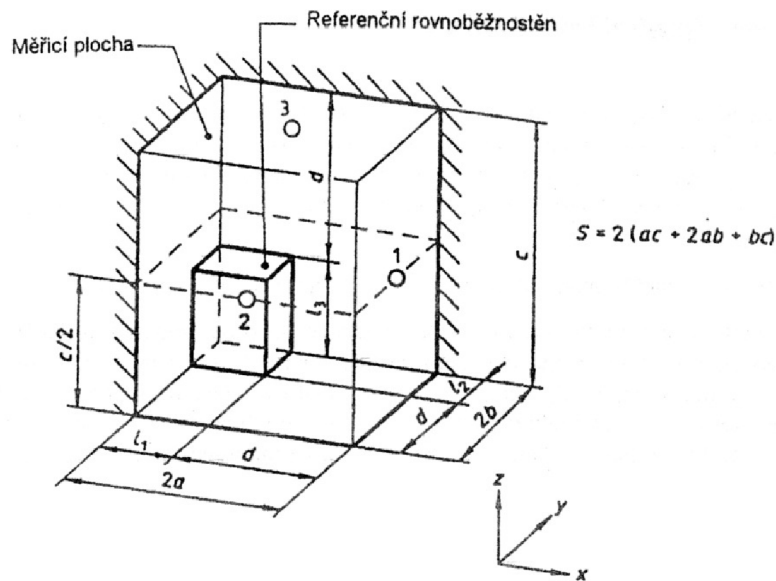


Obrázek 38. Příklad měřicí plochy a poloh mikrofonů pro velké stroje

Ad b) Pro zdroje umístěné v blízkosti více než jedné odrazivé roviny se musí stanovit vhodná měřicí plocha. Tato měřicí plocha, včetně poloh mikrofonů, je uvedena na obrázcích 39 a 40.



Obrázek 39. Měřicí plocha pro zařízení provozované na stolku u jedné stěny



Obrázek 40. Měřicí plocha pro zařízení provozované na stolku u dvou stěn

Výpočet plošného obsahu S měřicí plochy podle obrázků 34 až 38 je dán vzorcem:

$$S = 4(ab + bc + ca) \quad (22)$$

, kde $a = 0,5l_1 + d$

$b = 0,5l_2 + d$

$c = l_3 + d$

l_1, l_2 a l_3 je délka, šířka a výška referenčního rovnoběžnostěnu.

Je-li zkoušený zdroj namontován v blízkosti více než jedné odrazivé roviny, musí se postupovat dle obrázků 39 a 40, kde jsou stanoveny vhodné měřicí plochy. Výpočet velikosti měřicí plochy S pro tyto případy je taktéž uveden na těchto obrázcích.

4.5.3.3 Doplnující polohy mikrofonů na měřicí ploše tvaru rovnoběžnostěnu

Doplnující mikrofony použijeme v případě, že:

- rozsah hladin akustického tlaku měřených v základních polohách mikrofonů překročí dvojnásobek počtu základních poloh mikrofonů,
- zdroj vyzařuje hluk s vysokou směrovostí,
- hluk velkého zdroje je vyzařován jen z jeho menší části, např. z otevřených částí v jinak uzavřené konstrukci stroje.

4.6 Postup měření

Při měření se sleduje hladina akustického tlaku A po dobu časového intervalu provozu zdroje. Doba pozorování musí trvat nejméně 30 s, pokud zkušební předpis pro stanovenou skupinu strojů nebo zařízení nestanovuje jinak. V každé poloze mikrofonu se zaznamenávají hladiny akustického tlaku A.

Z těchto hladin se poté určí:

- hladiny akustického tlaku A, L_{pA} během provozu zkoušeného zdroje,
- hladiny akustického tlaku A, L_p pozadí,

kde L_{pA} je průměrná hladina akustického tlaku A zkoušeného zdroje v provozu

L_p je průměrná hladina akustického tlaku A pozadí na měřicí ploše.

4.7 Výpočet průměrné hladiny akustického tlaku A na ploše

Průměrnou hladinu akustického tlaku A na měřicí ploše zkoušeného zdroje L_{pA} vypočítáme z hladin akustického tlaku L_{pAi} dle rovnice:

$$L_{pA} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{pAi}} \right), \quad (23)$$

kde L_{pA} je průměrná hladina akustického tlaku A na měřicí ploše zdroje v provozu,

L_{pAi} je hladina akustického tlaku A naměřená v i -té poloze mikrofonu,

N je počet poloh mikrofonů.

Průměrnou hladinu akustického tlaku A pozadí zkoušeného zdroje L_p vypočítáme z hladin akustického tlaku pozadí L_{pi} dle rovnice:

$$L_p = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{pi}} \right), \quad (24)$$

kde L_p je průměrná hladina akustického tlaku A pozadí na měřicí ploše,

L_{pi} je hladina akustického tlaku A pozadí naměřená v i -té poloze mikrofonu,

N je počet poloh mikrofonů.

4.8 Výpočet hladiny akustického tlaku A na ploše

Hladina akustického tlaku na ploše L_{pAf} se určí korekcí hodnoty L_{pA} pomocí korekcí K_{1A} na odražený zvuk a korekcí K_{2A} na pozadí dle následující rovnice:

$$L_{pAf} = L_{pA} - K_{1A} - K_{2A} \quad (25)$$

5 PRINCIP MĚŘENÍ EMISNÍCH HLADIN AKUSTICKÉHO TLAKU

Úvod

Pro měření emisních hladin akustického tlaku a vyhodnocení výsledků je využita norma ČSN EN ISO 11202. Tato mezinárodní norma stanovuje metodu měření emisních hladin akustického tlaku na stanovištích obsluhy a dalších stanovených místech v blízkosti strojů nebo částí zařízení, především v polobezodrazovém poli. Měří se emisní hladiny akustického tlaku vážené funkcí A, a je-li to požadováno, špičkové emisní hladiny akustického tlaku vážené funkcí C [6].

Tato metoda je v mnoha bodech podobná metodě popsané v normě ČSN ISO 3746, proto zde uvedu zásadní rozdíly, které je nutno dodržet pro správnou aplikaci této normy při měření.

5.1 Definice základních pojmů

Při využití této mezinárodní normy je potřeba, aby byla definována terminologie, která se používá při měření a výpočtu akustických parametrů výrobků.

Emise

Zvuk šířený vzduchem, vyzařovaný dobře definovaným zdrojem hluku.

Emisní akustický tlak

Je akustický tlak $p_{(e)}$ na stanovených místech blízko u zdroje hluku, když je zdroj v provozu za stanovených provozních a montážních podmínek na odrazové rovině, s vyloučením vlivu hluku na pozadí a rovněž odrazů od jiných rovin než je rovina, na které zdroj spočívá.

Emisní hladina akustického tlaku

Emisní hladina akustického tlaku $L_{p(e)}$ určuje, o co je druhá mocnina okamžité hodnoty emisního tlaku vyšší, než referenční hodnota emisního tlaku a je dána rovnicí:

$$L_{p(e)} = 20 \log(p_{(e)}/p_{0(e)}), \quad (26)$$

kde $p_{(e)}$ je změřená hodnota emisního tlaku,

$p_{0(e)}$ je referenční hodnota emisního tlaku a má hodnotu $p_{0(e)} = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Časově průměrovaná emisní hladina akustického tlaku

Časově průměrovaná emisní hladina akustického tlaku $L_{p(e)eq,T}$ je hladina ustáleného akustického tlaku trvalého zvuku, který má v daném časovém intervalu T , stejnou hodnotu středního kvadrátu akustického tlaku jako posuzovaný zvuk, který je v čase proměnlivý a je vyjádřen rovnicí:

$$L_{p(e)eq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_{(e)}^2(t)}{p_{0(e)}^2} dt \right], \quad (27)$$

kde T je daný časový interval.

Hladiny časově průměrovaného akustického tlaku jsou obvykle váženy funkcí A a označují se výrazem $L_{p(e)Aeq,T}$, který se ve většině případů zkracuje na $L_{p(e)A}$.

Špičková emisní hladina akustického tlaku

Špičková emisní hladina akustického tlaku $L_{p(e),peak}$ je nejvyšší okamžitá emisní hladina akustického tlaku určená v průběhu pracovního cyklu.

Index impulzivního hluku

Veličina, pomocí níž lze charakterizovat hluk vyzařovaný zdrojem jako „impulzní“.

Volné pole nad odrazivou rovinou

Zvukové pole v homogenním, izotropním prostředí v poloprostoru nad nekonečnou, tvrdou rovinou, na níž je umístěn zkoušený zdroj.

Stanoviště obsluhy

Místo v blízkosti zkoušeného zdroje, které je určeno pro obsluhu.

Obsluha

Osoba, jejíž stanoviště je v okolí stroje a která provádí pracovní úkony spojené s činností zdroje.

Stanovené místo

Místo definované u stroje, které zahrnuje místo obsluhy, ale může být i jinde. Místem může být jen jeden pevný bod, nebo souhrn bodů na dráze nebo ploše, která je ve stanovené vzdálenosti od stroje a je popsána v odpovídajícím zkušebním předpisu pro hluk.

Pracovní perioda

Časový interval, během kterého zkoušený zdroj vykonává stanovený proces.

Pracovní cyklus

Určitá posloupnost pracovních period, během kterých zkoušený zdroj vykoná úplný výrobní cyklus.

Hladina akustického tlaku pozadí

Hladina akustického tlaku měřená, když zkoušený stroj není v provozu.

Korekce na prostředí místa

Je korekční člen K_3 , který zahrnuje vliv odraženého zvuku na emisní hladiny akustického tlaku na stanoveném místě. Tento člen je kmitočtově závislý. V případě vážení funkcí A se označuje K_{3A} .

Typická vzdálenost

Vzdálenost a stanoveného místa od nejbližšího hlavního zdroje zvuku zkoušeného stroje. Jestliže hlavní zdroje zvuku stroje jsou nedefinovatelné, volí se a jako vzdálenost mezi stanoveným místem a nejbližší částí zkoušeného zdroje.

5.2 Zkušební prostředí

Úvod

Všechna prostředí, která jsou dostatečně izolovaná od hluku pozadí, jsou považována za vhodná pro měření v souladu s touto normou.

5.5.1 Kritéria způsobilosti zkušební prostředí

Postup pro určení velikosti korekce na prostředí K_{2A} , je stejný jako v normě ČSN ISO 3746, který je popsán v kapitole 4.2.2. Pro tuto mezinárodní normu nesmí korekce na prostředí K_{2A} překročit hodnotu 7 dB.

5.5.2 Kritérium pro hluk pozadí

Tento korekční člen K_{1A} se určuje dle stejných předpisů jako v kapitole 4.2.3.

5.2.3 Korekce na prostředí místa

V souladu s touto metodou se určí korekce na podmínky místa K_3 , na stanovených místech dle rovnice:

$$K_3 = 10 \log(1 + 4 S_4/A), \quad (28)$$

kde $S_4 = 2\pi a^2$,

a je vzdálenost stanoveného místa od nejbližšího hlavního zdroje zvuku stroje.

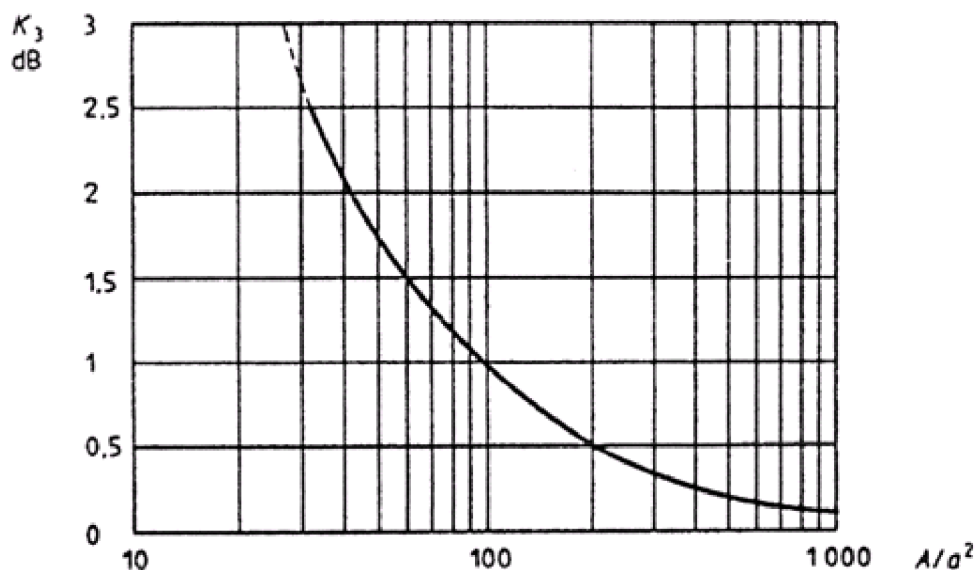
Hodnota ekvivalentní pohltivosti zvuku ve zkušební místnosti se vypočte dle vzorce:

$$A = \alpha \cdot S_V, \quad (29)$$

kde α je střední činitel pohltivosti, který je uveden v tabulce 2 v kapitole 4.2.2.1,

S_V je celková plocha ohraničující zkušební místnost.

Pokud vypočtená hodnota K_3 překročí hodnotu 2,5 dB, musí se použít 2,5 dB jako odhadnutá hodnota korekce na podmínky místa. Obrázek 41 podává hodnoty korekce na podmínky místa.



Obrázek 41. Korekce na podmínky místa K_3 , určená z A/a^2 .

5.3 Montáž a provoz zkoušeného zdroje

Umístění, montáž a provoz stroje během zkoušky jsou velice podobné jako při využití metody z normy ČSN ISO 3746 a jsou popsány v kapitolách 4.4.1, 4.4.2 a 4.4.3.

5.4 Polohy mikrofonů

Úvod

Mikrofon se orientuje tak, aby úhel dopadu zvuku byl stejný s referenčním směrem, který uvádí výrobce mikrofonu, a aby byly splněny požadavky IEC 651 nebo IEC 804. Když je to možné, měří se emisní hladina akustického tlaku neobsluhovaného stroje tak, že se mikrofon orientuje na dominantní zdroj zvuku.

Je-li přítomna obsluha, nesmí mít na obleku žádné mimořádně pohltivé části, či klobouk nebo šátek. Výjimku tvoří ochranná přilba požadovaná z bezpečnostních důvodů. Při přítomnosti obsluhy se umísťuje mikrofon $0,20 \pm 0,02$ m od střední roviny její hlavy a v přímce očí, která je rovnoběžná s přímkou pohledu obsluhy.

5.4.1 Polohy mikrofonů pro sedící osobu

Je-li sedadlo spojeno se zkoušeným strojem a obsluha není přítomna, musí se mikrofon umístit $0,80 \pm 0,05$ m nad střed roviny sedadla. Když není sedadlo spojeno se zkoušeným strojem a obsluha není přítomna a pokud existuje zkušební předpis určený pro skupinu strojů a zařízení, do které zkoušený stroj patří, umísťuje se mikrofon podle něj.

Pokud je obsluha přítomna, předpokládá se, že vzdálenost roviny sedadla od vrcholku hlavy obsluhy je $0,91 \pm 0,05$ m.

5.4.2 Polohy mikrofonů pro stojící osobu

Je-li přítomna obsluha, aplikují se obecné požadavky uvedené v úvodu. Pokud obsluha není přítomna, definuje se poloha mikrofonu vzhledem k referenčnímu bodu v rovině, na kterém obvykle obsluha stojí. Potom se musí mikrofon umístit přímo nad referenční bod do stanovené výšky v rozmezí $1,55 \pm 0,075$ m.

5.4.3 Polohy mikrofonů pro obsluhu pohybující se po stanovené dráze

V situacích, kdy se obsluha pohybuje po stanovené dráze v blízkosti zkoušeného zdroje, musí se použít dostatečný počet poloh mikrofonů nebo pohybující se mikrofon pro určení hladiny akustického tlaku podél stanovené dráhy.

Referenční linie je definována jako linie na podlaze přímo nad hlavou obsluhy, pro typickou stanovenou dráhu. Pokud není v příslušném předpisu pro pohybující se obsluhu stanovená výška, musí být mikrofon umístěn přímo nad referenční linií ve výšce, která je stanovena v rozmezí $1,55 \pm 0,075$ m.

5.4.3 Polohy mikrofonů pro pomocníky a neobsluhované stroje

Když nelze žádné místo obsluhy identifikovat, musí se definovat a uvést ve zkušebním předpise buď „konvenční“ pracovní místo, nebo jedno či více míst pomocníka.

Pro případ, kdy neexistuje zkušební předpis, se měří ve čtyřech nebo více polohách mikrofonů, které jsou ve výšce $1,55 \pm 0,075$ m ve vzdálenosti 1 m od každé strany referenčního rovnoběžnostěnu definovaného v normě ČSN ISO 3746. Největší hodnota emisní hladiny tlaku se musí zaznamenat jako emisní hladina akustického tlaku zkoušeného stroje. Místa měření se musí zaznamenat.

5.5 Měřené veličiny

V každé poloze, během pracovní periody nebo pracovního cyklu zkoušeného stroje se měří tyto základní parametry:

- emisní hladina akustického tlaku A, $L'_{pA(e)}$,
- emisní špičková hladina akustického tlaku C, $L_{pC,peak}$.

5.6 Postup měření

Úvod

Aby měření bylo správné a akceptovatelné, musíme stanovit měřicí interval a postup, kterým provedeme daná měření.

5.6.1 Měřicí interval

Měřicí interval musí být zvolen tak, aby byly na stanovených místech určeny emisní hladiny akustického tlaku, nebo je-li to požadováno, časové průběhy emise zvuku pro stanovené provozní podmínky.

Pro daný zkoušený zdroj může být měřicí interval T složen z množství dílčích intervalů T_i , z nichž každý odpovídá určité pracovní periodě zdroje. V tomto případě se obvykle požaduje jedna emisní hladina akustického tlaku. Ta se získá průměrováním jednotlivých emisních hladin akustického tlaku A podle následující rovnice:

$$L_{pA(e)} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N T_i 10^{0,1L_{pA(e),T(i)}} \right), \quad (30)$$

kde T je celý měřicí interval,

T_i dílčí měřicí intervaly,

N celkový počet dílčích měřicích intervalů nebo pracovních period,

$L_{pA(e),T(i)}$ emisní hladina akustického tlaku A v dílčím měřicím intervalu T_i .

Pokud existuje zkušební předpis určený pro skupinu strojů nebo zařízení, do které náleží zkoušený stroj, je v něm obvykle uvedena délka časového intervalu. Když je na stanoveném místě při určených provozních podmínkách emise hluku ustálená, musí být délka měřicího intervalu nejméně 15 s.

Není-li na stanoveném místě při určených provozních podmínkách emise hluku ustálená, musí být délka měřicího intervalu a pracovní periody zkoušeného stroje pečlivě definovány.

5.6.2 Měřící postup

Emisní hladiny akustického tlaku se musí změřit při typické pracovní periodě zkoušeného stroje. Pro měření emisní hladiny akustického tlaku se obvykle používá integrující-průměrující zvukoměr odpovídající IEC 804. Opakování měření zahrnuje následující postup:

- a) pokud je to proveditelné, je zkoušený stroj opakovaně zapínán a vypínán,
- b) mikrofon se vzdaluje a vrací zpět na stanovené místo,
- c) měření je znovu uspořádáno ve stejném prostředí, se stejnými přístroji, ve stejném měřicím intervalu a při stejných montážních a provozních podmínkách.

5.7 Určované veličiny

Aby se získaly emisní hladiny akustického tlaku na stanovených místech, musí se naměřené hladiny akustického tlaku uplatnit jak korekce na hluk pozadí K_1 tak korekce na vliv prostředí místa K_3 , s výjimkou špičkových hladin akustického tlaku $L_{pC,peak}$, kde nejsou přípustné žádné korekce.

Použije se taková korekce K_1 a K_3 , která je platná pro frekvenčně vážené hladiny akustického tlaku, které jsou měřeny. Pro vážení funkcí A:

$$L_{pA(e)} = L'_{pA(e)} - K_{1A} - K_{3A}, \quad (31)$$

kde $L'_{pA(e)}$ je základní změřená hodnota emisní hladiny akustického tlaku,

$L_{pA(e)}$ je hodnota emisní hladiny akustického tlaku.

6 NEJISTOTY VZNIKAJÍCÍ PŘI MĚŘENÍ

Úvod

Jednotlivě určené hodnoty hladin akustického výkonu a emisních hladin akustického tlaku zdroje zvuku, které se určují podle metod popsanych v normách ČSN ISO 3746 a ČSN EN ISO 3746 se budou pravděpodobně lišit od skutečných hodnot, a to o určitý rozdíl v rámci rozsahu nejistoty měření. Nejistota při měření hladin akustického výkonu a emisních hladin akustického tlaku vzniká působením několika faktorů ovlivňujících výsledky, z nichž některé jsou spojeny s podmínkami prostředí při měření v laboratoři, jiné s použitou měřicí technikou.

6.1 Nejistota měření při použití normy ČSN ISO 3746

Pro zdroje vyzařující ustálený širokopásmový hluk je při určení hladin akustického výkonu A podle této mezinárodní normy směrodatná odchylka rovná nebo menší než 3 dB při podmínce, když korekce na prostředí K_{2A} je menší než 5 dB. Je-li korekce na prostředí K_{2A} od 5 dB do 7 dB, je směrodatná odchylka reprodukovatelnosti rovna 4 dB. Pro zdroje vyzařující diskrétní kmitočtové složky je obvykle směrodatná odchylka reprodukovatelnosti o 1 dB větší viz tabulka 6.

Tabulka 6. Odhad největších směrodatných odchylek reprodukovatelnosti.

Typ zdroje	Největší hodnota směrodatné odchylky reprodukovatelnosti σ_R [dB]
Zdroje vyzařující ve sledovaném kmitočtovém rozsahu hluk s poměrně plochým spektrem	3
Zdroje vyzařující hluk s výraznými diskrétními kmitočty	4

Směrodatné odchylky v tabulce 6 jsou svázány s podmínkami pro zkoušky a postupy, definovanými v této normě nikoliv s vlastním zdrojem hluku. Vyplývají z rozdílnosti:

- měřících laboratoří,
- atmosférických podmínek,
- geometrie zkušební místnosti,
- akustických vlastností odrazivé roviny, typu hluku a pozadí
- kalibrace přístrojů.

Jsou také ovlivněny změnami:

- v experimentálních postupech,
- v rozměru a tvaru měřicí plochy,
- v počtu a umístěním mikrofonů,
- a v neposlední řadě umístěním zdroje hluku.

Nejistota měření závisí na směrodatné odchylce reprodukovatelnosti uvedené v tabulce 6 a na požadovaném konfidenčním stupni. Např. pro normální rozdělení hladin akustického výkonu je pro 90% konfidenci skutečná hodnota hladiny akustického výkonu zdroje v rozsahu $\pm 1,645 \sigma_R$ naměřené hodnoty, pro 95% konfidenci leží naměřené hodnoty v intervalu $\pm 1,69 \sigma_R$. Další příklady uvádí řada norem ČSN ISO 7574 a ČSN ISO 9296 [6].

6.2 Nejistota měření při použití normy ČSN EN ISO 11202

Nejistota měření závisí na směrodatné odchylce reprodukovatelnosti a požadovaném konfidenčním stupni. Pro stanovení směrodatné odchylky reprodukovatelnosti emisních hladin akustického tlaku je nezbytný rozsáhlý soubor naměřených hodnot v každém bodě a v některých případech se budou tyto směrodatné odchylky lišit pro mnoho různých typů strojů a zařízení, pro něž je tato norma použitelná. Podrobné informace o přesnosti této metody se nemohou podat, protože velikost korekce na prostředí místa je omezena na 2,5 dB.

Přesto se v případě, že se měří v akusticky podobném zkušebním prostředí pro zdroje, které vyzařují relativně ploché spektrum hluku v kmitočtovém rozsahu 100 až 10000 Hz, předpokládaná hodnota směrodatné odchylky reprodukovatelnosti rovná nebo je menší než 5 dB. Daná hodnota směrodatné odchylky reprodukovatelnosti je maximální, ale pro velmi dobře určené skupiny strojů může být menší [6].

7 VLASTNÍ MĚŘENÍ

Úvod

V této kapitole bude popsán zkoušený výrobek a měřicí zařízení, kterým budou provedena daná měření. Dále zde bude uveden postup měření s příslušnými výpočty.

7.1 Popis zkoušeného výrobku a měřicího zařízení

K měření a ověření hluku byla použita stojanová dvoukotoučová bruska ELKO B175 na obrázku 42, která je určena pro univerzální broušení menších předmětů, nářadí a nástrojů např. soustružnických nožů, vrtáků, ručního nářadí a podobně, včetně nástrojů ze SK.



Obrázek 42. Stojanová bruska ELKO B175.

Technické parametry:

- jmenovité napětí 3 x 380 V,
- jmenovitý proud 1,6 A,
- jmenovitý příkon 550 W,
- jmenovité otáčky 1400 otáček/minutu,
- jmenovitá frekvence 50 Hz,
- doba zatížení 45 minut,
- brusné kotouče 175 x 20 x 20 mm,
- hmotnost 20 kg.

Měření bylo provedeno v budově SZÚ ve zkušebně mechanických zařízení a tato zkušebna byla vybavena dalšími stroji a zařízeními. K měření a ověření hluku bylo využito zvukoměru od výrobce Brüel & Kjaer typ 2231 s mikrofonem typu 4155 téhož výrobce. Obě použitá měřidla jsou na obrázku 43 a 44.



Obrázek 43. Zvukoměr Brüel & Kjaer typ 2231.

Zvukoměr typu 2231 je univerzální, ruční, bateriový analyzátor zvuku skládající se z technických prostředků a operačního systému. Tento ruční přenosný přístroj je schopen provádět veškerá měření a analýzy, které jsou typické pro měření hluku na veřejných místech a v pracovním prostředí. Je vhodný pro:

- komplexní akustická měření,
- oktávové a třetinooktávové analýzy,
- shromažďování dat pro další zpracování.

Technické vlastnosti zvukoměru:

- splňuje požadavky IEC 804 typu 1 a ANSI S1.4-1984 typu 1,
- snadno čitelný alfanumerický displej,
- volitelné polarizační napětí, které dovoluje využití mnoha přídavných mikrofonů,
- možnost souběžného měření efektivních a špičkových hodnot;
- impulsový rozsah 73 dB,
- špičkový lineární rozsah 70 dB,
- rozsah měření 24 až 113 dB.



Obrázek 44. Mikrofon Brüel & Kjaer typ 4155.

Mikrofon typu 4155 je 1/2" mikrofon pro měření ve volném poli. Má vysokou citlivost a je velmi vhodný pro široký rozsah přesných měření zvuku v audiofrekvenční oblasti v souladu s normami IEC 651 a IEC 1094-4 WS2F. Technické vlastnosti mikrofonu:

- citlivost 50 mV/Pa,
- frekvenční rozsah od 4 Hz do 16 kHz,
- tepelný šum 14,5 dB.

7.3 Příprava měření

Příprava měření hluku obnášela vhodné umístění zkoušeného výrobku a zvukoměru, aby měření byla správná a reprodukovatelná. Zkoušený výrobek byl umístěn v pravoúhlé místnosti o rozměrech 8 x 8 x 8 m, na zdi ve výšce 0,7 m od podlahy v poloze, které odpovídá běžnému použití. Zvukoměr byl uchycen na stativ a umístěn v místě obsluhy 1,6 m nad zemí, 1 m od obrysu stroje a uprostřed délky zařízení.

7.2 Postup měření

V první části bylo nutné provést měření hladin akustického tlaku pozadí, které se měřilo při vypnutém zkoušeném výrobku. Následně se zařízení uvedlo do chodu na prázdko a měření se provádělo 3krát po dobu 30 s. Měření byly hladiny akustického tlaku s časovou charakteristikou FAST a časovou charakteristikou IMPULZ. Z těchto naměřených hodnot bylo třeba určit, zda hluk obsahuje či neobsahuje významné impulzní složky, které by mohly ovlivňovat konečný výsledek měření. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7. Naměřené hodnoty akustického tlaku.

číslo měření	L_p - POZADÍ	L'_{pA} - FAST	L'_{pAI} - IMPULZ
	[dB]	[dB]	[dB]
1	50,5	61,5	61,9
2	50,4	61,6	61,7
3	50,6	61,5	61,8

Posledním krokem byl výpočet všech potřebných parametrů a následné vyhodnocení výsledků s rozhodnutím, zda výrobek splňuje požadavky nařízení vlády 148/2006 Sb., které stanovuje ochranu zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. K výpočtu těchto parametrů byl vytvořen program, který by měl tyto výpočty velice zjednodušit.

7.3 Výpočet parametrů

Zde bude popsán výpočet všech parametrů, které jsou potřeba pro vyhodnocení měření. Výpočet bude proveden pomocí vytvořeného programu.

7.3.1 Výpočet impulzivnosti

Z naměřených hodnot akustického tlaku s časovým vážením FAST a časovým vážením IMPULZ určíme, zda se jedná o impulzivní zvuk dle vztahu:

$$L'_{pAIi} - L'_{pAi} \quad (33)$$

kde L'_{pAIi} je hodnota akustického tlaku s časovým vážením IMPULZ,

L'_{pAi} je hodnota akustického tlaku s časovým vážením FAST.

Pokud je rozdíl větší nebo roven 3 dB, považuje se zvuk za impulzivní.

Obrázek 45 zobrazuje výpočet impulzivnosti dle vytvořeného programu, který nám vypíše, o jaký druh zvuku se jedná.

		Časové vážení-FAST	Časové vážení- IMPULZ	Časové vážení- POZADÍ
1	HLUK PŘI PROVOZU ZKOUŠENÉHO ZDROJE			
2				
3	Číslo měření			
4	1	$L'_{pA1} = 61,5$ dB	$L'_{pAI1} = 61,9$ dB	$L_{p1} = 50,5$ dB
5	2	$L'_{pA2} = 61,6$ dB	$L'_{pAI2} = 61,7$ dB	$L_{p2} = 50,4$ dB
6	3	$L'_{pA3} = 61,5$ dB	$L'_{pAI3} = 61,8$ dB	$L_{p3} = 50,6$ dB
7	4	$L'_{pA4} =$ dB	$L'_{pAI4} =$ dB	$L_{p4} =$ dB
8	5	$L'_{pA5} =$ dB	$L'_{pAI5} =$ dB	$L_{p5} =$ dB
9	6	$L'_{pA6} =$ dB	$L'_{pAI6} =$ dB	$L_{p6} =$ dB
10	7	$L'_{pA7} =$ dB	$L'_{pAI7} =$ dB	$L_{p7} =$ dB
11	8	$L'_{pA8} =$ dB	$L'_{pAI8} =$ dB	$L_{p8} =$ dB
12	9	$L'_{pA9} =$ dB	$L'_{pAI9} =$ dB	$L_{p9} =$ dB
13	10	$L'_{pA10} =$ dB	$L'_{pAI10} =$ dB	$L_{p10} =$ dB
14				
15				

ZVUK NENÍ IMPULZIVNÍ

Obrázek 45. Výpočet impulzivnosti.

7.3.2 Výpočet charakteristického rozměru zdroje

Jelikož máme výrobek o rozměrech 230 x 380 x 250 mm, které lze považovat za malé, bude výhodné použít měřící plochu ve tvaru polokoule. Charakteristický rozměr zdroje, který je závislý na rozměrech stroje a počtu odrazivých rovin, je vypočten na obrázku 46. Všechny potřebné vzorce pro výpočet jsou uvedeny v kapitole 4.5.1.

ROZMĚRY STROJE:

délka: $l_1 = 0,230$ m

šířka: $l_2 = 0,380$ m

výška: $l_3 = 0,250$ m

CHARAKTERISTICKÝ ROZMĚR ZDROJE:

Zadejte počet odrazivých rovin: 1

Výpočet charakteristického rozměru pro referenční rovnoběžnostěn u jedné odrazivé roviny:

$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + (l_2/2)^2 + l_3^2} = 0,33$ m

Výpočet charakteristického rozměru pro referenční rovnoběžnostěn u dvou odrazivých rovin:

$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + l_2^2 + l_3^2} = \text{nepočítá se m}$

Výpočet charakteristického rozměru pro referenční rovnoběžnostěn u tří odrazivých rovin:

$d_0 = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + l_3^2} = \text{nepočítá se m}$

Obrázek 46. Výpočet charakteristického rozměru zdroje.

7.3.3 Výpočet plošného obsahu měřící plochy

Výpočet plošného obsahu vyplývá z velikosti poloměru polokulové měřící plochy, jehož hodnota je odvozená z charakteristického rozměru zdroje, který doporučujeme zaokrouhlit na jednu z doporučených hodnot v normě. Tyto normované hodnoty jsou uvedeny v kapitole 4.5.2.1. V programu si je možné zvolit velikost poloměru, kterou budeme používat pro výpočet plošného obsahu polokulové plochy. Na obrázku 47 uveden je výpočet velikosti této plochy.

Výpočet parametrů - Microsoft Excel

Domů Vložení Rozložení stránky Vzorce Data Revize Zobrazení

Calibri 11 A A

Vložit

Schránka

Písmo

Zalamovat text

Sloučit a zarovnat na střed

Zarovnání

Obecný

Číslo

BY44

35 **VOLBA POLOMĚRU R:**

36 $r = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 0,33 = 0,67 \text{ m}$ Vždy volíme bližší vyšší číslo

37

38 Pro $r =$ 1 m volte číslo 1

39 2 m volte číslo 2

40 4 m volte číslo 3

41 6 m volte číslo 4

42 8 m volte číslo 5

43 10 m volte číslo 6

44 12 m volte číslo 7

45 14 m volte číslo 8

46 16 m volte číslo 9

47 jiné: m volte číslo 10

48

49

50 Volba čísla:

51

52 $r =$ 1 m

53 **VELIKOST POLOKULOVÉ MĚŘICÍ PLOCHY:**

54 Velikost polokulové měřicí plochy v případě jedné odrazivé roviny:

55

56 $S = 2 \cdot \pi \cdot r^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,00 = 6,28 \text{ m}^2$

Obrázek 47. Výpočet obsahu polokulové měřicí plochy.

7.3.4 Výpočet zkušebních podmínek

Mezi zkušební podmínky patří velikost místnosti, ve které se provádí měření. Dále je zde nutné provést výpočet celkové pohltivosti místnosti, která je vypočtena z celkové plochy místnosti a určeného středního činitele pohltivosti, který je uveden v tabulce 3 v kapitole 4.2.2.1. Celkovou pohltivost vypočteme dle vztahu, který je uveden na obrázku 48.

7.3.5 Výpočet akustického prostředí

Výpočet akustických parametrů prostředí lze považovat za nejdůležitější část postupu při výpočtu. Určují se zde průměrné hladiny akustických tlaků A na ploše a jednotlivé korekce na prostředí, které se využijí k výpočtu námi určované veličiny. V prvním kroku z naměřených dat vypočteme průměrné hladiny akustických tlaků A na měřicí ploše, dle rovnice v kapitole 4.7. Výpočet je naznačen na obrázku 49.

Výpočet parametrů - Microsoft Excel

Domů Vlození Rozložení stránky Vzorce Data Revize Zobrazení

Times New Rom 12 A A

Vložit Schránka Písmo Zarovnání Číslo

AZ85

66 **CELKOVÁ PLOCHA OHRANIČUJÍCÍ MÍSTNOST:**

67 délka místnosti: a = 8 m

68 šířka místnosti: b = 8 m

69 výška místnosti: c = 8 m

70

71 $S_v = 2 \cdot (ab + bc + ca) = 2 \cdot (64 + 64 + 64) = 384 \text{ m}^2$

72

73 **CELKOVÁ POHLTIVOST MÍSTNOSTI URČENÁ DLE ČSN ISO 3746:1996:**

74

75 Volba středního činitele pohltivosti α :

76

77 Pro $\alpha = 0,15$ volte číslo 1

78 0,2 volte číslo 2

79 0,25 volte číslo 3

80

81 Volba čísla: 1

82

83 $\alpha = 0,15$

84

85 $A = \alpha \cdot S_v = 0,15 \cdot 384 = 57,6 \text{ m}^2$

Obrázek 48. výpočet celkové pohltivosti místnosti.

Výpočet parametrů - Microsoft Excel

Domů Vlození Rozložení stránky Vzorce Data Revize Zobrazení

Times New Rom 12 A A

Vložit Schránka Písmo Zarovnání Číslo

G51

86 **AKUSTICKÉ PROSTŘEDÍ:**

87

88 $L'_{pA} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{pAi}} \right) = 61,53 \text{ dB}$

89

90

91

92 $L'_{pAl} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{pAl i}} \right) = \text{nepočítá se dB}$

93

94

95

96 $L_p = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{pi}} \right) = 50,50 \text{ dB}$

97

98

99 $\Delta L = L'_{pA} - L_p = 11,03 \text{ dB}$

100

101 $\Delta L = L'_{pI} - L_p = \text{nepočítá se dB}$

Obrázek 49. Výpočty průměrných hladin akustických tlaků A na měřící ploše.

Z takto vypočtených průměrných hladin akustických tlaků A na měřicí ploše můžeme vypočítat korekce na prostředí, které nám udávají, zda je prostředí k měření způsobilé. Program nám simuluje výpočet všech potřebných korekcí na prostředí, a pokud by některá korekce na prostředí přesahovala stanovenou mez, program by napsal doporučení, jak postupovat v dalších krocích při výpočtu. Výpočet korekcí na prostředí je naznačen na obrázku 50.

Výpočet parametrů - Microsoft Excel

Domů Vlození Rozložení stránky Vzorce Data Revize Zobrazení

Vložit Schránka Písmo Zarovnání Číslo

DB108

98 **Korekce na pozadí K_{1A} :**

99

100 $\Delta L = L'_{pA} - L_p = 11,03 \text{ dB}$

101

102 $\Delta L = L'_{p1} - L_p = \text{nepočítá se dB}$

103

104 $K_{1A} = \text{nekoriguje se dB}$

105

106 **Podmínka $\Delta L > 10 \text{ dB}$ nekoriguje se, proto $K_{1A} = 0,00 \text{ dB}$**

107

108 **Korekce na prostředí K_{2A} :**

109

110 $S = 6,28 \text{ m}^2$

111

112 $K_{2A} = 10 \cdot \log(1 + 4 \cdot S / A) = 10 \cdot \log(1 + 6,28 / 57,6) = 1,57 \text{ dB}$

113

114 **Podmínka $K_{2A} \leq 7 \text{ dB}$ je splněna a lze použít tuto normu pro výpočet**

115

116 **Korekce na prostředí K_{3A} :**

117

118 Vzdálenost stanoveného místa od nejbližšího hlavního zdroje: $a = 1 \text{ m}$

119

120 Plošný obsah měřicí plochy:

121

122 $S_3 = 2 \cdot \pi \cdot a^2 = 3,14 \cdot 1 = 6,283 \text{ m}^2$

123

124 $K_{3A} = 10 \cdot \log(1 + 4 \cdot S_3 / A) = 10 \cdot \log(1 + 6,28319 / 57,6) = 1,57 \text{ dB}$

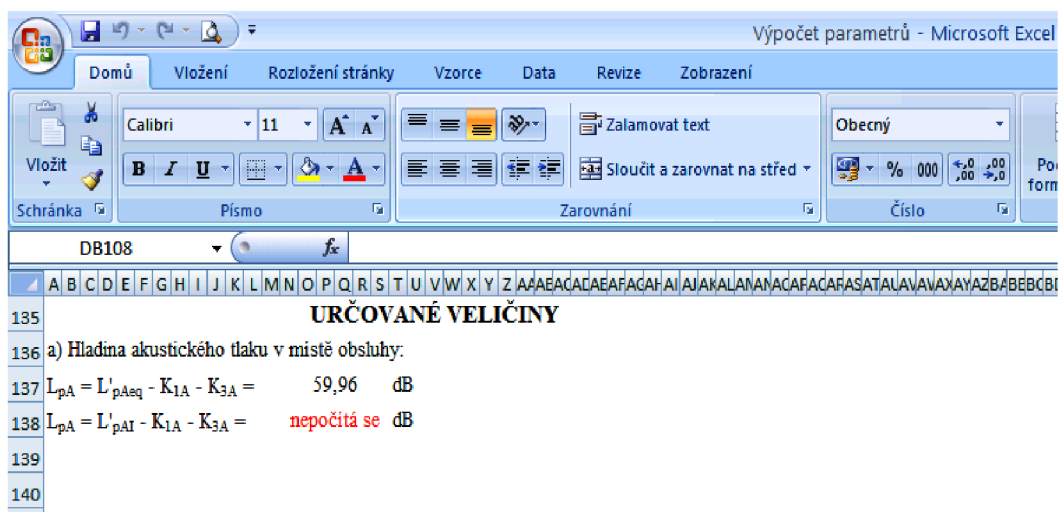
125

126 **Podmínka $K_{3A} \leq 2,5 \text{ dB}$ je splněna a lze použít tuto normu pro výpočet**

Obrázek 50. Výpočty korekcí na prostředí.

7.3.6 Výpočet určovaných veličin

Na závěr měření je potřeba vypočítat celkovou úroveň hluku zařízení, která se posoudí s nařízením vlády 148/2006 Sb., zda výrobek splňuje hlukové limity a zda není potřeba používat zvláštních ochranných pomůcek při práci na tomto zařízení. Výpočet je znázorněn na obrázku 51.



8 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo analyzovat potřebné podmínky pro měření hluku, programovat výpočet potřebných parametrů podmínek a stanovit a ověřit metodiku pro odhad nejistoty výsledků stanovených veličin akustického tlaku a výkonu.

V první části byla provedena analýza všech norem a nařízení vlád, potřebných pro měření, výpočet a hodnocení akustického tlaku a výkonu, které využívá při měření SZÚ. Tyto normy byly rozděleny dle měřených a určovaných veličin. Při určování těchto veličin bylo potřeba definovat základní parametry a jejich maximální hodnoty, které jsou nezbytné pro korektní výpočet. Z analýzy vyplynuly tyto závěry:

- nesprávný výpočet korekce na pozadí může výrazně ovlivnit výslednou emisní hodnotu akustického tlaku,
- velikost korekce na prostředí nesmí přesáhnout hodnotu 7 dB,
- velikost korekce na prostředí místa nesmí přesáhnout hodnotu 2,5 dB,
- v případech, kde některá korekce přesáhne stanovenou hodnotu, je měření pomocí této metody nesprávné a musí se využít jiné metody.

V další části práce následovalo programování těchto výpočtů v jednoduchém programu. Pro výpočet bylo využito programu microsoft EXCEL, kde byl programován celý postup výpočtu všech parametrů, které mohou ovlivňovat přesnost a správnost měření. Program byl vytvořen pro co největší všestranné použití, aby co nejvíce vyhovoval pracovníkům SZÚ. Závěrečné výpočty důležitých parametrů jsou vždy doplněny slovním komentářem, zda jsou parametry správně nastaveny a nepřekračují dané limitní meze. V případě nevhodnosti nastavení podmínek měření, program vždy vypíše použití jiných vhodných metod a výpočtů pro určení těchto podmínek. Nedílnou součástí programování tohoto výpočtu byl i požadavek na vytvoření protokolu, který by co nejvíce ušetřil čas s vypracováním potřebného protokolu o zkoušce. Tudíž všechny výpočty a důležité náležitosti jsou transformovány do protokolu o zkoušce, který stačit doplnit potřebnými údaji, které jsou odlišné pro každý výrobek. Závěr v protokolu je věnován vyjádření, zda výrobek splňuje požadavky nařízení vlády 148/2006 Sb. a případném doporučení.

Nejistota měření při určování hladin akustického výkonu a emisních hladin akustického tlaku již byla stanovena a uvedena v těchto jednotlivých normách. Velikosti těchto nejistot měření byly získány dlouholetými zkušenostmi. Proto při využití těchto norem je vhodné držet se těchto doporučených hodnot, které jsou popsány v této práci.

Cíl diplomové práce se nepodařil zcela naplnit. Výpočtový program pro zadané podmínky pracuje v pořádku, ale nelze v něm obsáhnout všechny postupy používaných metod a některé určované veličiny. Proto je program určen jen pro výpočet nejdůležitějších a nejjednodušších parametrů, které většinou postačí pro vydání protokolu o zkoušce, který je všeobecně uznáván.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. SMETANA, Ctirad. *Hluk a vibrace : měření a hodnocení*. 1. vyd. Praha : Sdělovací technika, 1998. 188 s. ISBN 80-901936-2-5.
2. *Strojírenský zkušební ústav, s. p.* [online]. c2008 [cit. 2008-01-16]. Dostupný z WWW: <http://www.szutest.cz/download/cz/czszu_pre_hluk.pdf>.
3. BERNAT, Petr. *Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu* [online]. c2003-2007 [cit. 2008-03-11]. Dostupný z WWW: <http://homen.vsb.cz/%7Eber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm>.
4. *Portál veřejné zprávy České republiky* [online]. [2003-2008] [cit. 2008-04-15]. Dostupný z WWW: <http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/6966/_s.155/699/place>.
5. *ČSN ISO 3746 : Akustika - Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustického tlaku. Provozní metoda měření ve volném poli nad odrazivou rovinou*. [s.l.] : [s.n.], 1996. 36 s.
6. *ČSN EN ISO 11202 : Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - měření emisních hladin akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech. Provozní metoda in situ*. [s.l.] : [s.n.], 1997. 20 s.
7. NOVÝ, Richard. *Hluk a chvění*. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1995. 389 s. ISBN 80-01-01306-5.
8. HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. *Fyzika : Mechanika - termodynamika*. 1. vyd. Sv. 2. Brno : VUTIUM, 2000. ISBN 80-214-1868-0. Mechanika - termodynamika, s. 330-576.
9. TOMÁŠEK, Zdeněk. *Fyzika : Mechanické kmity, vlnění a akustika*. 3. nezměněné vyd. Praha : SNTL, 1977. 82 s.

10. ŠPELDA, Antonín. *Akustika*. 2. pozměněné a doplněné vyd. Praha : SPN, 1958. 236 s.

11. *ELKO* [online]. [2005] [cit. 2008-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.elkonk/brousekb175.html>>.

12. *Condenser Microphone Cartridges — Types 4133 to 4181* [online]. [2000] [cit. 2008-03-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.bksv.com/pdf/Bp0100.pdf>>.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

SZÚ		strojírenský zkušební ústav
t	[s]	doba kmitu
A_m	[m]	amplituda
a	[m]	vzdálenost soustavy od rovnovážné polohy
T	[s]	čas, za který soustava provedla jeden kmit (peroida)
φ	[rad]	fázový úhel
f	[s ⁻¹]	frekvence kmitu
ω	[Hz]	úhlová rychlost
λ	[m]	vlnová délka
c	[ms ⁻¹]	rychlost šíření zvuku ve vzduchu
c_1	[ms ⁻¹]	rychlost šíření vlny v prostředí 1
c_2	[ms ⁻¹]	rychlost šíření vlny v prostředí 2
α	[°]	úhel
β	[°]	úhel
A_{mk}	[m]	amplitudy jednotlivých vln
f_1	[s ⁻¹]	základní frekvence
T_1	[s]	perioda základní harmonické složky
ČSN		česká technická norma
ISO		mezinárodní organizace pro normalizaci
V	[m ³]	objem zkušební místnosti
α	[-]	střední činitel pohltivosti
K_{1A}	[dB]	korekce na hluk pozadí v případě vážení funkcí A
K_{2A}	[dB]	korekce na vliv prostředí v případě vážení funkcí A
ΔL	[dB]	rozdíl mezi naměřenou hladinou akustického tlaku a hladinou akustického tlaku pozadí
EN		evropská norma
K_{3A}	[dB]	korekce na podmínky místa
IEC		mezinárodní elektrotechnická norma
p	[Pa]	akustický tlak
L_{px}	[dB]	hladina akustického tlaku

p_0	[Pa]	referenční hodnota akustického tlaku
$L_{peq,T}$	[dB]	hladina časově průměrovaného akustického tlaku
$T_{\xi i}$	[s]	časový interval
L_{pA}	[dB]	hladina časově průměrovaného akustického tlaku
W	[W]	akustický výkon
E	[J]	akustická energie
t_E	[s]	doba šíření akustické energie
L_w	[dB]	hladina akustického výkonu
W_0	[W]	referenční hodnota akustického výkonu
S	[m ²]	obsah měřicí plochy
d_0	[m]	charakteristický rozměr zdroje
d	[m]	měřicí vzdálenost
L_{WA}^*	[W]	hladina akustického výkonu A referenčního zdroje zvuku nekorigovaná na vliv prostředí
L_{WAr}	[W]	kalibrovaná hladina akustického výkonu A referenčního zdroje zvuku
A	[m ²]	celková pohltivost místnosti
S_V	[m ²]	celková plocha ohraničující zkušební místnost
T_d	[s]	doba dozvuku ve zkušební místnosti
L_{pA}	[dB]	průměrná hladina akustického tlaku A zkoušeného zdroje v provozu
L_p	[dB]	průměrná hladina akustického tlaku A pozadí na měřicí ploše
l_1	[m]	délka referenčního rovnoběžnostěnu
l_2	[m]	šířka referenčního rovnoběžnostěnu
l_3	[m]	výška referenčního rovnoběžnostěnu
Q	[-]	střed poloulové plochy
r	[m]	poloměr polokulové plochy
S_1	[m ²]	obsah polokulové měřicí plochy v případě jedné odrazivé roviny
S_2	[m ²]	obsah polokulové měřicí plochy v případě dvou odrazivých rovin
S_3	[m ²]	obsah polokulové měřicí plochy v případě tří odrazivých rovin
L_{pAi}	[dB]	průměrná hladina akustického tlaku A naměřená v i-té poloze mikrofonu

N	[-]	počet poloh mikrofonů
L_{pi}	[dB]	průměrná hladina akustického tlaku A pozadí naměřená v i -té poloze mikrofonu
L_{pAf}	[dB]	hladina akustického tlaku A na ploše
$p_{(e)}$	[Pa]	emisní akustický tlak
$L_{p(e)}$	[dB]	emisní hladina akustického tlaku
$p_{0(e)}$	[Pa]	referenční hodnota emisního tlaku
$L_{p(e)eq,T}$	[dB]	časově průměrovaná emisní hladina akustického tlaku
$L_{p(e),peak}$	[dB]	emisní špičková hladina akustického tlaku
a	[m]	vzdálenost stanoveného místa od nejbližšího hlavního zdroje zvuku
σ_R	[-]	směrodatná odchylka reprodukovatelnosti
SK		slinuté karbidy
ANSI		americká standardizační organizace
$L'_{pA(e)}$	[dB]	emisní hladina akustického tlaku A
$L_{pC,peak}$	[dB]	emisní špičková hladina akustického tlaku C
T_i	[s]	dílčí měřicí intervaly
$L_{pA(e),T(i)}$	[dB]	emisní hladina akustického tlaku A v dílčím měřicím intervalu T_i

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1. Protokol o zkoušce



PROTOKOL O ZKOUŠCE

č. zkušební protokol

Výrobek: Dvoukotoučková bruska

Typové označení: ELKO B175

Objednatel: ELKO Nový Knín, v.d.
Masnerova 398
262 03 Nový Knín

Výrobce: ELKO Nový Knín, v.d.
Masnerova 398
262 03 Nový Knín

Odpovědný pracovník : Milan Vácha

Datum vydání protokolu: 17.3.2008

Rozdělovník: 1x SZÚ
1x Objednatel

Zkoušky byly provedeny na základě objednávky č.

I. Popis výrobku

Stojanová dvoukotoučová bruska ELKO B175 je určena pro univerzální broušení menších předmětů, nářadí a nástrojů např. soustružnických nožů, vrtáků, ručního nářadí a podobně, včetně nástrojů ze SK.

Technické parametry:

- jmenovité napětí 3 x 380 V,
- jmenovitý proud 1,6 A,
- jmenovitý příkon 550 W,
- jmenovité otáčky 1400 otáček/minutu,
- jmenovitá frekvence 50 Hz,
- doba zatížení 45 minut,
- brusné kotouče 175 x 20 x 20 mm,
- hmotnost 20 kg.

Rozměry zařízení:

délka x šířka x výška 0,23 m x 0,38 m x 0,25 m

II. Zkoušený vzorek

K prohlídce, zkouškám a ověřením a ověřením byla předložena stojanová dvoukotoučová bruska ELKO B175. Prohlídku, zkoušky a ověření provedl dne 2008-03-17 v SZÚ Bmo, Hudcova 56 b, pracovník

Zkoušky byly provedeny s využitím měřících a zkušebních zařízení s platnou kalibrací.

Tabulka č. 1

Použité měřidlo	Výrobní číslo Inventární číslo	Přesnost	Ověřeno do:
Zvukoměr typ 2231 (Brüel & Kjar)	1735176	Tř. 1	2009-03-08
Měřicí mikrofon – typ 4155 (Brüel & Kjar)	1758758	Tř. 1	2009-03-08
Svinovací dvoumetr	ME 430	1 mm/2 m	8/2009
Podmínky okolí	teplota: 20 °C	atm. tlak: 101,8 kPa	vlhkost: 56 % rH

III. Výsledky zkoušek a ověření

Tabulka č. 2

Poř. č.	Název a specifikace zkoušky	Použitá norma (předpis)	Výsledky zkoušky	Vyhod. (*)
1	Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Měření emisních hladin akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech - Provozní metoda in situ	ČSN EN ISO 11202:1997	Výsledky zkoušky jsou uvedeny v tomto protokolu	+
	Akustika - Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustického tlaku. Provozní metoda. Měření ve volném poli nad odrazivou rovinou.	ČSN ISO 3746:1996		

*) vyhodnocení

+ Technický požadavek splněn - Technický požadavek nesplněn x Technický požadavek nehodnocen na daný výrobek se nevztahuje

Další údaje:

Měření bylo provedeno dle ČSN EN ISO 11202:1997, ČSN ISO 3746:1996

Rozměry stroje:

délka: $l_1 = 0,23$ m šířka: $l_2 = 0,38$ m výška: $l_3 = 0,25$ m

Charakteristický rozměr zdroje:

$$d_0 = [(l_1/2)^2 + (l_2/2)^2 + l_3^2]^{1/2} = (0,11)^2)^{1/2} = 0,33 \text{ m}$$

$$r = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 0,33 = 0,67 \text{ m} \quad - \text{ voleno } r = 1 \text{ m}$$

S - plošný obsah měřicí plochy

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1 = 6,28 \text{ m}^2$$

Zkušební prostředí:

Místnost o rozměrech: 8 x 8 x 8 m

$$S_v = 2 \cdot (ab + bc + ca) = 2 \cdot (64 + 64 + 64) = 384 \text{ m}^2$$

$$A = \alpha \cdot S_v = 0,15 \cdot 384 = 57,6 \text{ m}^2$$

 S_v - celková plocha ohraničující místnost α - střední činitel pohltivosti - voleno dle tabulky A.1 ČSN ISO 3746:1996

$$\alpha = 0,15$$

A - celková pohltivost určená dle čl. A.3.2.1 Přibližná metoda - ČSN ISO 3746:1996

Měření bylo provedeno při maximálním výkonu

Akustické prostředí:

Stroj umístěn uvnitř haly, která byla vybavena dalšími stroji a zařízeními.

Ekvivalentní hladina akustického tlaku pozadí L_p :

$$L_p = 50,5 \text{ dB}$$

ΔL - rozdíl naměřené hladiny akustického tlaku při provozu L'_{pa} a hladiny pozadí L_p :

$$\Delta L = L'_{pa} - L_p = 61,5 - 50,5 = 11,0 \text{ dB}$$

Korekce na pozadí při rozdílu ΔL větší než 10 dB je přibližně $K_{1A} = 0,00 \text{ dB}$

Korekce na prostředí K_{2A} nepřesahovala dle článku 6.2 ČSN EN ISO 11202:1997 hodnotu 7 dB.

($K_{2A} = 1,57 \text{ dB}$)

$$S = 6,28 \text{ m}^2$$

$$K_{2A} = 10 \cdot \log(1 + 4 \cdot S / A) = 10 \cdot \log(1 + 4 \cdot 6,28 / 57,6) = 1,57 \text{ dB}$$

$$K_{2A} = 1,57 \text{ dB (zaokrouhleno)}$$

Poloha stanovených míst:

Měřicí místa - místo obsluhy: 1,6 m nad zemí, 1 m od obrysu stroje, uprostřed délky stroje

Korekce na prostředí místa K_{3A} nepřesahovala dle článku 6.6 ČSN EN ISO 11202:1997 hodnotu 2,5 dB.

Korekce na prostředí místa obsluhy $K_{3A} =$

$$K_{3A} = 10 \cdot \log(1 + 4 \cdot S_3 / A) = 10 \cdot \log(1 + 4 \cdot 6,28 / 57,6) = 1,57 \text{ dB}$$

$$a = 1 \text{ m}$$

a - vzdálenost stanoveného místa od nejbližšího hlavního zdroje zvuku

$$S_3 = 2 \cdot \pi \cdot a^2 =$$

$$S_3 = 2 \cdot 3,14 \cdot 2,25 = 6,28 \text{ m}^2$$

S_3 - plošný obsah měřicí plochy

Nejistota měření:

Směrodatná odchylka reprodukovatelnosti (pro relativně "ploché" spektrum hluku v kmitočtovém rozsahu od 100 do 1000 Hz) se rovná nebo je menší než 5 dB. Daná hodnota směrodatné odchylky reprodukovatelnosti je maximální.

Měřené veličiny:

- a) Hladina akustického tlaku v místě obsluhy: $L'_{pAeq} = 61,53$ dB
b) Hladina akustického tlaku v místě obsluhy s časovou charakteristikou I: $L'_{pAI} = 61,80$ dB
c) Špičková hladina akustického tlaku v místě obsluhy: $L_{pC,peak} = 68,50$ dB

Rozdíl ($L'_{pAI} - L'_{pA}$) - index impulzního hluku $0,27$ dB < 3 dB hluk se považuje za neimpulzivní

Určované veličiny:

- a) Emisní hodnota akustického tlaku:

$$L_{pA} = L'_{pAeq} - K_{1A} - K_{3A} = 61,53 - 0,00 - 1,57 = 59,96 \text{ dB}$$

Závěr:

Emisní hodnota akustického tlaku: $L_{pA} = 60,0$ dB

Závěr:

Průměrná naměřená hladina hluku na pracovním místě $L_{pA} = 60,0$ dB nepřevyšuje přípustnou hodnotu $L_{Amax,p} = 85$ dB, není vyšší, takže obsluha nemusí používat za provozu ochanné prostředky sluchu a není nutné sledovat hlukové vlastnosti zařízení.

Ověřoval:	Málek Michal	Kontroloval:	Ing. Jaroslav Šrámek
Datum:	17.3.2008	Datum:	17.3.2008