



A XV-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2015

STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND POLUAREA FONICĂ ÎN MEDIUL INDUSTRIAL

Ionela Lavinia LĂPUȘAN, Mariana ARGHIR

RESEARCH AND DEVELOPMENTS ON NOISE POLLUTION IN INDUSTRIAL ENVIRONMENTS

The document shows the importance of study and research of noise pollution phenomenon, which is an internationally and nationally current issue, because it affects people and causes so-called occupational diseases. But we have to consider that the main source of noise pollution is industrial environment.

Keywords: sound pollution, noise impacts, industrial environment
Cuvinte cheie: poluare sonoră, impactul zgomotului, mediul industrial

1. Noțiuni generale despre sunete

Pentru a putea vibra, corpul primește din exterior o anumită energie. O cantitate din această energie primită de corpul care vibrează este transferată mediului înconjurător sub formă de unde. Undele acustice generate, în deplasarea lor prin mediu, transportă la distanță o parte din această energie. În urma acestei radiații se produce un sunet care impresionează urechea umană. Conform lui Morfey C., sunetul este o variație de presiune care se propagă printr-un mediu elastic solid, lichid sau gazos. Deasemenea un sunet se poate defini ca fiind orice tip de mișcare a undei mecanice progresive, în mediu elastic, care se propagă sub acțiunea unei forțe elastice și care presupune compresia și expansiunea mediului.

2. Mărimi caracteristice undelor sonore

Pe lângă mărimile fizice ce caracterizează orice tip de undă, în cazul undelor sonore sunt mărimi și unități specifice, ce vor fi prezentate în cele ce urmează.

O caracteristică importantă a undelor sonore este viteza de propagare a acestora ce depinde de proprietățile mediului în care se propagă. Viteza de propagare a sunetului în aer și gaze are expresia [4]:

$$c = f \sqrt{\gamma_0 \frac{p}{\rho}} \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

unde: - f reprezintă frecvența măsurată în [Hz];

- γ_0 este raportul dintre căldura specifică la presiune constantă și căldura specifică la volum constant, a mediului de propagare ($\gamma_{0 \text{ aer}} = 1,41$);

- p reprezintă presiunea statică a gazului, măsurată în [N/m^2];
- ρ este densitatea mediului de propagare, în [kg/m^3].

În medii solide sunetul se propagă sub formă de unde longitudinale și transversale, cu viteze diferite. Conform [5], viteza de propagare a undelor longitudinale în mediul solid considerat nelimitat are forma:

$$c_l = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \quad [\text{m/s}] \quad (2)$$

unde:

- E este modulul lui Young;
- μ coeficientul lui Poisson, iar ρ este densitatea mediului.

Viteza de propagare a undelor transversale în mediul solid se calculează cu formula [5]:

$$c_t = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}} \quad [\text{m/s}] \quad (3)$$

În acustica industrială, un rol important îl au lățimile de bandă în octavă și în treime de octavă, cărora le corespund intervalele de 2 Hz, respectiv $\sqrt[3]{2} = 1.26$, centrate pe frecvența nominală. Frecvența

centrală, notată f_c , a unei octave de frecvențe limită f_1 și f_2 se definește prin expresia [7]:

$$f_c = \sqrt{f_1 \cdot f_2} \cdot [\text{Hz}] \quad (4)$$

Lățimea de bandă pentru două frecvențe f_1 și f_2 , $f_1 > f_2$, este:

$$\Delta f = f_2 - f_1 \cdot [\text{Hz}] \quad (5)$$

Lungimea de undă reprezintă distanța parcursă de undă, în mediul elastic solid, lichid sau gazos, în timpul unei perioade de oscilație sau se poate defini ca fiind distanța dintre două maxime sau minime succesive în același sens. Lungimea de undă se poate determina cu relația [5]:

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT, [\text{m}] \quad (6)$$

unde:

- c este viteza de propagare prin mediu, măsurată în [m/s];
- T este perioada de oscilație [s].

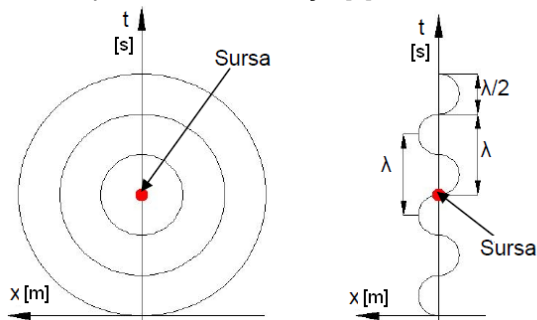


Fig. 1 Lungimea de undă de formă sinusoidală

3. Evaluarea zgomotului în incinte industriale

Caracteristicile câmpului acustic într-o incintă industrială depind de energia surselor de vibrații și de proprietățile acustice ale încăperii în care funcționează mașina–unealtă.

În funcție de modul de radieră a energiei acustice, surselor se împart în două categorii [6]:

- direcționale, adică radiază cea mai mare parte din energie în direcții determinate;

- nedirecționale sau omnidirecționale, acestea sunt surse ce radiază energie acustică uniform în toate direcțiile.

Câmpul sonor corespunzător este caracterizat printr-un factor de directivitate D_θ a sursei sau printr-un indice de directivitate d_θ .

Factorul de directivitate D_θ este dat în [7] de relația:

$$D_\theta = \frac{I}{I_s} = \frac{I \cdot 4\pi r^2}{W}, \quad (7)$$

unde:

- I este intensitatea undei într-un punct, în W/m^2 ,
- I_s reprezintă intensitatea în același punct, dată de o sursă omnidirecțională, de aceeași putere $[W]$, care ar radia în câmp liber, în mod uniform,
- r – distanța față de sursă.

În cazul unei surse nedirecționale $D_\theta = 1$.

Între factorul de directivitate și indicele de directivitate există relația:

$$d_\theta = 10 \lg D_\theta. \quad (8)$$

Dacă radiația sursei sonore nu este uniformă, atunci factorul de directivitate $D_\theta \neq 1$, iar intensitatea acustică după o direcție θ și la o distanță r față de sursă, are expresia:

$$I_\theta = \frac{W}{4\pi r^2} D_\theta. \quad (9)$$

3.1 Modelarea câmpului sonor generat de zgomot

În atelierele mecanice sunt utilizate numeroase mașini și utilaje care constituie surse puternice de zgomot și vibrații. Dintre acestea se menționează: strunguri, mașini de frezat, mașini de rabotat, ciocane de forjă, ciocane pneumatice, ghilotine etc.

Pentru modelarea câmpului sonor generat de zgomotul ocupațional emis de mașinile-unelte în incinte spațioase, se adoptă următoarele ipoteze simplificatoare:

- elementele mașini-unelte sunt surse punctiforme de zgomot, caz în care atenuarea este invers proporțională cu pătratul razei de propagare a undelor sonore;
- sursele punctiforme generează niveluri de presiune sonoră de formă circulară similare cu nivelurile de presiune sonoră de la nivelul urechii operatorului uman;

- carcasa mașinii-unelte este sursă de zgomot plană dreptunghiulară;
- spațiul incintei conține multipli de lungimi de undă, iar zgomotele de frecvențe medii, până la înalte (500 – 8000 Hz) au lungimi de undă relativ mici în raport cu dimensiunile spațiale ale incintelor.

Pentru estimarea contribuției diverselor surse de zgomot la câmpul sonor, este necesar să se calculeze constantele încăperii, notate R_{cj} , specifice fiecărei benzi, j , de octavă ale frecvenței, ținându-se cont de coeficienții de absorbție și de izolare ale tuturor suprafețelor componentelor din incintă, direct expuse la aer și de câmpul sonor reflectat. Constantele încăperii sunt proporționale cu dimensiunile și capacitatea de absorbție sonoră corespunzătoare spațiului și suprafețelor componentelor.

Modelul matematic conține ecuații pentru fiecare $i = 1 \div n$ echipamente, pentru cele $i = 1 \div 9$ benzi de frecvență standardizate (31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 și 8000 Hz). Deoarece echipamentele de mici dimensiuni se pot considera surse punctiforme de zgomot se poate determina pentru echipamentul i , în octava j , nivelul presiunii sonore, $L_{p_{i,j}}$, raportat la valoarea presiunii de referință de 20 μPa , măsurat în dB, cu expresia:

$$L_{p_{i,j}} = L_{P_{i,j}} + 10 \lg \left(10 \frac{D_\theta}{4\pi r_i^2} + \frac{4}{R_{cj}} \right) + 10.5, \quad (10)$$

unde:

- $L_{P_{i,j}}$ reprezintă nivelul de putere acustică, în dB, raportat la valoarea puterii de referință de 10^{-12}W , a sursei punctiforme i ;
- D_θ – factorul de directivitate a sursei punctiforme i , dependent de poziția în incintă;
- r_i – distanța radială, măsurată în metri, dintre sursa punctiformă i și poziția de măsurare;
- R_{cj} este constanta încăperii de suprafață totală A , în banda j de octave a frecvenței, determinată cu formula:

$$R_{cj} = \frac{a_{j \text{ med}}}{1 - a_{j \text{ med}}} A \quad (11)$$

pentru care:

$$a_{j \text{ med}} = \frac{A_1 a_1 + A_2 a_2 + \dots + A_n a_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}. \quad (12)$$

S-au notat cu:

- $a_{j\text{ med}}$ - coeficientul mediu de absorbție a incintei,
- A_1, A_2, \dots, A_n - ariile suprafețelor incintei,
- a_1, a_2, \dots, a_n - coeficienții de absorbție a zgomotului pentru suprafețele A_1, A_2, \dots, A_n ,

Formula matematică de determinare a nivelului presiunii sonore pentru incinte industriale de volul V , a fost dată de Thomson, în 1987, conform [7]. Această este:

$$L_p = L_p + 10 \lg \left(\frac{D_0 e^{-a_{aer} r}}{4\pi r^2} + \frac{V R_{cj}}{A r} \right) + 10 \lg n + 0.5. \quad \} \quad (13)$$

Incintele industriale sunt considerate încăperi cu absorbție sonoră redusă.

Graficul de variației a coeficientului mediu de absorbție pentru incintele industriale, în funcție de frecvență, conform [6], este dat în figura 2.

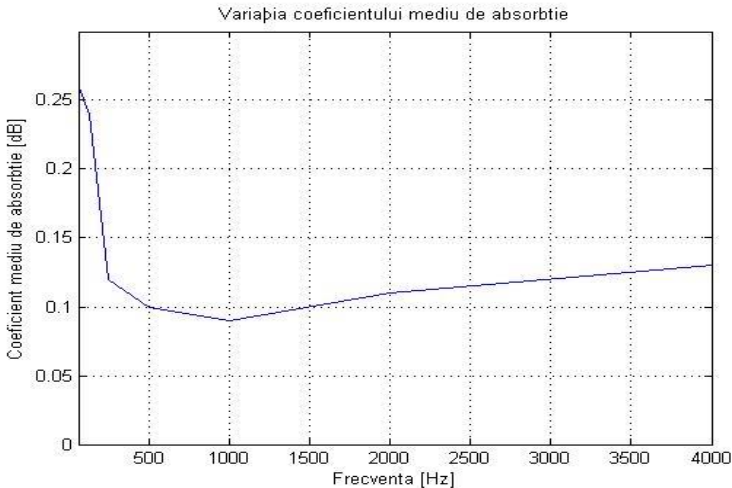


Fig. 2 Variația coeficientului de absorbție sonoră pentru incintele industriale

Nivelul presiunii sonore directe, $LD_{p_i, j}$, produse de o suprafață dreptunghiulară i , de lungime l , lățime L și înălțime H , în banda j a frecvențelor, se calculează astfel:

$$LD_{p_{i,j}} = L_{p_{i,j}} - 10 \lg [L_i l_i + 2(L_i h_i + l_i h_i) + \pi r_i (L_i + l_i) + 2\pi r_i h_i + 2\pi r_i^2] + 20.5. \quad (14)$$

Deasemenea, se poate calcula nivelul de reverberație a presiunii sonore, $LR_{p_{i,j}}$, produs de suprafața i a unei surse de zgomot, în octava j , cu ajutorul expresiei:

$$LR_{p_{i,j}} = L_{p_{i,j}} + 10 \lg \frac{4}{R_{c_j}} + 10.5. \quad (15)$$

În mod empiric, însumând două zgomote de nivele de presiune egale, nivelul total al presiunii sonore, crește cu 3 dB, iar dacă o sursă radiază zgomot mai slab cu 10 dB față o altă sursă, contribuția acesteia este neglijabilă.

Zgomotul de fond (sau zgomotul ambiental) trebuie, de asemenea, să fie luat în considerare.

4. Concluzii

■ În general cele mai înalte nivele de zgomot se întâlnesc în unitățile industriale și în marile aglomerări urbane. Pentru a nu perturba calitatea activității la locul de muncă, au fost introduse o serie de măsuri pentru prevenirea și limitarea depășirii anumitor niveluri de zgomot.

■ Aceste măsuri pot fi: sociale (norme și legi de interzicere sau limitare a nivelului sonor), tehnice (soluții silențioase, pereți fonoizolanți etc.), organizatorice (căști de protecție, dispunerea surselor de zgomot la o distanța mare față de angajați) și igienice (control medical, alimentație cu vitamine etc.).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Darabont, A., Iorga, I., *Măsurarea zgomotului și vibrațiilor în tehnică*, pag.1-113, Editura Tehnică, București, 1983.
 [2] Barnea, M., *Efectele poluării mediului asupra omului*, Editura Academiei R.S.R., București, 1973, pag. 73-90.

- [3] Căpățină Camelia, Tomescu, I., *Poluarea sonoră*, University's day, 8-th International Conference, Universitatea „Constantin Brâncuși” Târgu-Jiu Târgu Jiu, May 24-26, 2002.
- [4] Roșu Daniela, *Poluarea sonoră*, capitol în “Ecologie. Suport de curs”, editor Albulescu Mariana, Editura Eurobit, Timișoara, 2008.
- [5] Lăzăroiu, Gh., *Impactul CTE asupra mediului*, Editura POLITEHNICA Press, 2005, <http://www.spms.pub.ro/>.
- [6] Mirenberg, Keith, J., *Architectural Acoustic Modeling of Ship Noise and Sound Field Mapping*, Sound & Vibration, pg 6-10, February 2011, www.SandV.com.
- [7] * * * http://dsd.utcb.ro/teze/pdf/rez_andreesculuminitasandu.pdf
- [8] Andreescu, L. S., *Contribuții la studiul propagării și limitării zgomotului în instalații*, Teza de doctorat. București, 2010.

Drd. Ing. Ionela Lavinia LĂPUȘAN
Prof. Dr. Ing. Mariana ARGHIR
Departamentul: Ingineria Sistemelor Mecanice,
Facultatea de Construcții de Mașini,
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
e-mail: lăpușanlavinia86@yahoo.com, mariananaarghir@yahoo.com,
telefon: 0264 401759, 0264 401657
membri AGIR