

Enačbe, ki jih pogosto uporabljamo pri širjenju hrupa

Sinusno valovanje

$$y(x=0) = y_0 \sin(\omega t)$$

$$y(x, t) = y_0 \sin \omega (t - x/c)$$

Faza valovanja

$$\varphi = \omega (t - x/c)$$

$$\tau = \frac{1}{\nu}$$

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Longitudinalno gibanje

$$y(x, t) = y_0 \sin \omega (t - x/c)$$

Hitrost valovanja

Tekočine

$$c = \sqrt{\frac{1}{\chi \cdot \rho}}$$

Plini

$$c = \sqrt{\frac{\kappa \cdot R \cdot T}{M}}$$

Raven zvoka

$$L = 10 \log\left(\frac{j}{j_0}\right) = 20 \log\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

$$j = j_0 \cdot 10^{L/10}$$

Skupna raven hrupa

Seštevajo se jakosti ali intenzitete

$$j = j_1 + j_2 + j_3 + \dots + j_n$$

$$L = 10 \log \left[10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots \right]$$

$$= 10 \log \left[\sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \right]$$

Ekvivalentna raven

$$L_{ekv} = 10 \log \left(\frac{\bar{j}}{j_o} \right) = 10 \log \left(\frac{1}{j_o T} \int_0^T j(t) dt \right)$$

$$= 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L(t)/10} dt$$

Sevanje v celotni prostorski kot 4π

$$L = L_w - 20 \log(r) - 11dB$$

V polovico prostorskega kota 2π

$$L = L_w - 20 \log(r) - 8dB$$

V prostorski kot π

$$L = L_w - 20 \log(r) - 5dB$$

Sevanje izvora v stičišču treh ploskev $\pi/2$

$$L = L_w - 20 \log(r) - 2dB$$

V splošnem dodamo koeficient usmerjenosti Q

$$L = L_w - 20 \log(r) + 10 \log Q - 11dB$$

$$Q = 10^{(L_{w\alpha} - \bar{L})/10}$$

$L_{w\alpha}$ je emisijska raven v smeri α

L_w je povprečna emisijska raven v celotni prostorski kot

Neusmerjen točkast izvor pri podvojeni razdalji

$$L = L_1 - 20 \log 2 = L_1 - 6dB$$

Linearni izvor pri podvojeni razdalji

$$L = L_1 - 10 \log \left(\frac{r_2}{r_1} \right) = L_1 - 3dB$$

Linearen izvor

$$L = L_w - 6 - 10 \log r_o - 10 \log b$$

Če oddaja eno frekvenco

$$L = L_w - 8 - 10 \log r_o - 10 \log b$$

Hrup v prostoru

Odmevni čas prostora Stephens & Bate

$$T = r(0,012\sqrt[3]{V} + 0,1070)$$

r = 4 za govor
5 za orkester
6 za zbor

Sabinova formula

$$T = \frac{0,16.V}{A}$$

A = absorpcijska enota je $\alpha.S$

S = površina sten prostora

Ustrezna raven L na opazovanem mestu v prostoru

$$L = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

$$R = \frac{\alpha.S}{1-\alpha} \quad \text{Konstanta prostora}$$

α je absorpcijski koeficient

Akustični polmer prostora

$$r_{krit} = \sqrt{\frac{Q.R}{16.\pi}}$$

$$f = \frac{60}{\sqrt{m.d}} \quad \text{resonančna frekvenca}$$

$$f = \frac{c.r}{2\pi} \sqrt{\frac{2\pi}{(2l + \pi r).V}}$$

Meritve absorpcijskega koeficienta v prostoru

$$T_1 = \frac{0,16V}{A}$$

$$T_2 = \frac{0,16V}{A + \delta A}$$

$$\delta A = 0,16V \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Oziroma po standardu

$$\delta A = \left(\frac{55,3V}{c} \right) \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

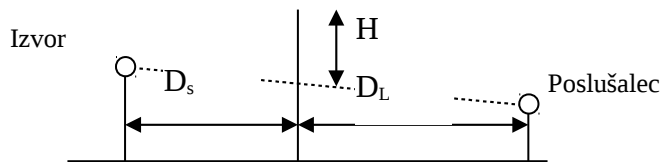
C=hitrost zvoka

Zvočne pregrade

Zmanjšanje hrupa s pregrado je učinkovito takrat, kadar je pregrada velika v primeri z valovno dolžino hrupa. Pokazano je bilo, da je znižanje ravni hrupa:

$$x = \frac{H^2}{\lambda \cdot D_s} \text{ v dB}$$

kjer je sta H in D_s pokazana na sliki



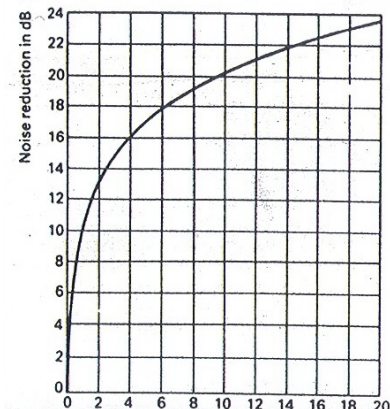
Izpolnjeno mora biti, da je $D_L \gg D_s$ $D_s > H$

Če razdalja D_L od pregrade do poslušalca ni velika v primeri z D_s potem je potrebno računati:

$$x = \frac{2}{\lambda} \left\{ D_s \left[\sqrt{1 + \frac{H^2}{D_s^2}} - 1 \right] + D_L \left[\sqrt{1 + \frac{H^2}{D_L^2}} - 1 \right] \right\}$$

Ti izračuni temeljijo na količini zvoka, ki je uklonjen zaradi pregrade. Pomembno je da pregrada sama ne prenaša zvoka. To pomeni, da mora biti izolativnost pregrade večja od efekta zaklanjanja. Luknje v ograji bi naredile zaklon neuporaben, čeprav je taka ograja lahko zelo lahka. Masa 20kg/m² ponavadi zadostuje.

Metoda Maekava



Formula, ki temelji na delu Maekave se lahko uporabi za določitev približnega dušenja, ki ga povzroči tanka toga pregrada med izvorom zvoka in sprejemnikom.

Dušenje,

$$\Delta L = 10 \log\left(3 + 40 \frac{\delta}{\lambda}\right) dB$$

kjer je λ valovna dolžina zvoka

in

$\delta = a+b-c$, diferenca v dolžini poti zvoka okoli pregrade in direktno.

$$\Delta L_z = 20 \log \frac{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot N}}{\tanh \sqrt{2 \cdot \pi \cdot N}} + 5 dB$$

$$N = 2 \cdot \frac{a+b-c}{\lambda}$$

Učinek drevja in grmovja

Dušenje zvoka, ki ga dosežemo z drevjem in grmovjem je samo obrobno. Meritve, ki so bile narejene v džungli so pokazale, da je dodatek k normalnem pojemanju zvoka z razdaljo minimalen.

Upoštevajoč minimalen prispevek k dušenju zvoka, drevesa in drevje niso ekonomičen način za doseg zvočne izolacije. Seveda je določen učinek absorpcije, ki ne bi bil dosežen, če bi bila tla tlakovana. Če uporabimo drevesa za zvočno izolacijo morajo biti listnata z različnimi velikostmi listov in gosta do tal. Dejstvo, ki je včasih spregledano je, da šelestenje listja včasih povzroča hrup do 50 dB (A).

Absorpcija hrupa v zraku

Energija se absorbira, ko se zvok širi po zraku. Te izgube energije so posledica procesa sproščanja energije, ki je odvisna od količine vlage v zraku. To dušenje je približno sorazmerno kvadratu frekvence.

Dušenje na meter α , je bilo določeno kot:

$$\alpha = k \cdot f^2 + \alpha_2$$

kjer je $k = 14,24 \cdot 10^{-11}$

f = frekvenca v Hz

α_2 je odvisna od vlažnosti.

Tipične vrednosti so okoli 3 dB na 100m pri 4000 Hz in padajo do 0,3 dB na 100m pri 1000 Hz. Zračno dušenje zvoka postane pomembno pri frekvencah ultrazvoka in je večje od 1 dB/m pri 100 Hz vendar ima majhen pomen pri gradbeni akustiki.

$$\alpha = \frac{\delta A}{S}$$

UREDBA O HRUPU V NARAVNEM IN ŽIVLJENJSKEM OKOLJU

$$L = 20 \cdot \log(p(t)/p_0),$$

$p(t)$ - tlak zvočnega valovanja na kraju imisije

p_0 - referenčni zvočni tlak $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

$$L_{eq} = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{t_0} \int_0^{t_0} 10^{0,1 \cdot L(t)} dt\right)$$

kjer je

$L(t)$ - izmerjena raven hrupa in

t_0 - časovni interval, na katerega se ekvivalentna raven nanaša.

značilnih obremenitev okolja s hrupom na kraju imisije po enačbi:

$$L_{r,TN} = 10 \cdot \log\left(\sum_i \frac{1}{TN} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{r,i}} \cdot t_{0,i}\right),$$

kjer je:

$L_{r,i} = L_{eq,i} + K_{1,i} + K_{2,i}$ - ocena povprečne ravni, izračunana za čas i -te meritve obremenitve okolja zaradi hrupa;

$L_{eq,i}$ - ekvivalentna raven, izračunana v časovnem obdobju poteka i -te meritve;

$K_{1,i}$ in $K_{2,i}$ - popravka v izračunu ocene povprečne ravni $L_{r,i}$ zaradi izrazitih impulzov in poudarjenih tonov;

$t_{0,i}$ - časovni interval i -te meritve za izračun ekvivalentne ravni $L_{eq,i}$, ki je enak času trajanja značilne obremenitve;

TN - čas trajanja dnevnega obdobja, za katerega velja izračun ocenjene ravni hrupa $L_{r,TN}$.

Povprečna raven v hrupa $L_{AI,pov}$ je za določeno časovno obdobje t_0 časovno povprečje ravni hrupa, ki je izmerjena z dinamično nastavitvijo merilnika hrupa na "I" (impulz). Izračuna se po enačbi:

$$L_{AI,pov} = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{t_0} \int_0^{t_0} 10^{0,1 \cdot L_A(t)} dt\right)$$

kjer je:

t_0 - časovno obdobje meritve hrupa, ki je enak času trajanja značilne obremenitve okolja s hrupom z izrazitimi impulzi;

$L_{AI}(t)$ - s filtrom "A" in z dinamično nastavitvijo merilnika na "I" (impulz) izmerjena raven hrupa.

Dnevna raven se izračuna po enačbi:

$$L_d = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{16} \left(12 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{r,T1}} + 4 \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{r,T2} + 6)} \right) \right],$$

kjer sta:

$L_{r,T1}$ in $L_{r,T2}$ - ocenjeni ravni za časovni obdobji dneva T1 in T2.

Nočna raven se izračuna po enačbi:

$$L_n = L_{r,T3},$$

kjer je:

$L_{r,T3}$ - ocenjena raven za časovno obdobje dneva T3.

Dnevno raven se izračuna po enačbi:

$$L_d = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{16} \left(12 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{r,T1} \text{ celotna}} + 4 \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{r,T2} \text{ celotna} + 6)} \right) \right]$$

Nočno raven se izračuna po enačbi:

$$L_n = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_{r,T3, \text{ celotna}}})$$

ali

$$L_n = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_{r,T4, \text{ celotna}}}),$$

na podlagi določb za izračun dnevne in nočne ravni iz priloge 1 te uredbe, točka f, kjer je $L_{r,TN, \text{ celotna}}$ ocenjena raven celotne obremenitve posameznega območja, izračunana po enačbi:

$$L_{r,TN, \text{ celotna}} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_{r,TN,1}} + 10^{0,1 \cdot L_{r,TN,2}} + 10^{0,1 \cdot L_{r,TN,3}} \dots + 10^{0,1 \cdot L_{\text{ozadje}}})$$

Označbe z indeksi 1, 2, 3 ... se nanašajo na ocenjene ravni hrupa vsakega od različnih virov hrupa, ki prispevajo k celotni obremenitvi posameznega območja s hrupom.