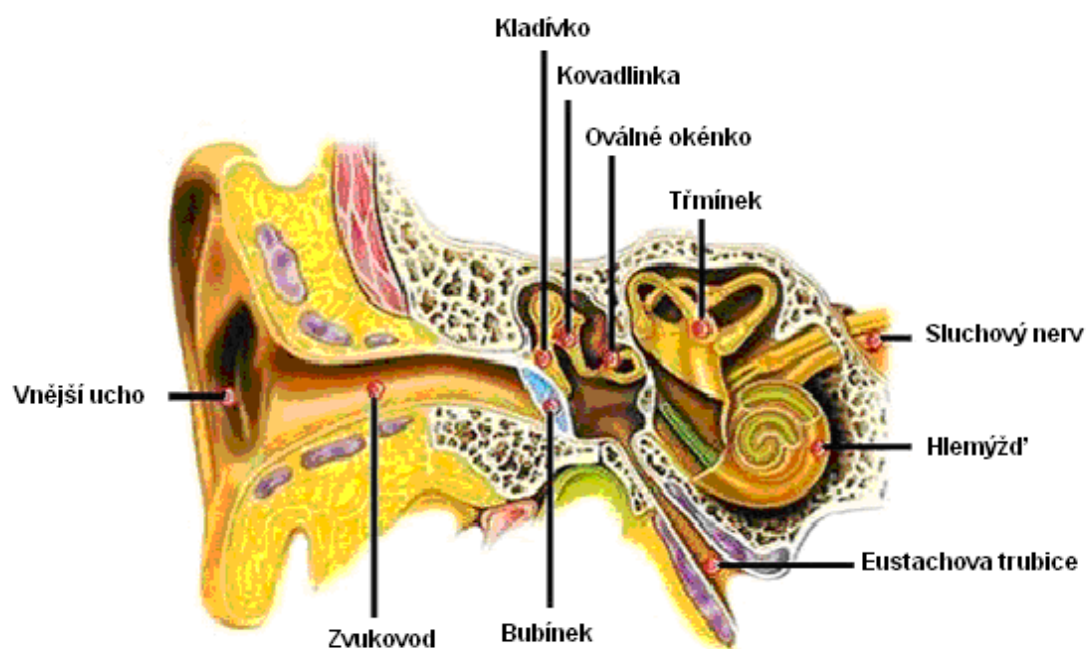




Greif-akustika
s.r.o.



Základy akustiky

Základní pojmy a definice v akustice
Stavební a prostorová akustika
Metody snižování hluku

Obsah:

1. Akustika:	4
2. Základní pojmy v akustice:	4
2.1 Zvuk:	4
2.2 Zvuk šířený konstrukcí:	5
2.3 Hluk:	5
2.4 Perioda, vlnová délka:	5
2.5 Rychlost šíření zvuku:	6
2.6 Způsob šíření zvuku v reálném prostředí:	6
2.7 Rozsah slyšení:	6
2.8 Akustický tlak p [Pa]:	6
2.9 Akustická rychlost v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]:	6
2.10 Akustický výkon W [W]:	6
2.11 Kmitočet f [Hz]:	6
2.12 Koincidenční kmitočet:	7
2.13 Rezonanční kmitočet:	7
2.14 Dynamická tuhost – s' :	7
2.15 Energie kmitajícího bodu:	7
2.16 Složený periodický signál a akustické spektrum:	7
2.16.1 Spektrum čárové:	7
2.16.2 Spektrum spojité:	8
2.17 Spektrální analýza:	8
3. Decibelové stupnice v akustice:	8
3.1 Hladina akustického výkonu L_w [dB]:	8
3.2 Hladina akustického tlaku L_p [dB]:	9
3.3 Vzájemná souvislost decibelových veličin:	9
3.4 Oktávové kmitočtové pásmo:	9
3.5 Třetino-oktávové kmitočtové pásmo:	10
3.6 Hladina akustického tlaku A L_{pA} [dB]:	10
3.7 Hodnocení proměnných hluku:	10
3.7.1 Ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ [dB]:	10
3.7.2 Hladina expozice zvuku L_{AE} [dB]:	11
3.7.3 Distribuční hladina $L_{AN,T}$ [dB]:	11
3.7.4 Hladina spektrální hustoty L_{ps} [dB]:	11
4. Lidské ucho a mechanismus slyšení:	11
4.1 Kritické pásmo:	12
4.2 Maskovací účinek hluku:	13
4.3 Hlasitost impulsních tónů:	13
5. Účinky hluku na člověka:	13
6. Stavební akustika:	15
6.1 Vzduchová neprůzvučnost:	15
6.1.1 Zvuková izolace:	15
6.1.2 Vzduchová neprůzvučnost jednoduché konstrukce:	15
6.1.3 Vzduchová neprůzvučnost dvojité konstrukce:	15
6.1.4 Laboratorní neprůzvučnost R :	15
6.1.5 Stavební neprůzvučnost R' :	15
6.1.6 Přenos zvuku bočními cestami:	15
6.1.7 Přenos zvuku vedlejšími cestami:	15
6.1.8 Vážená laboratorní nebo stavební neprůzvučnosti R_w nebo R'_w :	16
6.2 Kročejová neprůzvučnost:	16
6.2.1 Kročejová neprůzvučnost:	16
6.2.2 Normalizovaná hladina kročejového hluku L_n :	16
6.2.3 Vážená normalizovaná hladina kročejového zvuku L_{nw} :	16
6.2.4 Změna hladiny normalizovaného kročejového hluku:	16
7. Prostorová akustika:	16
7.1 Zvuková pohltivost:	16
7.1.1 Činitel zvukové pohltivosti α :	16
7.1.2 Ekvivalentní pohltivá plocha A :	16

7.1.3 Doba dozvuku T:	16
7.1.4 Snížení hladiny zvuku vlivem pohltivosti:	17
8. Metody snižování hluku:	17
9. Hygienické limity hluku:	18
9.1 Hluk ve venkovním prostoru:	18
9.1.1 Hluk z provozu stac. zdrojů a hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakové práce:	19
9.1.2 Hluk z dopravy na dráhách, silnicích III. třídy, místních kom. III. třídy a účelových kom.:	19
9.1.3 Hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy, na dráhách v ochranném pásmu dráhy a na tramvajových a trolejbusových drahách vedených po silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy:	20
9.1.4 Stará hluková zátěž:	20
9.1.5 Hluk z leteckého provozu:	21
9.1.6 Hluk ze stavební činnosti:	21
9.2 Hluk ve vnitřním prostoru:	21
9.2.1 Hluk pronikající vzduchem zvenčí:	22
9.2.2 Hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu:	22
9.2.3 Hluk ze stavební činnosti:	23
9.3 Hluk na pracovišti:	23
10. Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budovách a obvodových plášťů budov:	25
10.1 Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budovách:	25
10.2 Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů budov:	28
11. Seznam literatury:	29

1. Akustika:

Akustika je rozsáhlý vědní obor, zabývající se komplexně zvukem od jeho vzniku, přenosu prostorem až po vnímání lidskými smysly. Má celou řadu pod disciplín, např.:

- **hudební akustika** zkoumá fyzikální základy hudby, hudebních nástrojů a prostorů,
- **stavební akustika** zkoumá zvukové jevy a souvislosti v budovách a stavbách,
- **prostorová akustika** zkoumá šíření zvuku v obecném prostoru,
- **fyziologická akustika** se zabývá vznikem zvuku v hlasovém orgánu člověka a jeho vnímáním,
- **psycho akustika** se zabývá vnímáním zvuku v mozku atd. [1]

2. Základní pojmy v akustice:

2.1 Zvuk:

Zvukem je každé mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchovýjem.

Zvuk se šíří plyny (vzduchem), pevnými látkami i tekutinami ve formě zvukových vln. Šíření zvukových vln je v různých médiích rozdílné. Lidské ucho vnímá změny atmosférického tlaku bubínkem, který své chvění přenáší na nervové buňky ve vnitřním uchu.

Zvuk je tvořen kmitáním částic pružného prostředí v rozsahu slyšitelných kmitočtů (nejčastěji se udává 20 Hz – 20 kHz).

Podle toho, zda částice prostředí kmitají ve směru šíření vlnění nebo kolmo k němu, dělíme vlnění na příčné a podélné.

- **Příčné vlnění** – hmotné body pružného prostředí kmitají kolmo na směr, kterým vlnění postupuje.
- **Podélné vlnění** – částice pružného prostředí kmitají ve směru, kterým vlnění postupuje.

Pokud se všechny kmity dějí v jedné rovině, říkáme o takovém vlnění, že je lineárně polarizované.

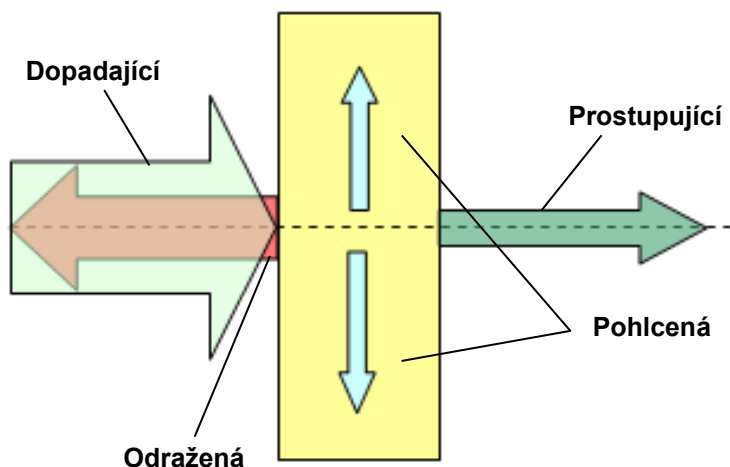
U plynů a kapalin se může vyskytovat pouze podélné akustické vlnění, neboť tyto látky jsou pružné pouze ve smyslu objemové stlačitelnosti.

U materiálů elastických se může vyskytovat vlnění podélné i příčné, protože vykazují pružnost nejenom v tahu a tlaku, ale i smyku. Kombinací z těchto namáhání vzniká i kmitání ohybové.

Akustické vlnění postupuje prostředím od zdroje zvuku ve vlnoplochách.

Zvuková vlna se šíří všemi směry prostorem v tzv. vlnoplochách, které se odráží od překážek nebo jimi prostoupí dále – záleží na druhu povrchu. Pro nás je zajímavé pohlčení části vlny při jejím dopadu na překážku nebo její průnik skrz (viz obrázek).

Obrázek 1 – Pohlcení části vlny přijetím dopadu na překážku



2.2 Zvuk šířený konstrukcí:

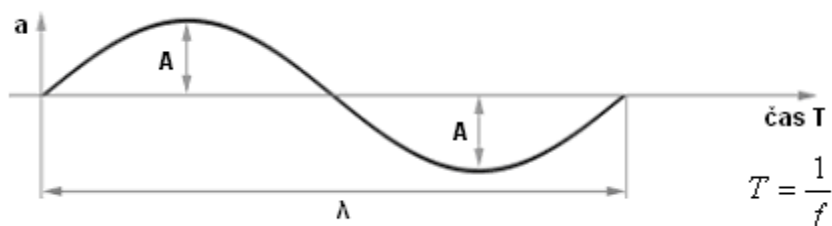
Zvuk šířený konstrukcí je zvláštní forma přenosu zvuku, který vzniká vybuzením pevné hmoty např. úderu na stěny a strop. Zvuková energie je následně vyzařována do vzduchu, nesena vzduchem a vnímána uchem posluchače.

2.3 Hluk:

Hluk je specifická forma zvuku, kterou můžeme fyzikálně popsat jako nepravidelné nebo náhodné kmitání. Z hlediska subjektivního vnímání se tedy jedná o nepříjemný, rušivý, nežádoucí či škodlivý zvuk. Z určitého úhlu pohledu může být hlukem i hudba. Vnímání hluku je ovlivněno mnoha faktory, jako je informační obsah, doba trvání, věk, zdravotní stav nebo postoj posluchače.

2.4 Perioda, vlnová délka:

Perioda, resp. doba trvání jednoho cyklu periodického děje, je převrácenou hodnotou její frekvence. Značí se „ T “ a fyzikální rozměr má shodný jako čas – sekundy. Vlnová délka pak zohledňuje rychlost šíření signálu v prostředí a vyjadřuje, jakou vzdálenost urazí signál za dobu jedné periody. Značí se „ λ “ (lambda) a rozměr má stejný jako míra vzdálenosti (metr). Jde tedy o součin rychlosti šíření „ c “ a periody „ T “.



2.5 Rychlost šíření zvuku:

Ve vzduchu se rychlost šíření zvuku v běžných podmínkách spočítá podle vzorce

$c = 331,8 \text{ m/s} + 0,6 \cdot T \text{ [m/s]}$, kde T vyjadřuje teplotu vzduchu ve stupních Celsia.

Standardizovaná hodnota 340 m/s pak odpovídá teplotě 13,6 °C.

2.6 Způsob šíření zvuku v reálném prostředí:

Zvuk se šíří od zdroje ve vlnoplochách. Ve volném prostředí mohou mít tyto vlnoplochy kulový nebo rovinný tvar, který se však může změnit třeba odrazem/průchodem překážkou apod. Za rovinnou vlnoplochu považujeme též kulovou vlnu, která je vytvořena zdrojem zvuku ve značně velké vzdálenosti, kde již zakřivení vlny nehraje podstatnou roli.

Akustické pole je prostor, ve kterém se šíří zvuk. Přičemž podle charakteru zvukových vln rozlišujeme pole rovinné, kulové a difuzní (obecné, tvořené vlnami různých tvarů).

Při šíření zvuku v prostředí s překážkami (skutečné prostředí) dochází při dopadu zvukové vlny na některou překážku k mnoha jevům, při kterých se navíc část zvuku mění na jinou formu energie (teplo). Obecně se část zvuku odrazí, část akustické energie se přemění v teplo, část překážkou projde, popř. se šíří překážkou samotnou. Dále se může kolem překážky ohnout, může ji rozkmitat tak, že se vlny odečtou a překážka se začne chovat, jako by veškerou akustickou energii pohlcovala apod. Všechno záleží na rozměrech, složení a tvaru překážky, na vlnové délce zvukové vlny atd.

2.7 Rozsah slyšení:

Vnímání zvuku lidským uchem je kmitočtově závislé. Při stejné hladině akustického tlaku budou hluboké tóny vnímány méně než střední tóny v oblasti okolo 1000 Hz nebo tóny vysoké. Rozsah slyšení lidského ucha je rovněž omezen tzv. prahem slyšitelnosti (pro nízké hladiny akustického tlaku) a prahem bolestivosti (pro vysoké hladiny akustického tlaku). Zvýšení hladiny akustického tlaku o 10 dB znamená dvojnásobek vnímané hlasitosti. Opačně snížení hladiny akustického tlaku o 10 dB znamená poloviční hlasitost.

2.8 Akustický tlak p [Pa]:

Barometrický tlak je hodnota přibližně 100 000 Pa, kdežto akustický tlak je veličina o mnoho řádů nižší. Zdravé lidské ucho začíná vnímat akustické tlaky od hodnot $2 \cdot 10^{-5}$ Pa, což je v porovnání s barometrickým tlakem hodnota téměř zanedbatelná. [2]

2.9 Akustická rychlost v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]:

Akustická rychlost je rychlost, se kterou se částice vzduchu pohybují pod působením akustického tlaku kolem své rovnovážné polohy.

2.10 Akustický výkon W [W]:

Akustický výkon (dříve značen P) je měřítkem celkové akustické energie, která je vyzářená ze zdroje nebo která prochází danou plochou. Je základní a nejdůležitější veličinou popisující akustické vlastnosti zdroje zvuku.

2.11 Kmitočet f [Hz]:

Kmitočet f [Hz] určuje počet kmitů za sekundu, které vykoná kmitající hmotný bod. [2]

2.12 Koincidenční kmitočet:

Pokud při dopadu zvuku na jednoduchou konstrukci dojde ke shodě vlnových délek dopadajícího zvuku a volných ohybových vln nastává tzv. koincidenční efekt, při kterém dochází k podstatnému zhoršení zvukoizolačních schopností. Poloha koincidenčního efektu je funkcí úhlu dopadajících zvukových vln, fyzikálních vlastností a tloušťky přepážky.

2.13 Rezonanční kmitočet:

Rezonanční soustava hmota – pružina – hmota (např. roznášecí deska – pružná podložka – stropní konstrukce nebo předstěna – vzduchová mezera – základní stěna) má určitý rezonanční kmitočet f_r . V oblasti rezonančního kmitočtu významně klesají zvukoizolační vlastnosti stavebních prvků. To je i důvod, proč se snažíme vyloučit rezonanční jev z oblasti kmitočtů 100 – 3150 Hz. Polohu f_r je možno ovlivnit změnou vlastností pružiny, resp. šířkou vzduchové mezery, tloušťkou pružné podložky, změnou dynamické tuhosti podložky nebo změnou hmotnosti prvků.

2.14 Dynamická tuhost – s' :

Dynamickou tuhostí s' rozumíme odpor pružiny proti vlivům změn zatížení. Obecně je dynamická tuhost větší než tuhost statického zatěžování. Ve stavební akustice představuje pružinu např. vzduchový polštář uzavřený v dutině dvojité příčky nebo pružná podložka v plovoucí podlaze. U plošných pružných podložek je dynamická tuhost s' vyjadřována v kN/m^3 nebo v MPa/m .

2.15 Energie kmitajícího bodu:

Energie kmitajícího bodu se skládá ze dvou složek – energie potenciální E_p a energie pohybové E_k . Podle zákona o zachování energie musí být jejich součet konstantní. [2]

2.16 Složený periodický signál a akustické spektrum:

Akustické spektrum je soubor hodnot sledované akustické veličiny uváděný v závislosti na kmitočtu. Sledovanou veličinou bývá akustický tlak, akustická rychlost, intenzita zvuku, akustický výkon, respektive jejich hladiny. [2]

Každý reálný zvuk se skládá z řady dílčích signálů. Proto musíme pracovat se spektry. Spektrum zvuku může být zásadně dvojího druhu:

- spektrum čárové (diskrétní),
- spektrum spojitě.

2.16.1 Spektrum čárové:

Zvuky, resp. hluky, s kterými se v praxi setkáváme, nejsou v naprosté většině harmonické signály. Hovoříme potom o periodickém nebo neperiodickém signálu neharmonickém. Složený periodický signál možno rozvést pomocí Fourierova rozvoje v nekonečnou řadu harmonických signálů, jejichž kmitočty jsou celistvým násobkem frekvence.

Složený periodický signál můžeme tedy jednoznačně popsat, určíme-li jeho jednotlivé diskrétní složky. Složený periodický harmonický signál se vyznačuje v grafu tím, že jednotlivé složky jsou na frekvenční ose od sebe vzdáleny o celistvý násobek základního kmitočtu.

Složené neharmonické zvuky již nemají frekvence jednotlivých složek v poměru celých čísel. [2]

2.16.2 Spektrum spojitě:

U tohoto spektra je sledovaná veličina spojitě rozložena v celém kmitočtovém rozsahu. Sem možno zařadit neperiodické děje, které jsou charakterizovány právě spojitým spektrem. U spojitých spekter si sice můžeme představit, že se spektrální čáry k sobě kupí v nekonečné hustotě a vyplňují tak spojitě frekvenční osu, ale délka spektrálních čar zde nemůže být považována za amplitudu, protože by potom celková energie signálu rostla nad všechny meze.

Proto se u spojitých spekter zavádí pojem spektrální hustoty, která číselně odpovídá amplitudě připadající na frekvenční pásmo o šířce 1 Hz. [2]

2.17 Spektrální analýza:

Tónové složení hluku nebo hudebního zvuku může být vyšetřováno při spektrální analýze. Základem spektrální analýzy je Fourierova transformace. Fourierův teorém říká, že funkce $s(t)$ může být prezentována jako integrál jejích harmonických členů $S(\omega)$, přičemž platí, že velikost každého harmonického členu je jednoduchý integrál signálu $s(t)$.

Veličiny S a s jsou nazývány Fourierovými transformačními páry. S je spektrální rozklad veličiny s a nazývá se spektrem funkce. [2]

3. Decibelové stupnice v akustice:

Hladiny akustických veličin plynou z Weberova – Fechnerova zákona, který zjednodušeně říká: akustické veličiny, které se mění řadou geometrickou, vnímá lidské ucho řadou aritmetickou.

Násobky akustického signálu jsou uchem vnímány jako přírůstky.

Převod geometrické řady na aritmetickou umožňuje funkce logaritmus.

3.1 Hladina akustického výkonu L_w [dB]:

Podle Weber – Fechnerova zákona lze prokázat logaritmickou závislost mezi objektivními akustickými veličinami a subjektivním vjemem člověka. V technické akustice byl zaveden pojem „hladin“ jednotlivých akustických veličin, jejichž jednotkou je „decibel“ [dB]. Při použití decibelových stupnic je důležité stanovit referenční hodnotu. Např. mezi referenčními hodnotami 1 W a 10^{-12} W je v decibelových stupnicích konstantní rozdíl 120 dB.

Hladina akustického výkonu L_w [dB] je definována vztahem:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \text{ dB}$$

kde je: W – sledovaný akustický výkon,
 W_0 – referenční výkon, $W_0 = 10^{-12}$ W.

Každému zvýšení akustického výkonu o jeden řád odpovídá zvýšení hladiny akustického výkonu o 10 dB. [2]

3.2 Hladina akustického tlaku L_p [dB]:

Nejslabší zvukový signál, který je ještě schopen zaznamenat nepoškozený lidský sluch, odpovídá dvaceti miliontinám základní jednotky tlaku 1 Pa, což je akustický tlak 20 μPa . Tato hodnota je $5 \cdot 10^9$ krát menší než normální barometrický tlak. Změna tlaku o 20 μPa je tak malá, že vyvolává vychýlení membrány lidského sluchového orgánu o hodnotu menší, než je průměr jednoho jediného atomu. Lidské ucho je schopno snášet akustické tlaky více než 10^6 krát větší. Navíc lidský sluchový orgán rozlišuje tzv. barvu zvuku, což souvisí se schopností rozpoznávat zvuky různých kmitočtů.

Pro akustický tlak byla zavedena příslušná hladina, kterou je nutno vztahovat vždy k určitému kmitočtu nebo pásmu kmitočtů. Jinak nemá pouhý údaj hladiny akustického tlaku význam, neboť nevypovídá nic o poloze signálu na kmitočtové ose.

Hladina akustického tlaku L_p [dB] je definována vztahem:

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \text{ dB}$$

kde je: p – sledovaný akustický tlak,
 p_0 – referenční akustický tlak, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$.

Tato logaritmická stupnice má jako výchozí bod prahovou hodnotu akustického tlaku $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$, čemuž odpovídá v decibelové stupnici 0 dB. Každému zesateronásobení akustického tlaku v [Pa] odpovídá zvýšení hladiny akustického tlaku o 20 dB.

Akustický výkon nebo akustický tlak jsou veličiny, které úzce souvisejí s teorií vlnění. Každému vlnění odpovídá určitá frekvence nebo frekvenční rozsah. Je proto nezbytné uvádět u hladin akustického výkonu nebo hladin akustického tlaku kmitočet, resp. rozsah kmitočtů, ke kterému daná hodnota přísluší. Jako příklad možno uvést tyto pojmy:

- **celková hladina akustického tlaku** podává informaci o celkovém akustickém tlaku, který je vlněním vyvoláván celkem v celém slyšitelném frekvenčním rozsahu,
- **hladina akustického tlaku v oktavovém pásmu** podává informaci, jaký akustický tlak je soustředěn ve frekvenčním pásmu o šíři jedné oktávy o určitém středním kmitočtu. [2]

3.3 Vzájemná souvislost decibelových veličin:

Hladinu akustického výkonu je nutné odlišovat od ostatních hladin, zejména od hladiny akustického tlaku. Hladina akustického výkonu určuje vždy akustický výkon vyzařovaný určitým zdrojem a je to tudíž vlastnost jenom zdroje zvuku. Hladina akustického tlaku naopak určuje akustický děj v kontrolním místě, resp. v místě posluchače. Tato veličina se výrazně mění se vzdáleností a směrem od zdroje, v závislosti na cestě šíření akustické energie, okolním prostředí apod. [2]

3.4 Oktávové kmitočtové pásmo:

Kmitočtové složení zvuku může být při měření získáno pomocí akustických filtrů, které propustí od mikrofonu do vyhodnocovacího bloku přístroje pouze signály požadované frekvence. Jsou používány dva hlavní typy kmitočtové analýzy:

- s procentuálně konstantní šíří pásma,
- s konstantní šíří pásma.

Při uplatnění první metody analýzy zvuku je šíře pásma propustnosti procentuálně konstantní vzhledem ke střednímu kmitočtu v pásmu.

Druhá metoda používá filtry s konstantní šíří pásma propustnosti nezávislou na středním kmitočtu pásma. Stroje, které vyzařují čisté tóny, je vhodné měřit pomocí aparatur, které obsahují kmitočtové filtry konstantní šíře, neboť obvykle chceme pro další vývoj těchto strojů znát jejich diskrétní složky. Měření hluku, která mají sloužit k určení celkové hlučnosti, obvykle nevyžadují přesnou znalost spektra včetně úrovně diskrétních složek. V těchto případech používáme kmitočtové filtry, resp. kmitočtová pásma o procentuálně konstantní šířce. To splňují např. oktavová pásma. [2]

3.5 Třetino-oktavové kmitočtové pásmo:

Rozdělíme-li oktavové pásmo na tři třetiny (v logaritmických stupnicích), získáme třetino-oktavové pásmo. Musí pro ně platit následující závislost. Je-li frekvencemi f_1 a f_4 ohraničeno pásmo jedné oktávy a frekvencemi f_2 , f_3 krajní frekvence vnitřní třetiny oktávy, můžeme psát:

$$\log \frac{f_2}{f_1} + \log \frac{f_3}{f_2} + \log \frac{f_4}{f_3} = \log \frac{f_4}{f_1} = \log 2$$

kde platí rovnost: $\frac{f_2}{f_1} = \frac{f_3}{f_2} = \frac{f_4}{f_3}$

Poměr krajních kmitočtů v libovolné třetině oktávy je konstantní. [2]

3.6 Hladina akustického tlaku A L_{pA} [dB]:

Hladina akustického tlaku A je hladina akustického tlaku měřená při použití váhového filtru A , který koriguje naměřené hodnoty akustického tlaku podle charakteristiky lidského ucha.

Váhový filtr A je aproximací křivek stejné hlasitosti pro oblast nízkých hladin akustického tlaku a je v mezinárodním měřítku nejčastěji používán. [2]

3.7 Hodnocení proměnných hluku:

3.7.1 Ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ [dB]:

V technické praxi se můžeme setkat s několika případy hlukové expozice. Nejjednodušší případ nastane, je-li zvukový signál časově ustálený, přičemž se předpokládá, že se hladina akustického tlaku A nemění o více než o 5 dB.

Hluk proměnný – je případem hluku, jehož hladina akustického tlaku A se v daném místě a ve sledovaném časovém intervalu mění v závislosti na čase o více než 5 dB.

Při přerušovaném provozu zařízení se jedná o *hluk proměnný přerušovaný*, což znamená, že se v daném místě náhle mění hladina akustického tlaku A a v průběhu hlučného intervalu je zvuk ustálený.

V případech, kdy hluk výrazněji kolísá s časem, není možno jednočíselně charakterizovat hlukovou situaci hladinou akustického tlaku A . Proto byla pro hodnocení proměnných akustických signálů zavedena ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ [dB]. Je to fiktivní ustálená hladina akustického tlaku A , která

má stejné účinky na člověka během sledovaného časového úseku T , jako proměnlivá hladina akustického tlaku A za stejný čas. [2]

3.7.2 Hladina expozice zvuku L_{AE} [dB]:

Hladina expozice zvuku diskretních hlukových událostí je dána vztahem:

$$L_{AE} = 10 \log \frac{1}{\tau_0} \int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{p_A^2(\tau)}{p_0^2} d\tau$$

kde je: $\tau_2 - \tau_1$ [s] dostatečně dlouhý časový interval, stanovený tak,
aby obsáhl veškerý podstatný zvuk posuzované hlukové situace,
 τ_0 [s] referenční časový interval (1 s). [2]

3.7.3 Distribuční hladina $L_{AN,T}$ [dB]:

Jedná se o hladinu akustického tlaku A získanou použitím časové charakteristiky F , která je překračována v N % doby z uvažovaného časového intervalu T . Tato hladina se označuje $L_{AN,T}$ [dB]. [2]

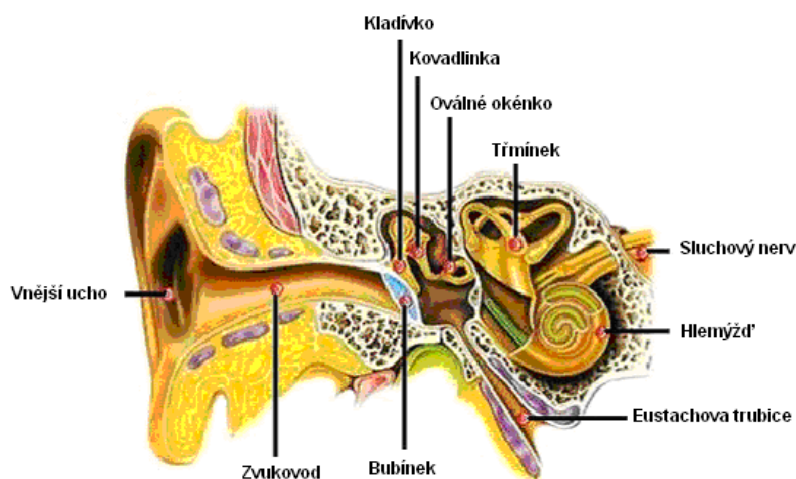
3.7.4 Hladina spektrální hustoty L_{ps} [dB]:

O spektrální hustotě se hovoří v případě spojitých spekter. Protože používané kmitočtové filtry mají konečnou šířku pásma propustnosti, je třeba měřené akustické tlaky, resp. jejich hladiny akustického tlaku, přepočítat na úzké pásmo. [2]

4. Lidské ucho a mechanismus slyšení:

Lidské ucho se skládá z vnějšího, středního a vnitřního ucha. Vnější ucho spojuje okolní prostor s bubínkem, který tvoří překážku ve zvukovodu. Toto spojení je značně dobré při frekvenci 800 Hz a zůstává poměrně dobré i při vyšších frekvencích. Pouze při frekvencích pod cca 400 Hz se kvalita přenosu výrazně zhoršuje. Chvění bubínku se mechanicky přenáší prostřednictvím středního ucha do ucha vnitřního. Vnitřní ucho představuje další odpor pro vedení zvuku. Amplitudy bubínku se transformují do mnohem menších vibrací, ale při vyšším tlaku. Vnímání zvuku nervy nastává podél bazální membrány ušního závítu, kterému se také říká hlemýžď. Zde také probíhá frekvenční analýza zvuku. Zvuky s rozličnou frekvencí zaznamenává membrána vnitřního ucha jako maximální záchvěvy v různých vzdálenostech od oválného okénka.

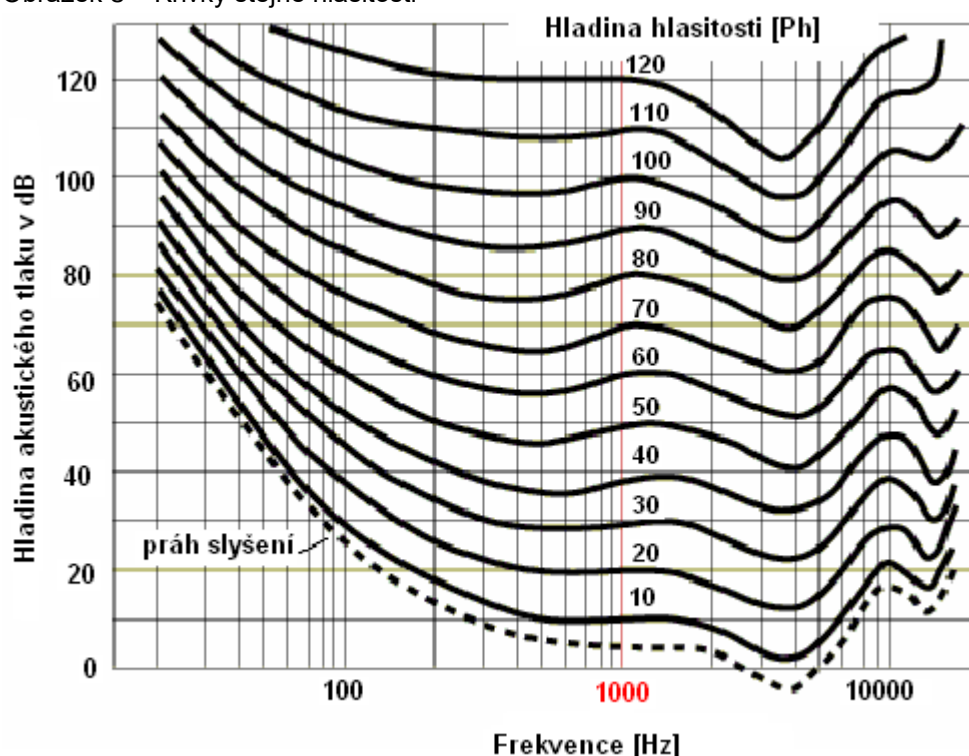
Obrázek 2 – Lidské ucho



Lidské ucho vnímá zvuk v rozsahu kmitočtů 20 Hz až 20 kHz. Aby byl zvuk slyšitelný, musí jeho intenzita, resp. akustický tlak, překročit určitou prahovou hodnotu, která je frekvenčně závislá. Při zvyšování intenzity zvuku dospějeme k takovým hodnotám akustické intenzity zvuku, při nichž dochází k pocitu bolesti. Tím je určen práh bolesti. Všechny slyšitelné zvuky leží mezi prahem slyšení a prahem bolesti.

Sluchový vjem jako subjektivní odraz objektivní reality nekopíruje přesně fyzikální skutečnost. Zřetelné je to především u vjemu **hlasitosti**, kde míra podráždění sluchu způsobená zvukem není přímo úměrná fyzikální energii. Podle **Fechner-Weberova zákona** hlasitost roste s logaritmem intenzity zvuku. Tato závislost však opět není lineární (je frekvenčně závislá). Jednotkou **hlasitosti** je fón [Ph] - (odpovídá hodnotě intenzity při referenční frekvenci 1 kHz). Závislost vjemu hlasitosti na frekvenci je dobře patrná z grafu křivek stejné hlasitosti:

Obrázek 3 – Křivky stejné hlasitosti



Z grafu je patrné, že hodnoty intenzity v [dB] a hlasitosti ve fónech [Ph] si odpovídají jen pro frekvenci 1 kHz, pro nízké a vysoké frekvence je při stejné intenzitě vjem hlasitosti nižší (pro stejnou hlasitost je nutná vyšší intenzita zvuku), pro frekvence do cca 5 kHz naopak vyšší. Prohnutí křivek okolo 3 kHz je způsobeno deformací zvukového pole hlavou posluchače. Pro vyšší intenzity zvuku jsou křivky plošší, frekvenční závislost se zmenšuje. [2]

4.1 Kritické pásmo:

Lidský vjem zvuku není vymezen jen hlasitostí a výškou, ale také třetím faktorem – zabarvením. Zabarvení záleží na harmonickém složení zvuku. Měření prokázala existenci jistých kritických pásem frekvencí a také určité příbuzenství mezi těmito pásmy a vibračními maximy na basiální membráně hlemýžďe. Hlavní rozsah slyšitelných kmitočtů je rozdělen na 24 kritických pásem. Jedno kritické pásmo odpovídá vzdálenosti 1,3 mm podél basiální membrány. V rozsahu jednoho kritického pásma je hlasitost zvuku úměrná efektivní hodnotě akustického tlaku, zatímco hlasitost rozličných pásem se sčítá dohromady podle jakéhosi zvláštního schématu.

Z fyzikálního hlediska je barva zvuku určena tvarem spektra akustického signálu. Fourierovou analýzou dostaneme potom pro různé signály různé složení vyšších harmonických vln, které právě určují barvu zvuku. [2]

4.2 Maskovací účinek hluku:

Jestliže je ucho vystaveno současně dvěma rozdílným zvukům, je všeobecnou zkušeností, že je-li jeden silný, druhý je zastřený a nemusí být téměř slyšet. Tento jev se nazývá „masking efekt“ a říká se, že velmi silné zvuky překrývají zvuky slabé. Maskovací efekt se vysvětluje jako posunutí prahu slyšení způsobené silnějším zvukem. Jeho velikost závisí od rozdílu frekvencí mezi oběma zvuky. Posunutí prahu slyšení je největší okolo frekvence maskujícího tónu a je rozdílné pro čisté tóny a pro zvuky širokopásmové. [2]

4.3 Hlasitost impulsních tónů:

Předpokládá se, že ucho reaguje na průměrnou akustickou energii za určitý čas. To znamená, že v tomto čase integruje akustickou energii, dopadající na sluchový orgán. Protože se ucho pokládá za orgán citlivý na energii, musí vzrůst intenzity pulsu. To znamená, že chceme-li u impulsního zvuku dosáhnout stejného vjemu jako u stálého hluku o určité intenzitě a je-li přítom trvání pulsu např. poloviční než efektivní průměrný čas ucha, musí být jeho intenzita dvojnásobná. [2]

5. Účinky hluku na člověka:

Základem určujícím účinek hluku je jeho intenzita. Člověk se necítí dobře v prostředí s nezvykle nízkou hladinou akustického tlaku A.

Hodnoty okolo **20 dB** považuje většina lidí již za hluboké ticho.

Hladinu **30 dB** hodnotí lidé jako příjemné ticho.

Od **60 dB** výše se již začínají nepříznivě projevovat účinky hluku zejména změnami vegetativních reakcí.

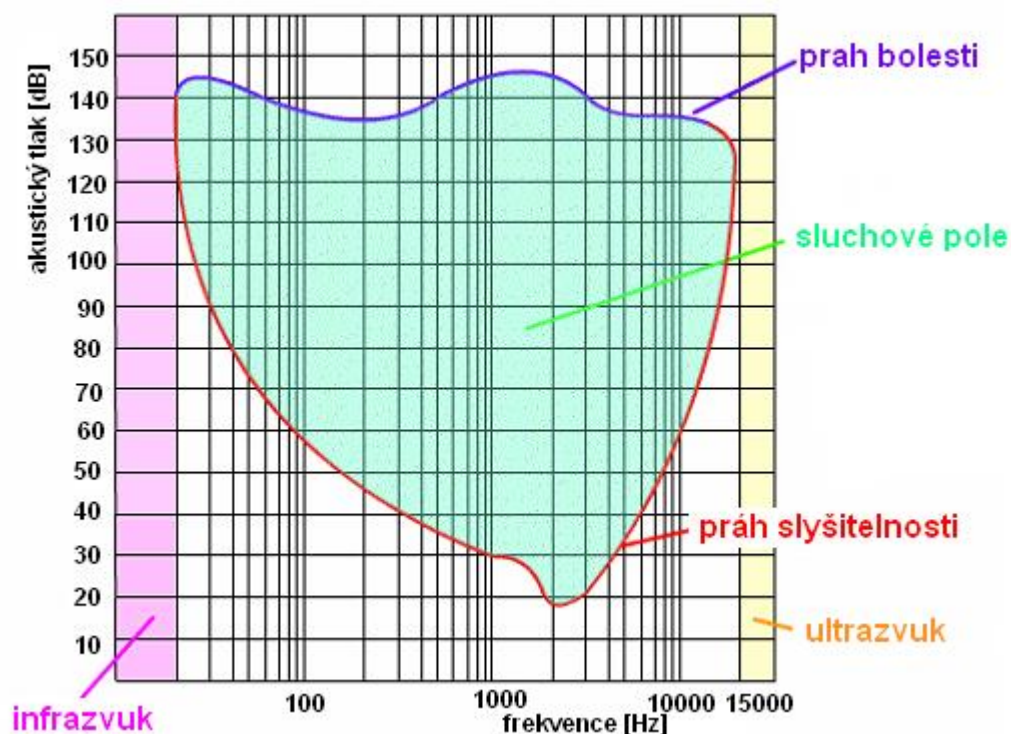
Při trvalém pobytu v prostředí, kde hladiny akustického tlaku A přesahují **85 dB**, již vznikají trvalé poruchy sluchu. Současně se ve větší míře projevují účinky na vegetativní systém a celou nervovou soustavu.

Při **130 dB** se obvykle účinky hluku mění na bolesti ve sluchovém orgánu. K protržení bubínku dochází při hladinách cca **160 dB**.

Vjem zvukového signálu je souhrnem subjektivních veličin – **výšky tónu, hlasitosti a barvy zvuku**, které jsou přímým obrazem objektivních fyzikálních veličin – frekvence, amplitudy, intenzity a časového průběhu zvukového signálu.

Sluchový vjem je závislý na frekvenci a intenzitě zvuku. Výsledný vjem je rovněž značně ovlivněn tím, zda posloucháme zvuk s jednou frekvencí nebo jejich více či méně složitou směs. Zvuky, které u posluchače vyvolají sluchový vjem, lze zařadit do tzv. **sluchového pole**, viz následující obrázek.

Obrázek 4 – Sluchové pole



Tvar sluchového pole je opět individuální pro každého člověka. Zdola je vymezen křivkou popisující prah slyšitelnosti (zvuky pod tímto prahem neslyšíme), seshora pak křivkou prahu bolesti (zvuky nad tímto prahem vyvolávají bolestivý vjem a mohou vést k poškození psychiky i samotného sluchového orgánu). Maximální citlivost sluchu spadá do oblasti mezi 500 až 4000 Hz, pro nižší a vyšší frekvence prudce klesá. [1]

Nebezpečnost hluku spočívá v tom, že lidský organismus nemá prakticky proti působení akustických signálů významnější obranné funkce. Působí-li na lidský zrak nepříjemné světlo, může člověk oči zavřít. U zvuku taková ochrana neexistuje. Problém ochrany sluchu není pouze v technickém řešení, ale také v ekonomické oblasti. Je proto nutno vždy zvolit optimální kompromis mezi technickými a ekonomickými možnostmi společnosti, přičemž hygienické limity jsou pro nás hlukovým kritériem.

6. Stavební akustika:

6.1 Vzduchová neprůzvučnost:

6.1.1 Zvuková izolace:

Zvukovou izolací rozumíme snížení přenosu zvuku mezi dvěma oddělenými prostory. Nejvyšší účinnost má zvuková izolace, která je vytvořena použitím těžkých stavebních materiálů (beton, pálená cihla).

V méně náročných případech se používá zvuková izolace vytvořena i z lehkých nebo porézních materiálů (lehké příčky, sádrokarton, pohltivé podhledy).

6.1.2 Vzduchová neprůzvučnost jednoduché konstrukce:

Vzduchová neprůzvučnost jednoduchých homogenních konstrukcí závisí zejména na jejich plošné hmotnosti.

6.1.3 Vzduchová neprůzvučnost dvojité konstrukce:

Dvojitě konstrukce vykazují ve srovnání s jednoduchými konstrukcemi větší vzduchovou neprůzvučnost, než by příslušela jejich plošné hmotnosti. Velikost zlepšení je ovlivněna několika faktory – ohybovou tuhostí stěn, pohltivou výplní mezery a její tloušťkou, mechanickým spojením stěn, rezonančním kmitočtem systému hmota – pružina – hmota a plošnou hmotností stěn. Na stavbě je vzduchová neprůzvučnost ovlivněna dalšími vlivy, jako je např. přenos zvuku vedlejšími cestami.

6.1.4 Laboratorní neprůzvučnost R:

V laboratorní neprůzvučnosti R je ukazatelem zvukoizolačních schopností stavebních konstrukcí, zjištěný v měřicích místnostech s vyloučením přenosu zvuku vedlejšími cestami. Stupeň vzduchové neprůzvučnosti je závislý na kmitočtu dopadajícího zvuku. Je zjišťován měřením z rozdílu hladin akustického tlaku ve vysílací místnosti L_1 a přijímací místnosti L_2 , korigovaného plochou zkoušeného prvku S a ekvivalentní pohltivou plochou přijímací místnosti A.

Měření se provádí v rozsahu kmitočtů pro stavební akustiku 100 – 3150 Hz.

6.1.5 Stavební neprůzvučnost R' :

Stavební neprůzvučnost R' je ukazatelem vzduchové neprůzvučnosti mezi místnostmi se započítáním vlivu šíření zvuku vedlejšími cestami (pro příčku např. fasádou, stropem, podlahou a vnitřní stěnou). Výsledky měření v laboratoři se mohou od stavebního měření značně lišit – měření na stavbě dosahuje vždy nižších hodnot. Pro „klasické“ stavby (cihlové, betonové) se předpokládá rozdíl cca 2 dB, v lehkých stavbách, zvláště s průběžnými prostory (např. u zavěšených podhledů), mohou hodnoty zhoršení dosahovat podstatně vyšších hodnot.

6.1.6 Přenos zvuku bočními cestami:

Přenosem zvuku bočními cestami rozumíme přenos, který se neuskutečňuje přímo dělicím prvkem mezi dvěma prostory, ale částmi stavby, které s tímto prvkem sousedí. Zvuková izolace mezi dvěma prostory je tedy o tento vliv nižší.

6.1.7 Přenos zvuku vedlejšími cestami:

Přenosem zvuku vedlejšími cestami rozumíme přenos zvuku mezi dvěma prostory, který se neuskutečňuje dělicím prvkem, ale vedlejšími cestami, jako jsou podhledy, vzduchotechnické kanály, montážní otvory či netěsnosti. Přenos vedlejšími cestami je částí přenosu bočními cestami.

6.1.8 Vážená laboratorní nebo stavební neprůzvučnosti R_w nebo R'_w :

Index vzduchové neprůzvučnosti je jednočíselným vyjádřením zvukoizolační schopnosti stavebních prvků v laboratoři R_w nebo na stavbě R'_w . Pro stanovení vážené laboratorní i stavební neprůzvučnosti je normou definována směrná křivka, která je udávána v šestnácti 1/3 oktávových pásmech, v rozsahu kmitočtů 100 – 3150 Hz.

6.2 Kročejová neprůzvučnost:

6.2.1 Kročejová neprůzvučnost:

Jedná se o zvláštní způsob přenosu zvuku konstrukcí. V obytných a občanských budovách je hlavním zdrojem buzení stavební konstrukce chůze po podlaze – odtud název.

6.2.2 Normalizovaná hladina kročejového hluku L_n :

Hladina kročejového hluku L , naměřená pod zkoušenou stropní konstrukcí buzenou normalizovaným zdrojem kročejového hluku, korigovaná ekvivalentní pohltivou plochou místností A a referenční pohltivou plochou A_0 .

Měření se provádí v rozsahu kmitočtů 100 – 3150 Hz. Při měření na stavbě se hladina kročejového hluku označuje jako L'_n .

6.2.3 Vážená normalizovaná hladina kročejového zvuku L_{nw} :

Vážená normalizovaná hladina kročejového zvuku L_{nw} je jednočíselným vyjádřením zvukoizolační schopnosti stavebních konstrukcí. Při měření v laboratoři se označuje jako L_{nw} , při měření na stavbě jako L'_{nw} . Pro stanovení vážené normalizované hladiny kročejového zvuku je normou stanovena směrná křivka, udávána v šestnácti 1/3 oktávových pásmech, v rozsahu kmitočtů 100 – 3150 Hz.

6.2.4 Změna hladiny normalizovaného kročejového hluku:

Změna hladiny normalizovaného kročejového hluku slouží k vyjádření změn v důsledku použití nášlapné vrstvy podlahy (lina, plovoucí podlahy, koberce, parkety). Ve většině případů se jedná o zlepšení kročejové neprůzvučnosti. Někdy tato změna může nabývat vlivem rezonančních jevů i záporných hodnot.

7. Prostorová akustika:

7.1 Zvuková pohltivost:

7.1.1 Činitel zvukové pohltivosti α :

Činitel zvukové pohltivosti α pro daný materiál vyjadřuje poměr pohlcené zvukové energie k dopadající zvukové energii. Při úplném odrazu je $\alpha = 0$, naopak při úplném pohlcení je $\alpha = 1$. Při měření v akustických komorách dle norem může nabývat činitel zvukové pohltivosti i hodnot větších než 1. Tento výsledek je způsoben tzv. okrajovým efektem. Činitel zvukové pohltivosti α je kmitočtově závislý, měření se obvykle provádí v 1/3 oktávových pásmech v rozsahu 100 – 6300 Hz.

7.1.2 Ekvivalentní pohltivá plocha A :

Ekvivalentní pohltivá plocha A je součinem plošného obsahu pohltivého materiálu S a činitele zvukové pohltivosti α .

7.1.3 Doba dozvuku T :

Doba dozvuku T je čas, za který hladina akustického tlaku poklesne v uzavřeném prostoru po vypnutí zdroje zvuku na 10^{-6} původní hodnoty, tj. o 60 dB.

7.1.4 Snížení hladiny zvuku vlivem pohltivosti:

Vlivem zvýšení zvukové pohltivosti v místnosti je možno snížit hladinu zvuku. Je třeba upozornit na to, že plné snížení zvuku nastává až v určité vzdálenosti od zdroje zvuku; v menší vzdálenosti, kde je dominantní vliv přímých zvukových vln, je snížení pouze malé.

8. Metody snižování hluku:

Způsoby používané při boji s hlukem je možné rozdělit do několika základních metod:

1. redukce hluku ve zdroji,
 2. metoda dispozice,
 3. metoda izolace,
 4. aplikace poznatků z prostorové akustiky,
 5. používání osobních ochranných pomůcek.
-
1. **Metoda redukce hluku ve zdroji** spočívá buď v úplném odstranění zdroje hluku nebo ve snižování jeho hlučnosti. Tento způsob boje s hlukem dává nejúčinnější opatření, která vyžadují především mnohem nižší finanční náklady než opatření dodatečná. Metodu redukce hluku přímo u zdroje je možno uplatňovat při konstrukci a stavbě strojů, technologických a dopravních zařízení, dopravních prostředků atd.
 2. **Metoda dispozice** je založena na vhodném situování hlučných strojů a zařízení, respektive celých hlučných prostorů od chráněných a méně hlučných. Je na to třeba pamatovat zejména při územním plánování, projekci průmyslových závodů, letišť a to tak, aby hlučné provozy a stroje nepříznivě ovlivňovaly akustickou pohodu v chráněných prostorech.
 3. **Metoda izolace** spočívá ve zvukovém odizolování hlučného stroje, zařízení nebo celého hlučného prostoru od chráněného prostoru. Této metody využívá především stavební akustika, která se zabývá výpočtem, navrhováním a stavbou zvukoizolačních příček, stropů, krytů apod. Ve strojírenství se často v případech, kdy není jiných možností snížení hlučnosti přímo na zdroji, dávají hlučné stroje pod zvukoizolační kryty nebo zákryty, jejichž hlavním účelem je zamezit šíření hluku do okolního prostoru.
 4. **Metoda** aplikuje **poznatky prostorové akustiky** a využívá zejména zvukové pohltivosti, což je vlastnost některých hmot a konstrukcí, jejichž úkolem je pohlcovat akustickou energii a přeměňovat ji na teplo. Této metody se používá při snižování hlučnosti uvnitř místností a v určitých akusticky náročných prostorech.
 5. **Metoda** spočívá v používání **osobních ochranných pomůcek**. Uplatňuje se teprve tehdy, jestliže předcházející metody nebylo možno z určitých důvodů použít nebo nedosahují-li dostatečného snížení hlukové expozice člověka. V těchto případech musí pracovník používat osobní protihlukové pomůcky, jako jsou různé tlumící zátky vkládané do ucha, sluchátkové chrániče a přílby.

Nejllepších výsledků při snižování hlučnosti se dosáhne při využití vhodné kombinace všech uvedených metod. Přednostně je třeba využívat ty metody, které při daném řešeném problému dávají nejvyšší snížení hlučnosti. [2]

9. Hygienické limity hluku:

9.1 Hluk ve venkovním prostoru:

Hygienické limity hluku jsou stanoveny dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací § 12 „Hygienické limity hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru“.

(1) Určujícím ukazatelem hluku, s výjimkou vysokoenergetického impulsního hluku, je ekvivalentní hladina akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ a odpovídající hladiny v kmitočtových pásmech. V denní době se stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhluchnějších hodin ($L_{Aeq,8h}$), v noční době pro nejhluchnější 1 hodinu ($L_{Aeq,1h}$). Pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích a dráhách a pro hluk z leteckého provozu se ekvivalentní hladina akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ stanoví pro celou denní ($L_{Aeq,16h}$) a celou noční dobu ($L_{Aeq,8h}$).

(2) Určujícím ukazatelem vysokoenergetického impulsního hluku je ekvivalentní hladina akustického tlaku $C_{L_{Ceq,T}}$ a současně průměrná hladina expozice zvuku $C_{L_{CE}}$ jednotlivých impulsů. V denní době se stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhluchnějších hodin ($L_{Ceq,8h}$), v noční době pro nejhluchnější 1 hodinu ($L_{Ceq,1h}$).

(3) Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A , s výjimkou hluku z leteckého provozu a vysokoenergetického impulsního hluku, se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ 50 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době, které jsou uvedeny v tabulce č. 1 části A přílohy č. 3 k tomuto nařízení. Pro vysoce impulsní hluk se přičte další korekce - 12 dB. V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích, dráhách a z leteckého provozu, se přičte další korekce -5 dB.

(4) Stará hluková zátěž $L_{Aeq,16h}$ pro denní dobu a $L_{Aeq,8h}$ pro noční dobu se zjišťuje měřením nebo výpočtem z údajů o roční průměrné denní intenzitě a skladbě dopravy v roce 2000 poskytnutých správcem, popřípadě vlastníkem pozemní komunikace nebo dráhy. Hygienický limit stanovený pro starou hlukovou zátěž se vztahuje na ucelené úseky pozemní komunikace nebo dráhy.

(5) Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A staré hlukové zátěže stanovený součtem základní hladiny akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ 50 dB a korekce pro starou hlukovou zátěž uvedené v tabulce č. 1 části A přílohy č. 3 k tomuto nařízení zůstává zachován i

- a) po položení nového povrchu vozovky, prováděné údržbě a rekonstrukci železničních drah nebo rozšíření vozovek při zachování směrového nebo výškového vedení pozemní komunikace nebo dráhy a
- b) pro krátkodobé objízdné trasy.

(6) Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A staré hlukové zátěže stanovený součtem základní hladiny akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ 50 dB a korekce pro starou hlukovou zátěž uvedené v tabulce č. 1 části A přílohy č. 3 k tomuto nařízení nelze uplatnit v případě, že se hluk působený dopravou na pozemních komunikacích a dráhách po 1. lednu 2001 v předmětném úseku pozemní komunikace nebo dráhy zvýšil o více než 2 dB. V tomto případě se hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ stanoví postupem podle odstavce 3. Jestliže ale byla hodnota hluku působeného dopravou na pozemních komunikacích a dráhách před jejím zvýšením o více než 2 dB podle věty první vyšší než hodnoty uvedené v tabulce č. 2 části A přílohy č. 3 k tomuto nařízení, pak se k hygienickým limitům ekvivalentní hladiny akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ stanoveným podle odstavce 3 přičte další korekce +5 dB.

(7) Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku C vysokoenergetického impulsního hluku se stanoví pro denní dobu $L_{Ceq,8h}$ se rovná 83 dB, pro noční dobu $L_{Ceq,1h}$ se rovná 40 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku C $L_{Ceq,T}$ se vypočte způsobem upraveným v části C přílohy č. 3 k tomuto nařízení.

(8) Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A z leteckého provozu se vztahuje na charakteristický letový den a stanoví se pro celou denní dobu ekvivalentní hladinou akustického tlaku A $L_{Aeq,16h}$ se rovná 60 dB a pro celou noční dobu ekvivalentní hladinou akustického tlaku A $L_{Aeq,8h}$ se rovná 50 dB.

(9) Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A pro hluk ze stavební činnosti $L_{Aeq,s}$ se stanoví tak, že se k hygienickému limitu ekvivalentní hladiny akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ stanovenému podle odstavce 3 přičte další korekce podle části B přílohy č. 3 k tomuto nařízení.

POZNÁMKA

- Chráněným venkovním prostorem staveb se dle [3] rozumí prostor do vzdálenosti 2 m před částí jejich obvodového pláště, významný z hlediska pronikání hluku zvenčí do chráněného vnitřního prostoru bytových domů, rodinných domů, staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání, staveb pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb. Prostor významný z hlediska pronikání hluku je prostor před výplní otvoru obvodového pláště stavby zajišťující přímé přirozené větrání, za níž se nachází chráněný vnitřní prostor stavby, pokud tento chráněný prostor nelze přímo větrat jinak.
- Chráněným venkovním prostorem se dle [3] rozumí nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, lázeňské léčebně rehabilitační péči a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť. Rekreace zahrnuje i užívání pozemku na základě vlastnického, nájemního nebo podnájemního práva souvisejícího s vlastnictvím bytového nebo rodinného domu, nájmem nebo podnájemem bytu v nich.

9.1.1 Hluk z provozu stac. zdrojů a hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakotvorné práce:

Pro hluk z provozu stacionárních zdrojů a hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakotvorné práce, zejména rozřadování a sestavu nákladních vlaků, prohlídku vlaků a opravy vozů je pro chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor korekce 0 dB.

Tabulka 1 – Hygienický limit pro hluk z provozu stacionárních zdrojů:

Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor	$L_{Aeq,T}$ [dB]
denní doba	50
noční doba – chráněný venkovní prostor	50
noční doba – chráněný venkovní prostor staveb	40
Pro vysoce impulsní hluk se přičte další korekce -12 dB. V případě hluku s tónovými složkami se přičte další korekce -5 dB.	

9.1.2 Hluk z dopravy na dráhách, silnicích III. třídy, místních kom. III. třídy a účelových kom.:

Pro hluk z dopravy na dráhách, silnicích III. třídy, místních komunikacích III. třídy a účelových komunikacích je pro chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor korekce +5 dB.

Tabulka 2 – Hygienický limit pro hluk z dopravy na dráhách a silnicích III. Třídy:

Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor	$L_{Aeq,T}$ [dB]
denní doba	55
noční doba – chráněný venkovní prostor	55
noční doba – chráněný venkovní prostor staveb	45
noční doba – hluk z dopravy na železničních drahách	50

9.1.3 Hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy, na dráhách v ochranném pásmu dráhy a na tramvajových a trolejbusových drahách vedených po silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy:

Pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních pozemních komunikacích, na dráhách v ochranném pásmu dráhy a na tramvajových a trolejbusových drahách vedených po silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy, je pro chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor korekce **+10 dB**.

Tabulka 3 – Hyg. limit pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I a II. třídy a v ochranném pásmu dráhy:

Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor	$L_{Aeq,T}$ [dB]
denní doba	60
noční doba – chráněný venkovní prostor	60
noční doba – chráněný venkovní prostor staveb	50
noční doba – hluk z dopravy na železničních drahách	55

9.1.4 Stará hluková zátěž:

V případě staré hlukové zátěže je pro chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor korekce **+20 dB**. Hygienický limit staré hlukové zátěže zůstává zachován i po položení nového povrchu vozovky, prováděné údržbě a rekonstrukci železničních drah nebo rozšíření vozovky při zachování směrového nebo výškového vedení pozemní komunikace nebo dráhy a pro krátkodobé objízdné trasy.

Tabulka 4 – Hygienický limit pro starou hlukovou zátěž:

Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor	$L_{Aeq,T}$ [dB]
denní doba	70
noční doba – chráněný venkovní prostor	70
noční doba – chráněný venkovní prostor staveb	60
noční doba – hluk z dopravy na železničních drahách	65

Hygienický limit staré hlukové zátěže nelze uplatnit v případě, že se hluk působený dopravou na pozemních komunikacích a dráhách po 1. lednu 2001 v předmětném úseku pozemní komunikace nebo dráhy zvýšil o více než 2 dB. V tomto případě se hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ stanoví postupem podle odstavce 3.

Jestliže ale byla hodnota hluku působeného dopravou na pozemních komunikacích a dráhách před jejím zvýšením o více než 2 dB podle věty první vyšší než hodnoty uvedené v tabulce 5, pak se k hygienickým limitům ekvivalentní hladiny akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ stanoveným podle odstavce 3 přičte další korekce +5 dB.

Tabulka 5 – Hodnoty hluku působeného dopravou na pozemních komunikacích a dráhách pro použití další korekce +5 dB – chráněný venkovní prostor ostatních staveb:

Pozemní komunikace a dráhy	Doba dne	$L_{Aeq,T}$ [dB]
Dálnice, silnice I. a II. třídy a tramvajové a trolejbusové dráhy vedené po silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy, místní komunikace I. a II. třídy	Denní	65
	Noční	55
Silnice III. třídy, komunikace III. třídy a účelové komunikace, tramvajové a trolejbusové dráhy vedené po silnicích III. třídy a místních komunikacích III. třídy	Denní	60
	Noční	50
Železniční, speciální a tramvajové dráhy v ochranném pásmu dráhy	Denní	65
	Noční	60
Železniční dráhy mimo ochranné pásmo dráhy	Denní	60
	Noční	55

9.1.5 Hluk z leteckého provozu:

Tabulka 6 – Hygienický limit pro hluk z leteckého provozu:

Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor	$L_{Aeq,T}$ [dB]
denní doba	60
noční doba	50

9.1.6 Hluk ze stavební činnosti:

Tabulka 7 – Hygienický limit pro hluk ze stavební činnosti:

Chráněný venkovní prostor ostatních staveb	$L_{Aeq,s}$ [dB]
denní doba od 06.00 do 07.00 hod. a od 21.00 do 22.00 hod.	60
denní doba od 07.00 do 21.00 hod.	65
noční doba	45
Pro vysoce impulsní hluk se přičte další korekce -12 dB. V případě hluku s tónovými složkami se přičte další korekce -5 dB.	

9.2 Hluk ve vnitřním prostoru:

Hygienické limity hluku jsou stanoveny dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, § 11 „Hygienické limity hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb“.

Pokud nejsou pro některá technická zařízení budov (např. sanitární instalace apod.) stanoveny jiné normativní nebo hygienické požadavky na limity hluku, nesmí tato zařízení v obytných místnostech sousedních bytů překračovat maximální hladinu akustického tlaku $L_{Amax} \leq 30$ dB. V případě prokázání tónové složky se tato hodnota dále snižuje o 5 dB.

(1) Určujícími ukazateli hluku jsou ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ a maximální hladina akustického tlaku A L_{Amax} , případně odpovídající hladiny ve kmitočtových pásmech. Ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ se v denní době stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhluchnějších hodin ($L_{Aeq,8h}$), v noční době pro nejhluchnější 1 hodinu ($L_{Aeq,1h}$). Pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích a dráhách a pro hluk z leteckého provozu se ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ stanoví pro celou denní ($L_{Aeq,16h}$) a celou noční dobu ($L_{Aeq,8h}$). V případě hluku z leteckého provozu se hygienický limit v chráněných vnitřních prostorech staveb vztahuje na charakteristický letový den.

(2) Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A se stanoví pro hluk pronikající vzduchem zvenčí a pro hluk ze stavební činnosti uvnitř objektu součtem základní hladiny akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ se rovná 40 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době podle přílohy

č. 2 k tomuto nařízení. V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích, drahách a z leteckého provozu, se přičte další korekce -5 dB.

(3) Hygienický limit maximální hladiny akustického tlaku A se stanoví pro hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu součtem základní maximální hladiny akustického tlaku A L_{Amax} se rovná 40 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného vnitřního prostoru a denní a noční době podle přílohy č. 2 k tomuto nařízení. V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích, drahách a z leteckého provozu, se přičte další korekce -5 dB. Za hluk ze zdrojů uvnitř objektu, s výjimkou hluku ze stavební činnosti, se pokládá i hluk ze zdrojů umístěných mimo tento objekt, který do tohoto objektu proniká jiným způsobem než vzduchem, zejména konstrukcemi nebo podložími.

(4) Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A pro hluk ze stavební činnosti uvnitř objektu $L_{Aeq,S}$ se stanoví tak, že se k hygienickému limitu ekvivalentní hladiny akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ stanovenému podle odstavce 2 přičte v pracovních dnech pro dobu mezi sedmou a dvacátou první hodinou korekce +15 dB.

(5) Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A pro zvuk elektronicky zesilované hudby se v prostoru pro posluchače stanoví pro dobu T se rovná 4 hodiny hodnotou $L_{Aeq,T}$ se rovná 100 dB.

POZNÁMKA

- Chráněným vnitřním prostorem staveb se dle [3] rozumí pobytové místnosti ve stavbách pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání, pro zdravotní a sociální účely a ve funkčně obdobných stavbách a obytné místnosti ve všech stavbách.

9.2.1 Hluk pronikající vzduchem zvenčí:

Účel užívání stavby je u staveb povolených před 1. lednem 2007 dán kolaudačním rozhodnutím, u později povolených staveb oznámením stavebního úřadu nebo kolaudačním souhlasem. Uvedené hygienické limity se nevztahují na hluk způsobený používáním chráněné místnosti.

Tabulka 8 – Hygienický limit pro hluk pronikající zvenčí:

Chráněný vnitřní prostor staveb	Doba dne	$L_{Aeq,T}$ [dB]
Nemocniční pokoje	Denní	40
	Noční	25
Lékařské vyšetřovny, ordinace	Po dobu používání	35
Obytné místnosti	Denní	40*
	Noční	30*
Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí a staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání	Po dobu používání	45

* Pro hluk z dopravy v okolí dálnic, silnic I. a II. třídy a místních komunikací I. a II. třídy, kde je hluk z dopravy na těchto komunikacích převažující, v ochranném pásmu drah a pro hluk z tramvajových a trolejbusových drah se přičítá další korekce +5 dB. Tato korekce se nepoužije ve vztahu ke chráněnému vnitřnímu prostoru staveb povolených k užívání k určenému účelu po dni 31. prosince 2005.
V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích, drahách, a z leteckého provozu, se přičte další korekce -5 dB.

9.2.2 Hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu:

Účel užívání stavby je u staveb povolených před 1. lednem 2007 dán kolaudačním rozhodnutím, u později povolených staveb oznámením stavebního úřadu nebo kolaudačním souhlasem. Uvedené hygienické limity se nevztahují na hluk způsobený používáním chráněné místnosti.

Tabulka 9 – Hygienický limit pro hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu:

Chráněný vnitřní prostor staveb	Doba dne	L_{Amax} [dB]
Nemocniční pokoje	Denní	40
	Noční	25
Lékařské vyšetřovny, ordinace	Po dobu používání	35
Obytné místnosti	Denní	40*
	Noční	30*
Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí a staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání	Po dobu používání	45
* Pro hluk z dopravy v okolí dálnic, silnic I. a II. třídy a místních komunikací I. a II. třídy, kde je hluk z dopravy na těchto komunikacích převažující, v ochranném pásmu drah a pro hluk z tramvajových a trolejbusových drah se přičítá další korekce +5 dB. Tato korekce se nepoužije ve vztahu ke chráněnému vnitřnímu prostoru staveb povolených k užívání k určenému účelu po dni 31. prosince 2005. V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích, dráhách, a z leteckého provozu, se přičte další korekce -5 dB.		

9.2.3 Hluk ze stavební činnosti:

Účel užívání stavby je u staveb povolených před 1. lednem 2007 dán kolaudačním rozhodnutím, u později povolených staveb oznámením stavebního úřadu nebo kolaudačním souhlasem. Uvedené hygienické limity se nevztahují na hluk způsobený používáním chráněné místnosti.

Tabulka 10 – Hygienický limit pro hluk ze stavební činnosti:

Chráněný vnitřní prostor staveb		Doba dne	L _{Aeq,s} [dB]
Nemocniční pokoje	Denní	07.00 – 21.00 hod. v pracovní dny	55
		V ostatních případech	40
	Noční		25
Lékařské vyšetřovny, ordinace	Denní	07.00 – 21.00 hod. v pracovní dny	50
	V ostatních případech (po dobu používání)		35
Obytné místnosti	Denní	07.00 – 21.00 hod. v pracovní dny	55
		V ostatních případech	40
	Noční		30
Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí a staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání	Denní	07.00 – 21.00 hod. v pracovní dny	60
	V ostatních případech (po dobu používání)		45
V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích, dráhách, a z leteckého provozu, se přičte další korekce -5 dB.			

9.3 Hluk na pracovišti:

Hygienické limity hluku jsou stanoveny dle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, § 3 „Ustálený a proměnný hluk“.

- (1) Přípustný expoziční limit ustáleného a proměnného hluku při práci vyjádřený
 - a) ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,8h}$ se rovná 85 dB, nebo
 - b) expozicí hluku $A E_{A,8h}$ se rovná 3640 Pa²s,
 pokud není dále stanoveno jinak.

- (2) Hygienický limit ustáleného a proměnného hluku pro pracoviště, na němž je vykonávána práce náročná na pozornost a soustředění, a dále pro pracoviště určené pro tvůrčí práci vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,8h}$ se rovná 50 dB.

(3) Hygienický limit ustáleného a proměnného hluku pro pracoviště ve stavbách pro výrobu a skladování, s výjimkou pracovišť uvedených v odstavci 2, kde hluk nevzniká pracovní činností vykonávanou na těchto pracovištích, ale je způsobován větracím nebo vytápěcím zařízením těchto pracovišť vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ se rovná 70 dB.

(4) Hodnocení ustáleného a proměnného hluku podle průměrné expozice se provádí, pokud pracovní doba ve sledovaném období je proměnná nebo když se hladina hluku v průběhu sledovaného období mění, avšak jednotlivé denní expozice hluku se neliší o více než 10 dB v $L_{Aeq,8h}$ od výsledků opakovaných měření a při žádné z expozic není překročena hladina akustického tlaku L_{Amax} 107 dB.

(5) Při stanovení průměrné expozice hluku na pracovišti za sledované období se vychází z celkového počtu směn v daném období a počtu směn, při kterých je zaměstnanec exponován hluku.

(6) Postup podle odstavce 5 se použije také v případě pravidelných nebo nepravidelných směn s odlišnou dobou trvání než 8 hodin, při proměnlivém počtu hodin za sledované období, avšak jednotlivé denní expozice hluku je třeba nejprve přepočítat na pracovní dobu 8 hodin.

(7) Průměrná týdenní expozice hluku $L_{Aeq,w}$ se vypočítá podle vztahu:

$$L_{Aeq,w} = 10 \lg \left[\left(\frac{1}{5} \right) \left(\sum 10^{0,1(L_{Aeq,8h,k})} \right) \right] \text{ dB},$$

kde n je počet směn během týdenní pracovní doby, při kterých je zaměstnanec exponován hluku.

(8) Průměrná měsíční expozice hluku $L_{Aeq,s}$ se vypočítá podle vztahu:

$$L_{Aeq,s} = 10 \lg \left[\left(\frac{1}{s} \right) \left(\sum 10^{0,1(L_{Aeq,8h,k})} \right) \right] \text{ dB},$$

kde n je počet směn během měsíční pracovní doby, při kterých je zaměstnanec exponován hluku, a s je celkový počet pracovních dnů v daném měsíci.

(9) Podle vztahu uvedeného v odstavci 8 se postupuje obdobně při výpočtu průměrné expozice zaměstnance hluku za sledované období delší než jeden měsíc.

Tabulka 11 – Přípustný expoziční limit pro hluk na pracovišti:

Přípustný expoziční limit ustáleného a proměnného hluku při práci pro osmihodinovou pracovní dobu	$L_{Aeq,8h}$ [dB]
	85

Tabulka 12 – Hygienický limit pro hluk na pracovišti:

Hygienický limit ustáleného a proměnného hluku	$L_{Aeq,T}$ [dB]
Kanceláře	50
Pracoviště ve stavbách pro výrobu a skladování – hluk větracího a vytápěcího zařízení	70

10. Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budovách a obvodových pláštích budov:

10.1 Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budovách:

Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v budovách jsou stanoveny dle [5] kapitola 5 a jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 13 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v domech s byty:

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ [dB]	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ [dB]	$R'_{w, D_{nT,w}}$ [dB]	R_w [dB]
A. Bytové domy, rodinné domy, terasové nebo řadové domy a dvojdomy – všechny obytné místnosti bytu					
1	Všechny ostatní obytné místnosti téhož bytu	≥ 47	≤ 58	$\geq 40^a$	$\geq 27^a$
B. Bytové domy, rodinné domy s více než jedním bytem – obytné místnosti bytu					
2	Všechny místnosti druhých bytů včetně příslušenství	≥ 54 $\geq 52^b$	≤ 53 $\leq 58^b$	≥ 53 $\geq 52^b$	- -
3	Terasy a lodžie druhých bytů nad obytnou místností	≥ 52	≤ 58	-	-
4	Společné prostory domu (schodiště, chodby, terasy, kočárkárny, sušárny, sklípky apod.)	≥ 52	≤ 53	≥ 52	$\geq 32^c$ $\geq 37^d$
5	Průjezdy, podjezdy, garáže, průchody, podchody	≥ 57	≤ 48	≥ 57	-
6	Místnosti s technickým zařízením domu (výměňkové stanice, kotelny, strojovny výtahů, strojovny VZT, prádelny apod.) s hlukem:				
	$L_{Amax} \leq 80$ dB	$\geq 57^e$	$\leq 48^e$	$\geq 57^e$	-
	$80 \text{ dB} < L_{Amax} \leq 85$ dB	$\geq 62^e$	$\leq 48^e$	$\geq 62^e$	-
7	Provozovny s hlukem $L_{Amax} \leq 85$ dB:				
	s provozem nejvýše do 22.00 hod.	$\geq 57^e$	$\leq 50^e$	$\geq 57^e$	-
	s provozem i po 22.00 hod.	$\geq 62^e$	$\leq 45^e$	$\geq 62^e$	-
8	Provozovny s hlukem $85 \text{ dB} < L_{Amax} \leq 95$ dB:				
	s provozem nejvýše do 22.00 hod.	$\geq 67^e$	$\leq 43^e$	$\geq 67^e$	-
	s provozem i po 22.00 hod.	$\geq 72^e$	$\leq 38^e$	$\geq 72^e$	-
C. Terasové nebo řadové rodinné domy a dvojdomy – obytné místnosti bytu					
9	Všechny místnosti v sousedním domě, včetně příslušenství	≥ 57	≤ 48	≥ 57	-

VYSVĚTLIVKY

- ^a Požadavek platí pro vnitřní stěny bytu mezi obytnými místnostmi včetně vedlejších cest přes dveře, které nejsou součástí dělicí stěny (tj. např. přes dveře do společné haly). Požadavek na dveře se vztahuje pouze na dveře, které jsou součástí společné dělicí stěny mezi dvěma obytnými místnostmi (kromě kuchyně). V takovém případě se požadavek na stěnu vztahuje pouze na plnou část stěny (bez dveří) a současně platí požadavek na dveře. Požadavky se nevztahují na obytné místnosti, které jsou mezi sebou propojeny otvory bez výplně.
- ^b Požadavek se vztahuje pouze na starou, zejména panelovou výstavbu, pokud situace neumožňuje dodatečná zvuková izolační opatření.
- ^c Platí pro vstupní dveře ze společných prostor domu (chodby) do předsíně (vstupní haly) bytu.
- ^d Platí pro vstupní dveře ze společných prostor domu (chodby) přímo do chráněné obytné místnosti bytu.
- ^e Kromě splnění stanovených požadavků na vzduchovou a kročejovou neprůzvučnost mohou být nutná další opatření, kdy je nutné stroje nebo zařízení uložit, zavěsit či upravit tak, aby nedocházelo k šíření a přenosu zvuku konstrukcí (vibracemi) a instalacemi (rozvody médií, šachtami aj.), a tím k překročení limitů hluku ve vnitřních chráněných prostorech. Místnosti s provozním hlukem s významným obsahem nízkých kmitočtů nebo s tónovými složkami se zásadně nemají situovat do blízkosti bytových jednotek. V opodstatněných případech se provede posouzení pomocí akustické studie. Provozovny

se zvláště vysokým hlukem $L_{Amax} \geq 95$ dB (např. diskotéky, herny apod.) se zásadně nemají umísťovat do obytných budov. Pokud taková situace nastane, musí se provést podrobná akustická studie na základě frekvenční analýzy všech instalovaných zdrojů hluku.

Tabulka 14 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v hotelech a ubytovnách:

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ [dB]	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ [dB]	$R'_{w, D_{nT,w}}$ [dB]	R_w [dB]
Hotely a ubytovny – ložnicový prostor					
1	Všechny místnosti druhých jednotek	≥ 53	≤ 55	≥ 47	≥ 42 ^a
2	Společně užívané prostory (chodby, schodiště)	≥ 53	≤ 58	≥ 45	≥ 32 ^b ≥ 27 ^c
3	Restaurace a jiné provozní prostory s provozem do 22.00 hod.	≥ 57	≤ 53	≥ 57	-
4	Restaurace a jiné provozní prostory s provozem i po 22.00 hod. ($L_{Amax} \leq 85$ dB)	≥ 62	≤ 48	≥ 62	-
^a Platí pro spojovací dveře mezi samostatnými ubytovacími jednotkami (např. dvojité dveře). ^b Platí pro vstupní dveře ze společných prostor domu (chodby) přímo do chráněné obytné místnosti. ^c Platí pro vstupní dveře, je-li chráněný prostor oddělen předsíní nebo zádveřím s dalšími dveřmi.					

Tabulka 15 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v nemocnicích a zdravotnických zařízeních:

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ [dB]	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ [dB]	$R'_{w, D_{nT,w}}$ [dB]	R_w [dB]
Nemocnice, zdravotnická zařízení – lůžkové pokoje, ordinace, pokoje lékařů, operační sály apod.					
1	Lůžkové pokoje, ordinace, ošetřovny, místnosti sester, operační sály, komunikační a provozní prostory (chodby, schodiště, čekárny, sklady)	≥ 53	≤ 58	≥ 47 ^a	≥ 27 ^b
2	Hlučné prostory (kuchyně, technická zařízení budovy) $L_{Amax} \leq 85$ dB	≥ 62	≤ 48	≥ 62	-

^a U stěn s prosklenými částmi lze požadavek snížit o 5 dB a u celoplošných zasklení až o 10 dB (např. operační sály, JIP apod.).

^b Požadavek se vztahuje na všechny dveře, které se mohou podílet na přenosu hluku mezi oběma prostory.

Tabulka 16 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi ve školách a vzdělávacích institucích:

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ [dB]	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ [dB]	$R'_{w, D_{nT,w}}$ [dB]	R_w [dB]
Školy a vzdělávací instituce – učebny, výukové prostory, kabinety učitelů					
1	Učebny, výukové prostory, kabinety	≥ 53	≤ 55	≥ 47	≥ 37
2	Společné prostory, chodby, schodiště	≥ 53	≤ 58	≥ 47	≥ 32 ^a ≥ 27 ^b
3	Hlučné prostory (dílny, jídelny, herny, technická centra) $L_{Amax} \leq 85$ dB	≥ 55	≤ 48	≥ 52	-
4	Velmi hlučné prostory (hudební učebny, dílny, tělocvičny) $L_{Amax} \leq 95$ dB ^c	≥ 60	≤ 48	≥ 57	-

^a Platí pro vstupní dveře přímo do chráněného prostoru.

^b Platí pro vstupní dveře, je-li chráněný prostor oddělen předsíní nebo zádveřím s dalšími dveřmi.

^c Vzhledem k pravděpodobnému výskytu nízkých kmitočtů mohou být nutná i další opatření. Situace obvykle vyžaduje zvláštní posouzení.

Tabulka 17 – Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v administrativních a víceúčelových budovách, úřadech a firmách:

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ [dB]	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ [dB]	$R'_{w, D_{nT,w}}$ [dB]	R_w [dB]
Administrativní a víceúčelové budovy, úřady a firmy – kanceláře a pracovní, relaxační místnosti					
1	Kanceláře a pracovní s běžnou administrativní činností, chodby, pomocné provozní prostory	≥ 52	≤ 58	≥ 37	≥ 27 ^a
2	Kanceláře a pracovní se zvýšenými nároky, pracovní vedoucích pracovníků ^b	≥ 52	≤ 58	≥ 42	≥ 27 ^a
3	Kanceláře a pracovní pro důvěrná jednání nebo jiné činnosti vyžadující vysokou ochranu před hlukem ^b	≥ 52	≤ 58	≥ 50	≥ 35 ^a

^a Platí pro vstupní dveře do chráněného prostoru. Požadavek neplatí pro velkoprostorové kanceláře (open-office), kde je ochrana před hlukem řešena jiným způsobem.

^b Požadavky platí rovněž mezi pracovními a přílehlými chodbami nebo jinými provozními prostory.

Vážené hodnoty vzduchové neprůzvučnosti mezi místnostmi v budovách, určené podle [6] z třetino-oktávových hodnot veličin, změřených podle ČSN EN ISO 16283-1 (pro vnitřní dveře podle ČSN EN ISO 10140-1 a ČSN EN ISO 10140-2), nesmí být nižší než požadavky stanovené v předchozích tabulkách. Požadavky platí ve směru přenosu zvuku.

Vážené normované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku určené dle [7] z třetino-oktávových hodnot veličin změřených podle ČSN EN ISO 16283-2 nesmí v chráněných místnostech překročit hodnoty požadavků stanovené v předchozích tabulkách. Požadavky platí ve směru přenosu kročejového zvuku.

10.2 Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů budov:

Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů budov jsou stanoveny dle [5] kapitola 6 a jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 18 – Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů budov:

Požadovaná zvuková izolace obvodového pláště v hodnotách $R'_{w,a}$ nebo $D_{nT,w,a}$, v dB							
Druh chráněného vnitřního prostoru	Ekvivalentní hladina akustického tlaku v denní době 06.00 – 22.00 hod. ve vzdálenosti 2 m před obvodovým a střešním pláštěm, $L_{Aeq,2m}^b$, v dB						
	do 50	od 51 do 55	od 56 do 60	od 61 do 65	od 66 do 70	od 71 do 75	od 76 do 80
Obytné místnosti bytů, pokoje v ubytovnách (koleje, internáty apod.)	30	30	30	33	38	43	48 ^c
Pokoje v hotelech a penzionech	30	30	30	30	33	38	43 ^c
Nemocniční pokoje	30	30	30	33	38	43	48 ^c
Druh chráněného vnitřního prostoru	Ekvivalentní hladina akustického tlaku v noční době 22.00 – 06.00 hod. ve vzdálenosti 2 m před obvodovým a střešním pláštěm, $L_{Aeq,2m}^b$, v dB						
	do 40	od 41 do 45	od 46 do 50	od 51 do 55	od 56 do 60	od 61 do 65	od 66 do 70
Obytné místnosti bytů, pokoje v ubytovnách (koleje, internáty apod.)	30	30	30	33	38	43	48
Pokoje v hotelech a penzionech	30	30	30	30	33	38	43
Nemocniční pokoje	30	30	33	38	43	48	53 ^c
Druh chráněného vnitřního prostoru	Ekvivalentní hladina akustického tlaku po dobu užívání ve vzdálenosti 2 m před obvodovým a střešním pláštěm, $L_{Aeq,2m}^b$, v dB						
	do 50	od 51 do 55	od 56 do 60	od 61 do 65	od 66 do 70	od 71 do 75	od 76 do 80
Lékařské vyšetřovny, ordinace, operační sály	30	30	33	38	43	48	53 ^c
Přednáškové síně, učebny, pobytové místnosti škol, jeslí, MŠ	30	30	30	30	33	38	43 ^c
Společenské a jednací místnosti, kanceláře a pracovny	30	30	30	30	33	38	43 ^c

^a Jednočíselné vážené veličiny podle [9], stanovené z veličin v třetino-oktávových pásmech definovaných v ČSN EN ISO 16283-3.

^b Ekvivalentní hladina akustického tlaku A určená 2 m před obvodovým a střešním pláštěm včetně odrazu zvuku od fasády, zaokrouhlená na celé číslo a s přihlédnutím k 10.4.1 ČSN EN ISO 16283-3 a příloze B5 [8]. Požadavky se vztahují na celý obvodový a střešní plášť i s výplněmi otvorů u chráněných místností.

^c Vysoké hodnoty požadavků jsou obtížně dosažitelné a v nové výstavbě by se již uvedené hlukové situace neměly vyskytovat.

Vážené hodnoty stavební vzduchové neprůzvučnosti obvodových plášťů budov, určené podle [6] z třetino-oktávových hodnot veličin změřených podle ČSN EN ISO 16283-3, nesmí být nižší než požadavky stanovené v předchozí tabulce.

V případě požadované zvýšené ochrany místností před vnějším hlukem se doporučuje porovnávat hodnoty požadavků na neprůzvučnost obvodového pláště a jeho prvků podle předchozí tabulky a přílohy D normy [5], s výslednými vypočtenými nebo změřenými hodnotami neprůzvučnosti obvodového pláště a jeho prvků, a to s uplatněním faktorů přizpůsobení spektru C nebo C_{tr} v závislosti na typu zdroje hluku. Pro hluk ze silniční dopravy se obvykle použije korekce C_{tr} .

11. Seznam literatury:

- [1] BERNAT, P. a Zacharski, K.: Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu. Dostupný z:
http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm.
- [2] NOVÝ, R.: Hluk a chvění, vyd. 1., ČVUT Praha 1995. ISBN 80-01-01306-5.
- [3] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- [4] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů.
- [5] ČSN 73 0532 „Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky“.
- [6] ČSN EN ISO 717-1 Akustika – Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách. Část 1: Vzduchová neprůzvučnost.
- [7] ČSN EN ISO 717-2 Akustika – Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách. Část 2: Kročejová neprůzvučnost.