

Úvod

Vibrace a hluk jsou součástí životního a pracovního prostředí všech živých organismů. Z tohoto důvodu je nutné se systematicky a cílevědomě starat o ochranu a tvorbu životního prostředí.

Vibrace

Vibrací se rozumí mechanické kmitání a chvění prostředí. Vibrace vzniká pohybem pružného tělesa nebo prostředí, jehož jednotlivé body kmitají kolem své rovnovážné polohy. Konkrétně chodem strojů a přístrojů, motorů dopravních či jiných prostředků, ale i třeba lodní paluby vlivem mořských vln. Z těchto zdrojů se přenášejí vibrace na člověka přímo nebo prostřednictvím dalších materiálů, médií a zařízení (sedadlem traktoru, palubou lodi, plošinou vrtné soupravy, podlahou bytu v blízkosti zdrojů vibrací apod.). Vibrace jsou určovány frekvencí (kmitočtem), amplitudou (rozkmitem), rychlostí, zrychlením, časovým průběhem a směrem.

Hluk

Hluk vlastně nemůžeme ani přesně definovat, protože stejný hluk působí na jednotlivé typy lidí různě podle daných okolností. Hlukem obecně rozumíme každý zvuk nebo zvuky, které škodí lidskému organismu a které vyvolají nepříjemný nebo rušivý vjem, pocit, přičemž mohou mít i další škodlivé účinky na lidský organismus.

Podle průběhu hluku v čase dělíme hluk na:

- Ustálený, jehož hladina se v závislosti na čase nemění o více než 5 dB.
- Proměnný, jehož hladina se v závislosti na čase mění o více než 5 dB.
- Přerušovaný, je hlukem proměnným, měnícím náhle hladinu akustického tlaku.
- Impulsní, vytvářený jednotlivými zvukovými impulsy s trváním do 200 ms, nebo sledem takových impulsů následujících po sobě v intervalech delších než 10 ms.

Zvuk

Zvuk je každé mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat ne jen v lidském uchu sluchový vjem. Frekvence tohoto vlnění pro lidské ucho leží v rozsahu přibližně 16 - 20000 Hz, za jeho hranicemi člověk zvuk sluchem nevnímá. Zvuk s frekvencí nižší než 16 Hz (který slyší např. sloni) je infrazvuk. Zvuk s frekvencí vyšší než 20 kHz (delfíni, netopýři vnímají zvuk až do frekvencí okolo 150 kHz) je ultrazvuk. Děje, které jsou spojeny se vznikem zvuku jeho šířením a vnímáním se nazývají *akustika*.

Generování hluku: - mechanické
- aerodynamické (nestacionární proudění plynů a kapalin)

Důsledky vibrací a hluku (včetně zvuku):

1) Záporné:

- znehodnocují pracovní a životní prostředí obyvatel obecně
- nepříznivý vliv na obsluhu stroje
- zhoršují pracovní podmínky technologických procesů
- snižují životnost nástrojů
- výrazné dynamické namáhání uzlů stroje
- nelze plně využít výkon stroje
- snížená produkce
- zhoršená mechanická účinnost stroje

2) Kladné:

- umožňuje komunikaci mezi živými tvory
- lze využít vibrací k některým technologickým procesům
- vibroakustických signálů lze výhodně využít při diagnostice strojních zařízení
- v hudební oblasti

Základní veličiny akustiky

Vlnová délka

Vlnová délka λ je určena vzdáleností mezi dvěma nejbližšími body se stejným akustickým stavem v daném okamžiku, neboli je to vzdálenost, kterou urazí akustická vlna v průběhu jednoho kmitu T . Pak pro vlnovou délku platí vztah:

$$\lambda = \frac{c}{f} = c \cdot T \quad (1)$$

Akustická rychlost

Akustická rychlost v je rychlost, se kterou kmitají jednotlivé částice prostředí, kterým se šíří zvuková vlna. Akustická rychlost je definována:

$$v = \omega \cdot u_0 \cdot \cos \omega \left(t \mp \frac{x}{c} \right) = v_0 \cdot \cos \omega \left(t \mp \frac{x}{c} \right) \quad (2)$$

kde v_0 je amplituda akustické rychlosti.

Efektivní hodnota rychlosti:

$$v_{ef} = \frac{v_0}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Pozn.: Akustická rychlost v a rychlost šíření zvuku c jsou dvě odlišné veličiny.

Akustický tlak

Průběh akustického tlaku je analogický s průběhem akustické rychlosti. Pro harmonický signál lze akustický tlak vyjádřit rovnicí:

$$p = p_0 \cdot \cos \omega \left(t - \frac{x}{c} \right) \quad (4)$$

kde p_0 je amplituda akustického tlaku.

Efektivní hodnota tlaku:

$$p_{ef} = \frac{p_0}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

Z rovnice (4) je zřejmé, že akustický tlak závisí na úhlové frekvenci ω . Reálné zvuky v našem životě ale nejsou akustické signály s jednou frekvencí, ale skládají se z řady dílčích signálů. Proto je třeba u veličin, jako je akustický tlak, akustická rychlost, akustický výkon, pracovat s jejich frekvenčními spektry, která mohou být diskrétní nebo spojitá.

Rychlost šíření zvuku

V kapalinách a plynech se může šířit pouze podélné vlnění, v pevných látkách se může šířit též příčné vlnění. V pevných látkách se šíří zvuk nejrychleji a nejpomaleji v plynech. V tab. 1 jsou uvedeny rychlosti šíření podélného vlnění v některých látkách.

Tab. 1 – Rychlost šíření podélného vlnění v některých látkách [5]

Látka	c_z [m·s ⁻¹]
Vzduch 0 °C	332
Vzduch 20 °C	344
Dusík 0 °C	334
Helium 0 °C	971
Vodík 0 °C	1286
Voda 13 °C	1440
Petrolej 25 °C	1315
Aceton 20 °C	1190
Rtuť 20 °C	1451
Glycerin 20 °C	1923
Olovo	1410
Bukové dřevo	3900
Hliník	4800
Ocel	5750
Beton	3100
Cihly	2800
Sklo	5270
Plexisklo	1580
Tvrdá pryž	1400
Měkká pryž	70

Rychlost šíření zvuku v kapalinách

Rychlost šíření podélného vlnění v kapalinách je dána vztahem:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}, \quad (6)$$

kde K – modul objemové pružnosti

ρ - hustota prostředí

Rychlost šíření zvuku v plynech

Stanovení rychlosti šíření zvuku v plynech je složitější než v kapalinách z důvodu dané stavové změny, která v plynu probíhá. Pro vlnění o frekvenci $f > 20\text{Hz}$ jsou změny okamžitého akustického tlaku velmi rychlé a stavovou změnu lze považovat za adiabatickou.

Potom platí vztah:

$$c = \sqrt{\kappa \cdot \frac{p_b}{\rho}}, \quad (7)$$

kde κ - Poissonova konstanta.

Vztah pro rychlost šíření zvuku ve vzduchu v závislosti na teplotě je dán:

$$c = 331,6 \cdot \sqrt{1 + \frac{t}{273,1}}, \quad (8)$$

kde t – teplota vzduchu ve °C.

Rychlost šíření zvuku v pevných látkách

Rychlost šíření podélného vlnění v tenké tyči je dána vztahem:

$$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (9)$$

kde E – Youngův modul pružnosti v tahu.

Rychlost šíření podélného vlnění v desce je určena rovnicí:

$$c_L = \sqrt{\frac{E}{\rho \cdot (1 - \mu^2)}}, \quad (10)$$

kde μ je Poissonův poměr příčné kontrakce, který se stanoví ze vztahu:

$$\mu = \frac{E - 2 \cdot G}{2 \cdot G}, \quad (11)$$

kde G – modul pružnosti ve smyku

Rychlost šíření příčného vlnění v pevných látkách je dána vztahem:

$$c_T = \sqrt{\frac{G}{\rho}}. \quad (12)$$

U těles, kde jsou jeden nebo dva rozměry dominantní (tyče, desky), vzniká ohybové vlnění (kombinace podélného a příčného vlnění. Toto vlnění je příčinou vyzařování zvuku. Pro rychlost šíření ohybových vln v tyči platí:

$$c_B = \sqrt{2\pi \cdot f} \cdot \sqrt{\frac{4E \cdot J}{m'}}, \quad (13)$$

kde J [kg.m²] – moment setrvačnosti průřezu tyče

m' [kg.m⁻¹] – hmotnost jednotkové délky tyče

Pro tyče obdélníkového průřezu lze rovnici (13) upravit do tvaru:

$$c_B = \sqrt{1,8 \cdot c_L \cdot h \cdot f}, \quad (14)$$

kde h je menší rozměr obdélníkového průřezu.

Energie kmitající částice

Při netlumeném harmonickém kmitání hmotného bodu platí zákon zachování energie, kdy celková energie E_c je dána součtem kinetické energie E_k a potenciální energie E_p a ten je konstantní.

$$E_p + E_k = E_c = konst. \quad (15)$$

Kinetickou a potenciální energii lze vyjádřit pomocí daných vztahů:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot y_0^2 \cdot \omega^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot \tau + \varphi) \quad (16)$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot k \cdot y^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot y_0^2 \cdot \omega^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot \tau + \varphi) \quad (17)$$

Po dosazení rovnic (16) a (17) do rovnice (15) dostáváme vztah pro celkovou energii kmitajícího bodu:

$$E_e = \frac{1}{2} \cdot m \cdot y_0^2 \cdot \omega^2 \quad (18)$$

Akustický výkon

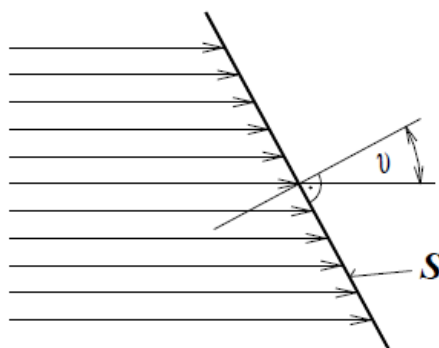
Mějme šíření rovinné vlny ve směru osy x , která dopadá na měřicí plochu S (obr.1). Zvukové paprsky svírají s měřicí plochou úhel ν . Akustický výkon je pak definován rovnicí:

$$P = \frac{dE}{d\tau}, \quad (19)$$

kde E – akustická energie.

Je-li akustický výkon vztažen na jednotku plochy, nazýváme ho tzv. měrný akustický výkon N [W/m²], který je vyjádřen vztahem:

$$N = \frac{dP}{dS \cdot \cos \nu} \quad (20)$$



Obr.1 Šíření rovinné vlny na měřicí plochu S [5]

Výkon je také dán všeobecně součinem akustické rychlosti v a působící síly F , která je úměrná součinu akustického tlaku p a plochy S :

$$P = F \cdot v = p \cdot S \cdot v \quad (21)$$

Intenzita zvuku

Intenzita zvuku závisí na měrném akustickém výkonu N a je dána rovnicí:

$$I = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T N d\tau, \quad (22)$$

kde T je doba integrace = doba periody u harmonických signálů.

Rovnice (22) pro rovinnou vlnu je ve tvaru:

$$I = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot u_0^2 = \frac{p_0^2}{2 \cdot \rho \cdot c} = p_{ef} \cdot v_{ef} \quad (23)$$

kde u_0 – amplituda výchylky kmitání.

Pro šíření kulové vlny není akustický tlak ve fázi s akustickou rychlostí. Pak pro intenzitu zvuku kulové vlny platí:

$$I = p_{ef} \cdot v_{ef} \cdot \cos \varphi, \quad (24)$$

kde φ – fázový úhel mezi akustickým tlakem a akustickou rychlostí.

Akustická impedance

Akustická impedance je poměr akustického tlaku a objemové rychlosti. Při harmonickém kmitání může být mezi akustickým tlakem a objemovou rychlostí fázový posun, proto je akustická impedance v symbolickém vyjádření obecně komplexního charakteru:

$$Z_a = \frac{p}{w} = \frac{p}{v \cdot S} \quad (25)$$

Objemovou rychlost w pro plochu S můžeme vyjádřit jako součin rychlosti kmitání částic v a plochy S .

Hladiny akustických veličin

Hodnoty akustických veličin se mění v širokém rozmezí, proto byly zavedeny decibelové veličiny, které přepočítávají základní akustické veličiny na decibelové hodnoty. Jednotkou je 1 decibel [dB] a rozsah hladin je podstatně menší a o jednotlivých veličinách je tak lepší představa.

Hladina – logaritmický poměr určité akustické veličiny ke stanovené referenční veličině

$$H = \log \frac{A}{A_{ref}} = \log \frac{A}{A_0} = \frac{\text{hodnota porovnávaná}}{\text{hodnota referenční}}$$

Hladina akustického výkonu

Hladina akustického výkonu je definována vztahem:

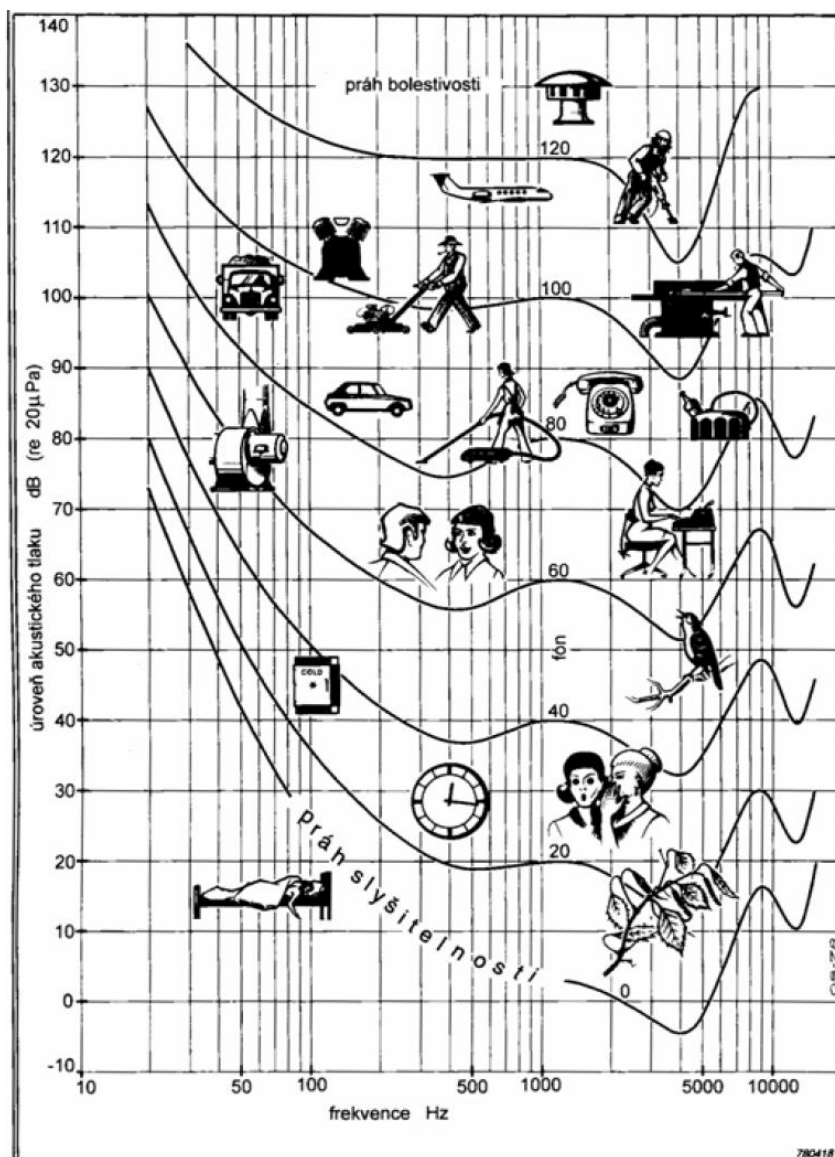
$$L_w = 10 \cdot \log \frac{P}{P_0}, \quad (26)$$

Hladina akustického tlaku

Hladina akustického tlaku je dána vztahem:

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} \quad (27)$$

Referenční hodnota akustického tlaku je přitom taková minimální hodnota akustického tlaku, kterou je ještě schopen zaznamenat nepoškozený lidský sluchový orgán. Konkrétní příklady hladin akustických tlaků běžných zdrojů hluku jsou znázorněny na obr.2.



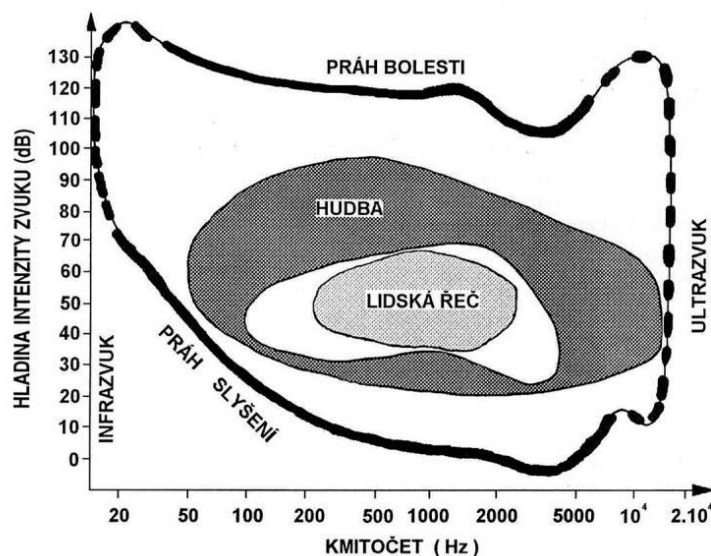
Obr.2 Hladiny akustického tlaku běžných zdrojů hluku [1]

Hladina intenzity zvuku

Hladina intenzity zvuku je definována vztahem:

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad (28)$$

Na obr.3 je znázorněn rozsah slyšení zdravého mladého člověka v závislosti na hladině intenzity zvuku a kmitočtu.



Obr.3 Rozsah slyšení u zdravého mladého člověka v závislosti na hladině intenzity zvuku a kmitočtu [2]

Souvislost základních decibelových veličin

-akustická intenzita a akustický tlak:

$$L_I = L_p - 0,2 \approx L_p \quad (29)$$

Hladina akustického tlaku a hladina intenzity zvuku jsou přibližně stejné.

-akustický výkon a akustický tlak:

$$L_w = L_p + 10 \cdot \log S \quad (30)$$

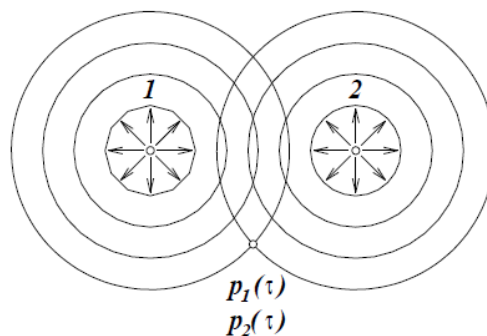
Hladina akustického tlaku klesá s rostoucí vzdáleností od bodového zdroje zvuku s hladinou akustického výkonu.

-akustický výkon a akustická intenzita:

$$L_I = L_w - 10 \cdot \log S \quad (31)$$

Hladina intenzity zvuku klesá s rostoucí vzdáleností od bodového zdroje zvuku s hladinou akustického výkonu. (analogicky jako s akustickým tlakem)

Stanovení výsledné hladiny při interferenci akustických vln



Obr.4 Akustické pole dvou samostatných akustických zdrojů [5]

- pro intenzitu platí: $I_c = I_1 + I_2$ (32)

$$I_c = \sum I$$

- pro hladinu akustické intenzity platí:

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \implies \frac{I}{I_0} = 10^{0,1L_I} \quad (33)$$

Nakonec dostaneme výsledný vzorec, pomocí kterého sečteme v kontrolním bodě různé hladiny akustických signálů:

$$L_c = 10 \log \sum_{i=1}^n \frac{I}{I_0} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \quad (34)$$

- pro tlak platí: $p_c^2 = \sum p_i^2$ (35)

-pro hladinu akustického tlaku platí:

$$L_c = 10 \cdot \log \frac{p_c^2}{p_0^2} = 10 \cdot \log (10^{0,1L_1} + \dots + 10^{0,1L_n}) \quad (36)$$

Kmitočtová pásma

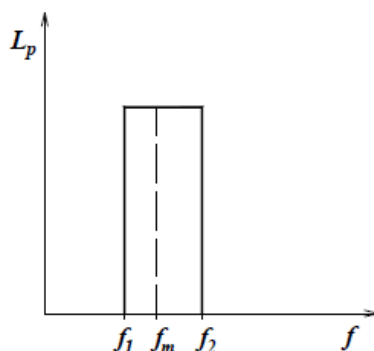
Velikosti akustických veličin jsou obecně závislé na frekvenci f . Kmitočtová pásma se zavádí z důvodu zjednodušení frekvenčních spekter akustických veličin, protože pokud by se měřila s frekvenčním krokem 1Hz, tak by jejich zhotovení bylo příliš pracné. Oktávová (resp. třetinooktávová) pásma příliš nezmění přesnost spekter k určení celkové hlučnosti.

Oktávové kmitočtové pásmo

Každá októva je charakterizována poměrem krajních frekvencí:

$$\frac{f_2}{f_1} = 2, \quad (37)$$

kde f_1 – dolní frekvence októvy, f_2 – horní frekvence októvy



Obr.5 Příklad októvového pásma

Přitom každou októvu označujeme střední frekvencí f_m :

$$f_m = \sqrt{f_1 \cdot f_2} \quad (38)$$

Velikost střední frekvence v příslušném októvovém pásmu lze popsat matematickou rovnicí:

$$f_m = 15,625 \cdot 2^n, \quad (39)$$

kde n – číslo októvy (1, 2, ..., 10).

Z rovnice (39) tak vyplývá, že střední frekvence dané oktávy je dvojnásobkem střední frekvence předchozí oktávy. Šířka oktávy je dána rozdílem horní a dolní frekvencí:

$$f_2 - f_1 = f_m \cdot \left(\sqrt{2} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{f_m}{\sqrt{2}}. \quad (40)$$

Třetinooktávové pásmo

Třetinooktávové pásmo vznikne rozdělením oktávového pásma na 3 díly (v logaritmických souřadnicích. Proto třetinooktávových pásem je 30 a frekvence f_1 a f_4 jsou hranice jedné oktávy, frekvence f_2 a f_3 jsou hranicemi vnitřní třetiny oktávy.

Proto platí:

$$\log \frac{f_2}{f_1} + \log \frac{f_3}{f_2} + \log \frac{f_4}{f_3} = \log \frac{f_4}{f_1} = \log 2, \quad (41)$$

Po úpravě rovnice (41) dostáváme vztah (42) mezi jednotlivými frekvencemi, ze kterého plyne, že poměr krajních kmitočtů v libovolné třetině oktávy je konstantní.

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{f_3}{f_2} = \frac{f_4}{f_3} = \sqrt[3]{2} \approx 1,26. \quad (42)$$

Závislosti mezi krajními a středními frekvencemi třetinooktávového pásma jsou:

$$f_1 = \frac{f_m}{\sqrt[3]{2}}, \quad (43)$$

$$f_2 = f_m \cdot \sqrt[3]{2}. \quad (44)$$

Vztah mezi středními frekvencemi dvou po sobě jdoucích třetinooktávových pásem je:

$$f_{mi+1} = \sqrt[3]{2} \cdot f_{mi}, \quad (45)$$

kde $i = 1, 2, \dots, n-1$

Přepočty hladin na jinou šířku pásma

Máme-li k dispozici hodnoty např. hladin akustické intenzity zvuku v třetinooktávových pásmech, lze stanovit hladinu akustické intenzity zvuku v oktávovém pásmu na základě rovnice (36):

$$L_i = 10 \cdot \log \left(\frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} + \dots + \frac{I_n}{I_0} \right) = 10 \cdot \log \left(10^{0,1 L_{i1}} + 10^{0,1 L_{i2}} + \dots + 10^{0,1 L_{in}} \right), \quad (46)$$

kde L_{i1}, L_{i2}, L_{i3} jsou hladiny intenzity v jednotlivých třetinách oktávy. Rovnici (46) lze analogicky použít pro stanovení hladiny akustického výkonu a hladiny akustického tlaku v oktávovém pásmu.

Podstatně složitější je případ, kdy máme určit hladin hluku vnitřních pásem, na základě znalosti rozložení hladin hluku v širších pásmech.

Váhové filtry

Váhové filtry se používají k přepočítávání skutečně naměřených hodnot hladin zvuku na jiné hodnoty hladin zvuku z důvodu zkreslené citlivosti lidského sluchu při různých kmitočtech. Zavádí se váhové filtry typu A, B a C, které jsou inverzní ke křivkám stejné hlasitosti při hladinách 40 dB, 80 dB a 120 dB.

Lidský sluch je nejcitlivější v oblasti okolo 1000 Hz. Proto při této frekvenci jsou nulové korekce u jednotlivých filtrů. Ze známých hladin lze následně pro dané pásmo přepočítat hladinu zvuku s vlivem korekcí, tzn. hladinu, kterou skutečně vnímá lidský sluch. Například pro hladinu akustického tlaku váženou filtrem typu A platí rovnice:

$$L_{pA} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{pi} + K_{Ai}}{10}}, \quad (47)$$

kde L_{pi} - hladina akustického tlaku v příslušném pásmu

K_{Ai} - korekce při dané střední frekvenci v daném pásmu.

Kromě váhových filtrů A, B, C se v letecké dopravě používá i filtr typu D.

Vliv vibrací a hluku na člověka

Účinky hluku na člověka

Hluk působí na člověka v podstatě dvojnásobným způsobem. Vyvolává účinky přímým působením na sluchový orgán nebo vyvolává odvozené poruchy fyziologické a psychologické. Příkladem může být zvuk komára v ložnici, který svým účinkem mnohdy překoná hluk startujícího letadla. Ani nezvykle nízká hladina akustického tlaku člověku nesvědčí. Až hladina okolo 30 dB bývá považována za příjemné ticho.

Působí-li hluk dlouhodobě na organismus, pozorujeme již během prvních minut posun sluchového prahu. Organismus se adaptuje a hluk vnímá v menší hlasitosti. Tento adaptační děj rychle nastupuje a brzo odeznívá. Druhým stupněm je sluchová únava. Svého vrcholu dosahuje po 7 až 10 minutách. Je spojena navíc se změněným rozlišováním frekvenčních změn, hlasitosti a změn maskování. Odeznívá pomaleji, hodiny, někdy i den.

Od hladin 65 dB výše, se začínají již nepříznivě projevovat účinky hluku zejména změnami vegetativních reakcí. Při trvalém pobytu v prostředí, kde hladiny akustického tlaku přesahují 85 dB, již vznikají trvalé poruchy sluchu. Současně se ve větší míře projevují účinky na vegetativní systém a celou nervovou soustavu. Degradací proces sluchu obvykle začíná postižením slyšení v kmitočtové oblasti 4 až 6 kHz. Dojde prostě k odumření příslušných buněk, které již nejsou schopny regenerace. K poškození může dojít i krátkodobým akustickým podnětem – třeskem případně výbuchem. Poranění může být i trvalé: šelesty, poranění bubínku, středního ucha a dokonce i labyrintu, přímou mechanickou silou např. při explozi. Bolest ve sluchovém orgánu je obvykle spojena s hladinou 130 dB. K protržení bubínku dochází při 160 dB.

Vliv hluku na spánek

Spánek je aktivním zotavovacím procesem pro nervovou soustavu. Je nutný, jinak dochází k poruše funkcí organismu. Hovoří se o čtyřech stádiích spánku. Jejich citlivost na zvukové podněty je rozdílná. Sluchové práhy pro jednotlivá stádia se liší až o 30 dB. Obecně platí, že pro nerušený spánek by neměla L_{ekv} překročit hodnoty 35 až 37 dB během trvání spánku. Příznivě mohou působit monotónní zvuky jako např. šumění větru, zvuk kapek deště, hukot vody nebo opakující se melodie.

Návyk na hluk

Dlouhodobí obyvatelé hlukem postižených měst jsou obtěžováni přinejmenším stejně, jako na počátku pobytu. Spíše se vliv hluku stupňuje. O návyku lze hovořit u lidí v blízkosti železnic, v koridorech letadel a podobně.

Nemocný člověk a hluk

Klid, ticho a vyšší potřeba spánku jsou základními požadavky léčebných režimů. V mnohých nemocnicích se však L_{ekv} pohybuje od 40 do 70 dB. Impulsní hladina při zavírání dveří dosahuje velikosti 65 až 85 dB a v mnoha lůžkových pokojích bývá během 24 hodin naplněna v průměru 700 krát. Hlučné prostředí v důsledku svého maskovacího účinku mnohdy zabraňuje vyšetření srdce a plic, pro které je nutné nepřekročit hladinu 60 dB.

Děti a hluk

Děti hluk milují. Křik je sociálním organizátorem. Sluch dětí je třeba chránit. Přibývá poruch sluchu (zejména propadů v audiogramu až o hodnotu 15 dB) v důsledku hluku. Příkladem mohou být nevhodné hračky – dětské pistole, které ještě ve vzdálenosti 10 cm vytvářejí impulsní hladiny akustického tlaku až 168 dB. Děti vyrůstající v hlučném prostředí mají problém s výslovností neboť

vlastně ani neslyší, co by měly vyslovovat. V hluku se zhoršuje proces vytváření podmíněných řečových spojů, což znesnadňuje výuku jazyků.

Hlasitá hudba

Symfonické orchestry vyvozují L_{ekv} v průměru okolo 85 dB s dynamikou 40 dB. U rockových orchestrů bývá hladina vyšší, 95 dB při nižší dynamice - 20 dB. Nebezpečí jsou proto vystaveni hudebníci v orchestru, zejména u bicích. U přenosných přehrávačů nejčastěji užívané nastavení vytvářející hladinu 66 dB je bez rizika.

Přípustné hodnoty hluku

Posuzování hluku v životním prostředí upravuje vyhláška č. 13/1977 Sb.: Ochrana zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací a její příloha: Nejvyšší přípustné hodnoty hluku a vibrací. Předpisy vycházejí ze znalostí o škodlivosti hluku a stanovují nejvyšší přípustné hodnoty pro různá prostředí a podmínky. Podmínky respektují druh vykonávané činnosti, povahu hluku, jeho trvání a další okolnosti.

Hluk na pracovišti

Tab. 2 Korekce pro výpočet hluku a ultrazvuku na pracovišti

Druh činnosti	Nároky	Korekce [dB]
1. Práce koncepční s převahou tvořivého myšlení		-40
2. Duševní práce velmi náročná, zodpovědná	mimořádné běžné	-35 -30
3. Duševní práce vyžadující značnou pozornost, soustředěnost	mimořádné běžné	-25 -20
4. Duševní práce rutinní povahy s trvalou kontrolou sluchem	mimořádné běžné	-15 -10*
5. Fyzická práce náročná na přesnost a soustředění		-5*
6. Fyzická práce bez nároků na soustředění		0*
7. Fyzická práce bez zvláštních nároků na smyslovou činnost		+5*

* takto označené korekce se nahrazují -15 dB, je-li hluk způsobován nevýrobním zařízením (větrací, vyhřívací apod.) nebo proniká-li ze sousedních prostorů

Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku pro osmihodinovou pracovní dobu (všechny druhy hluku) se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku 85 dB a korekcí na vykonávanou činnost podle tab. 2. Korekce na impulsní hluk (s počtem impulsů menším než $20 \cdot s^{-1}$) se provádí podle doby trvání od 1 s do 4 hod. v rozsahu +45 až 0 dB.

Hluk v obytných stavbách

Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku uvnitř budov, pro hluky pronikající zvenčí i hluky šířící se ze zdrojů uvnitř, se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku 40 dB a korekcí přihlížející k využití prostoru, viz tab.3.

Tab. 3 Korekce pro výpočet hluku v obytných stavbách

Druh místnosti	Doba [hod.]	Korekce [dB]
Nemocniční pokoje	6 - 22	-5
Operační sály, koncertní síně	po dobu užívání	-5
Obytné místnosti, hotelové pokoje	6 – 22	0*
Lékařské ordinace, čítárny	po dobu užívání	0*
Přednáškové síně, posluchárny	po dobu užívání	+5
Konferenční místnosti, soudní síně	po dobu užívání	+10
Kulturní zařízení, kavárny, restaurace	po dobu užívání	+15
Sportovní haly, prodejny	po dobu užívání	+20

* označené korekce nabývají pro hluk z dopravy v centrech sídelních útvarů a na hlavních dopravních trasách velikosti +5 dB

Hluk ve venkovním prostoru

Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina hluku ve venkovním prostoru (s výjimkou impulsního hluku) se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku 50 dB a korekcí přihlížející k místním podmínkám a denní době v rozsahu –10 až +20 dB, pro přírodní rezervace až výrobní zóny. Nejvyšší ekvivalentní hladina hluku leteckého provozu se stanoví základní hladinou akustického tlaku 65 dB a korekcí, přihlížející k místním podmínkám a denní době od –20 do +10 dB. Nejvyšší přípustná maximální hladina vnitřního hluku dopravních prostředků je stanovena na 80 dB, vyjma dálkové hromadné dopravy osob, kde je korekce –5 dB.

Účinky vibrací na člověka

Vnímání vibrací je ovlivněno celou řadou faktorů. Jedná se o komplexní fyziologický a psychologický vjem zprostředkovaný celou řadou receptorů. Dané vzruchy se přenášejí centrální nervovou soustavou do mozku, kde se integrují a kde také vzniká subjektivní vjem. Velikost vjemu je určena nejen kmitočtem ale i rychlostí resp. zrychlením kmitavého pohybu.

Vjem vibrací na kmitočtech nižších než 15 Hz je dán funkcí vestibulárního aparátu. Ten určuje odezvu člověka na lineární nebo úhlové zrychlení hlavy a celkové vibrace těla a jeho polohu v prostoru. Vjem vibrací na nízkých kmitočtech je zprostředkován také receptory, které jsou v kloubech, šlachách a svalech. Vibrace o kmitočtech vyšších než 15 Hz jsou vnímány pomocí receptorů na tlak, které se nacházejí v měkkých tkáních a kůži.

Expozice intenzivním vibracím je spojena s nepříjemným subjektivním vjemem nepohody, který může být posuzován jak z fyziologického tak i z psychologického hlediska. Dlouhodobá expozice pak může vyvolat trvalé poškození zdraví. Místní vibrace přenášené na ruce vyvolávají poškození několika systémů. Nejvíce jsou zasaženy periferní cévy, nervy horních končetin a svalově-kloubní aparát. V závažných případech trvalého poškození rukou se přiznává nemoc z povolání. Při delší expozici vibracím jsou průvodním jevem příznaky změn v centrálním nervovém systému. Nejsnadněji pozorovatelné jsou tzv. bílé prsty způsobené expozicí vibracím.

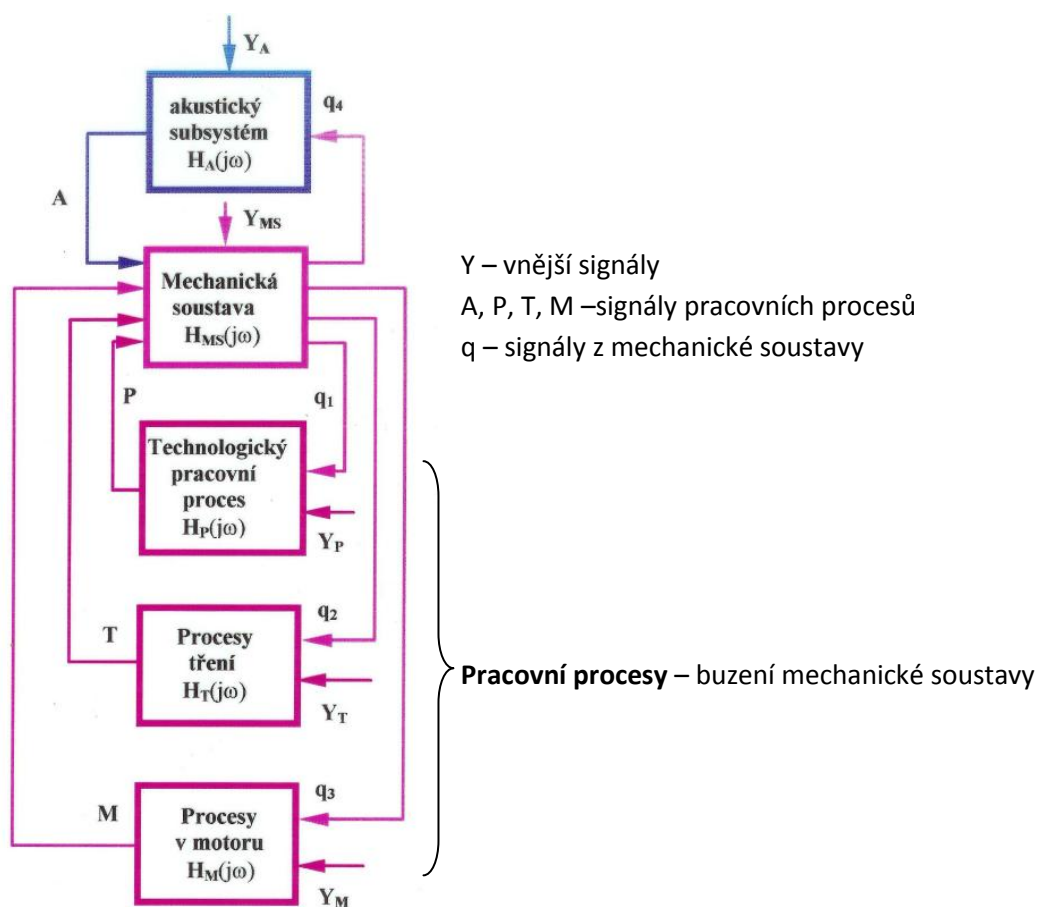
Nepříznivý a mnohdy i škodlivý účinek vibrací na člověka je závislý na způsobu jejich přenosu ze zdroje na člověka a na vedení v organismu samotném. Důležitou úlohu zde hraje i individuální tělesná konstituce a zručnost objektu.

Podle způsobu přenosu rozlišujeme vibrace přenášené na celý organismus nebo jen lokálně: na ruce, hlavu, páteř a trup. Pro posouzení směrových účinků vibrací byly stanoveny soustavy souřadnic lidského těla a ruky, ve kterých se vibrace měří. Podle toho pak vibrace dělíme na horizontální a vertikální. Akutní poškození vznikají v důsledku rezonančního kmitání dutin organismu nebo jeho části, zejména trupu a žaludku. Zvláště škodlivá jsou pásma frekvencí:

2 – 6	Hz		pro sedící osobu
4 – 12	Hz		pro stojící osobu
12 – 30	Hz		pro hlavu
30 – 90	Hz		pro oční bulbus, centrální nervovou soustavu a cévy
400 – 600	Hz		pro rezonanci lebky.

Fyziologicky se vibrace, působící na organismus, projeví: ztrátou rovnováhy, snížením zrakové ostrosti, obtížemi při soustředění, kinetózou (stav organismu vzniklý působením rychlosti), vazoneurózou (cévohybné funkční onemocnění z poruchy nervové činnosti) a potížemi při dýchání.

Struktura dynamického systému stroje s neřízenými vazbami



Obr.6 Strukturní schéma dynamického systému stroje s neřízenými vazbami [1]

Budící účinky – nevyváženosti těles

- nepřesnost výroby (ozubených kol, hřídelů, valivých element,..)
- setrvačné síly
- síly v hydraulickém systému

Použitá literatura

- [1] – Mišun V., *Vibrace a hluk*, skripta VUT Brno, 2005
- [2] - <http://www.imaterialy.cz/Materialy/Akusticke-vlastnosti-lehkych-delicich-konstrukci.html>
- [3] – Špryňar M., Peterková L., *Hluk a jeho vliv na lidský organismus*, semestrální práce, Doprvní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice, 2001
- [4] - <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zakladni-informace-o-monitorovani-hluku>
- [5] - http://ufmi.ft.utb.cz/index.php?page=env_fyzika