



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,  
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",  
SEBEȘ, 2011

## EFECTELE PSIHOACUSTICE ALE ZGOMOTULUI EMIS DE MAȘINILE-UNELTE

Alina-Sabina PAȘCA (căs. ȚEPEȘ-BOBESCU), Mariana ARGHIR

### PSYCHOACOUSTIC EFFECTS OF STRUCTURAL NOISE ISSUED FOR MACHINE-TOOLS

This paper presents a summary of literature information regarding the risk for employees exposed to structural noise at work environment with increasing neuropsychological and psychosensorial stress and at work environment strating by psyhoacustics effects.

Keywords: mechanical vibration, Structural noise, psychoacoustic effects

Cuvinte cheie: vibrații mecanice, zgomot structural, efecte psihoacustice

#### 1. Introducere

Mișcarea periodică sau neperiodică a unui sistem mecanic în jurul unei poziții de echilibru static sau dinamic reprezintă mișcarea **vibratorie** sau **oscilatorie** [3].

**Sunetul** este rezultatul vibrațiilor unui corp solid, lichid sau gazos care, propagându-se printr-un mediu elastic, în general aer, sub formă de unde ajung la timpanul urechii, unde, prin intermediul oscioarelor și al nervului auditiv, produc o senzație auditivă numai în cazul în care frecvența lor este cuprinsă între 16 (20) și 16.000 (20 000) Hz (domeniu audibil) [1].

Pentru a putea vibra, corpul primește din exterior o anumită energie. O cantitate mai mare sau mai mică din această energie primită de corpul care vibrează este transferată mediului înconjurător, adică corpul radiază, iar 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, radiatorul acustic devinind o sursă sonoră [4].

Zgomotul este rezultatul unei suprapuneri de sunete care pun aerul în mișcare de vibrație.

Zgomotul se caracterizează prin [5]:

- amplitudine - reprezintă valoarea maximă a variației de presiune a aerului în timpul propagării unei sonore. Amplitudinea determină o serie de proprietăți, dintre care cele mai importante sunt presiunea și intensitatea sonoră.

- frecvență - reprezintă numărul de oscilații pe secundă al moleculelor de aer în jurul poziției de echilibru la trecerea unei acustice și se exprimă în hertzi (Hz).

În tabelul 1 sunt prezentate limitele maxime admise la locurile de muncă pentru expunere zilnică la zgomot funcție de solicitare, potrivit art. 594, al.(5) din N.G.P.M. Ediția 2002.

Tabelul 1

Formă de solicitare	Limita maximă admisă la locurile de muncă pentru expunere zilnică la zgomot (dB)
Normală	87
Neuropsihică crescută	75
Psihosenzorială crescută	60 - 50

Zgomotul structural este determinat de vibrațiile structurilor solide ale unei mașini, în domeniul frecvențelor audibile [9]. Sursa de zgomot se identifică cu punctul de origine al zgomotului considerat dăunător [7]. Zgomotul structural poate fi redus dacă se întrerupe continuitatea traseului de propagare. Nivelul acestuia se determină plecând fie de la viteza vibrației, fie de la accelerația vibrației, măsurată la suprafața structurii solide.

### 1.1. Mărimi caracteristice

Prin analogie cu nivelul acustic al zgomotului, mărimile corespunzătoare vibrațiilor sunt date în tabelul 2 [4].

*Intensitatea I* a unei unde acustice reprezintă energia acustică transportată de undă, în unitatea de timp, prin unitatea de suprafață perpendiculară pe direcția de propagare. Intensitatea pragului normal de audibilitate este  $10^{-12} \text{ W/m}^2 = 1 \text{ pW/m}^2$ , iar pragul dureros se află în jurul valorii de  $1 \text{ W/m}^2$  [2].

Tabelul 2

Zgomote		Vibrații	
Mărime	Unitate de măsură	Mărime	Unitate de măsură
Intensitate	$\text{W/m}^2$	Deplasare	m
		Viteză	m/s
Nivel de intensitate	dB	Accelerație	$\text{m/s}^2$
Nivel de tărie	fon	Nivel de intensitate	vibrări
		Nivel de tărie	pal

*Nivelul de intensitate sonoră*  $N_s$ , măsurat în dB, are expresia:

$$N_s = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (1)$$

unde  $I_0$  este o intensitate arbitrară de referință ce corespunde celui mai slab sunet care poate fi auzit ( $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ ).

*Nivelul de tărie* a sunetului  $N_a$  exprimat în foni este egal cu nivelul sonor exprimat în decibeli al sunetului normal, la frecvența de 1 kHz, care produce aceeași senzație auditivă ca și sunetul considerat.

Fonul este egal cu tăria unui sunet a cărui intensitate auditivă este cu 1,26 ori mai mare decât pragul auditiv inferior.

*Nivelul de intensitate a vibrațiilor* (conform STAS 1957/3-88) s-a definit cu relația:

$$S = 10 \lg \frac{A}{A_0} \quad (\text{vibrări}) \quad (2)$$

$$A = \frac{a^2}{f} \quad [\text{cm}^2/\text{s}^3] \quad (3)$$

în care:

- $a$  este amplitudinea accelerației vibrațiilor la frecvența  $f$ , în  $\text{cm/s}^2$ ;
- $f$  este frecvența măsurată în hertz;
- $A_0$  este tăria de referință ( $10^{-1} \text{ cm}^2/\text{s}^3$ ).

*Nivelul de tărie a vibrațiilor* exprimat în pali este egal cu nivelul de intensitate în vibrații la frecvența de referință de 1 Hz. Pentru această frecvență se admite că limita de percepere  $a_0 = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$  pentru valoarea de referință a accelerației [8].

## **2. Efectele zgomotului emis de mașinile-unelte asupra organismului uman**

Zgomotul poate produce asupra personalului expus profesional două categorii de efecte adverse:

**a. Efecte otice** (specifice) reprezentate de hipoacuzie și surditate profesională. Aceste efecte figurează în tabelul cu boli profesionale cu declarare obligatorie.

Hipoacuzia profesională reprezintă scăderea permanentă a pragului auditiv (deficit auditiv definitiv) la frecvența de 4000 Hz, cu peste 30 dB inclusiv, după aplicarea corecției de presbiacuzie, de tip percepție, în general bilaterală și simetrică, fără interesarea frecvențelor conversaționale, de etiologie profesională.

Surditatea profesională este scăderea permanentă a pragului auditiv (deficit auditiv definitiv) la frecvențele conversaționale cu peste 25 dB inclusiv (media aritmetică a valorilor la 500-1000-2000 Hz) după aplicarea corecției de presbiacuzie, de tip percepție, în general bilaterală și simetrică, de etiologie profesională [5].

**b. Efecte extra-otice** (nespecifice) reprezentate de modificări și tulburări ale diverselor aparate și sisteme ale organismului, fiind vorba de acțiunea zgomotului asupra întregului organism, care sunt cuprinse în categoria bolilor legate de profesie și trebuie cunoscute, depistate și comunicate [5].

În cazul expunerilor acute la zgomot s-au semnalat, creșterea tensiunii arteriale, a frecvenței pulsului și a respirației, creșterea consumului de oxigen și a tonusului muscular, scăderea secreției gastrice.

Expunerile cronice la zgomot pot duce la creșterea rezistenței vasculare periferice prin vasoconstricție, creșterea secreției de hipoacizi, scăderea debitului cardiac, ușoară hipoglicemie, pierdere moderată în greutate, scăderea eliminărilor urinare.

Modificările patologice datorate expunerii prelungite la zgomot sunt: astenia, cefaleea, iritabilitatea, depresiunea.

Deasemenea zgomotul agravează și întreține afecțiuni preexistente ca: obsesiile la anxioși, depresiunea nervoasă la cei deprimați, afecțiunile gastroduo-denale, și mai ales zgomotul

neașteptat poate provoca apariția marilor crize de epilepsie și isterie.

Zgomotul scade direct capacitatea de muncă prin reducerea posibilității de concentrare intelectuală, scăderea preciziei și eficienței mișcărilor, scăderea sau distragerea atenției, mărirea cheltuielii de energie necesară pentru efectuarea unui efort fizic dat, dificultatea perceperii informațiilor verbale (ordine, comenzi), suprasolicitare vocală și cerebrală.

Zgomotul reprezintă și o cauză importantă a creșterii și frecvenței accidentelor de muncă prin împiedicarea perceperii unor semnale sonore, scăderea și distragerea atenției, scăderea preciziei mișcărilor, tulburări de echilibru.

Reglementări privind măsurile de prevenire a accidentelor și bolilor profesionale cu origine în sursele de zgomot și vibrații se regăsesc în NGPM/2002 și în HG 261/2001, iar reglementări privind protecția contra zgomotelor sunt cuprinse în cele 18 standarde emise în intervalul 1975-1997.

### **3. Metoda de estimare a zgomotului structural emis de mașinile-unelte prin măsurarea vibrațiilor**

Cunoașterea valorilor parametrilor zgomotului radiat de structură este absolut necesară pentru atât anticiparea efectelor psihoacustice ale acestuia asupra operatorului cât și pentru diagnosticarea eventualelor defecte apărute în structura mașinii-unealtă (de exemplu, oboseala industrială).

Pentru determinarea zgomotului radiat de o mașina-unealtă prin măsurarea vibrațiilor se recomandă utilizarea indicațiilor stasului *SR ISO/TR 7849:1995 Acustica. Estimarea zgomotului aerian emis de mașini prin măsurarea vibrațiilor*, deoarece prin metodele descrise se ține cont de zgomotul de fond nedorit, se poate face distincție între zgomotul emis de o vibrație structurală și zgomotul de origine aerodinamică, iar determinarea zgomotului emis de structura unei singure părți a mașinii-unealte sau de un element dintr-un ansamblu se poate face în prezența zgomotului emis de alte părți ale sursei considerată în ansamblul său. Metoda nu se aplica decât zgomotului emis de suprafețele vibratorii ale structurilor solide, nu și zgomotului aerodinamic.

Vibrațiile transmise prin structurile solide ale unei mașini-unelte, în domeniul frecvențelor audibile definesc zgomotul structural. Viteza vibrației reprezintă o componentă a vitezei suprafeței vibrante care este normală la suprafață.

Puterea acustică aeriană, notată  $P_s$ , emisă de o mașină-unealtă și datorată vibrațiilor structurale poate fi estimată cu ajutorul relației:

$$P_s = \rho c v^2 S_s \sigma \quad (4)$$

unde:

- $\rho \cdot c$  este impedanța caracteristică a fluidului și;
- $\rho$  este densitatea medie a fluidului;
- $c$  este viteza sunetului în fluid;
- $\sigma$  este factorul de radiație.
- valoarea  $\bar{v}^2$  - valoarea pătratică medie a vitezei vibrației normale, mediată pe aria suprafeței  $S_s$ ;
- $S_s$  este aria suprafeței, calculată plecând de la măsurările valorilor eficace a componentei vitezei vibrației, perpendiculară pe suprafața, într-un număr suficient de puncte de măsurare. Variația spațială a vitezei de vibrație depinde de numărul de moduri de rezonanță excitate simultan în banda de frecvențe, de gradul de neuniformitate a structurii și de repartitia spațială a forțelor de excitație.

Factorul de radiație  $\sigma$  depinde de dimensiunile suprafeței de radiație comparată cu lungimea de undă a zgomotului în aer pentru frecvențele considerate, de forma suprafeței de radiație, de distribuția modurilor de vibrație în banda de frecvență, de repartitia și tipul de excitație și de factorul de pierdere internă. Pentru anumite tipuri de mașini-unelte  $\sigma$  poate varia dacă se schimbă câmpul de forțe de excitație (de exemplu, mers în gol și mers în sarcină).

Nivelul vitezei de vibrație,  $L_V$ , în decibeli, se calculează cu relația:

$$L_V = 10 \lg \frac{v^2}{v_0^2} \quad (5)$$

în care:

- $v$  este valoarea eficace a vitezei vibrației în domeniul reprezentativ de frecvență;
- $v_0$  este viteza de referință ( $v_0 = 50 \text{ nm/s}$ ).

Nivelul de putere acustică a zgomotului aerian, măsurat în decibeli, pentru o parte a mașinii-unealtă  $L_{ws}$  este dat de relația:

$$L_{ws} = L_V + 10 \lg \frac{S_s}{S_0} + 10 \lg \sigma + 10 \lg \frac{v c}{(\rho c)_0} \quad (6)$$

în care:  $S_0$  suprafață de referință ( $S_0 = 1 \text{ m}^2$ ). În condiții de mediu cunoscute (temperatura de  $20^\circ \text{C}$  și presiune atmosferică de 1000

mBar ( $10^5$  Pa)) impedanța caracteristică a aerului are valoarea aproximată la  $(\rho c)_0 = 400$  Rayl.

#### 4. Concluzii

■ S-a dovedit că ambianța sonoră este un factor esențial care influențează nivelul de consum energetic al organismului, modificând polar rezultatele cantitative și calitative ale muncii, influențând psihofiziologic comportamentul salariatului.

■ Consecințele asupra sănătății și capacității de muncă a persoanelor care lucrează în industrie, în raport cu alte sectoare sunt mai periculoase și mai grave, deoarece atât zgomotele cât și vibrațiile sunt mai puternice și de durată mai mare. Aceasta datorită interacțiunii acestor două noxe, mai ales în situația în care zgomotul poate fi amplificat prin montarea agregatelor mașinilor-unelte, utilajelor industriale care vibrează.

■ Combaterea zgomotului este o problemă de sistem, prin sistem înțelegându-se ansamblul format din sursa (sursele) de zgomot, mediul (căile) de propagare a energiei acustice și receptorul.

**NOTĂ:** Aceasta lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul "Creșterea calității studiilor doctorale în științe inginerești pentru sprijinirea dezvoltării societății bazate pe cunoaștere", contract: POSDRU/107/1.5/S/78534, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1] Arghir, M. ș.a., *Monitorizarea zgomotului traficului rutier*, Editura didactică și pedagogică, București, 2008, 644 pag., ISBN 978-973-30-2314-2.
- [2] Arghir, M. ș.a., *Ecologia transportului de suprafață în aglomerările urbane*, Editura didactică și pedagogică, București, 2008, 419 pag., ISBN 978-973-30-2093-6.
- [3] Arghir, M., *Note de Curs: Elemente de teoria vibrațiilor mecanice (oscilațiilor mecanice)*, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Școala Doctorală, 2010.
- [4] Firon, H., *Interdependența dintre zgomot și vibrații*, Lucrările Simpozionului tehnico-științific „Săptămâna europeană pentru securitate și sănătate în muncă”, Oradea, 18-20 octombrie 2005, pag. 45-52, Editura Universității Petru Maior, Târgu Mureș, 2005.

- [5] Liutic, V.D., *Influența zgomotului asupra funcțiilor organismului*, Lucrările Simpozionului „Săptămâna europeană pentru securitate și sănătate în muncă”, Sovata, 16-18 octombrie 2005, pag. 117-125, Editura Universității Petru Maior, ISBN 973-7794-38-9, Târgu Mureș, 2005.
- [6] Nuțu, M.C., Ștefan, I., *Soluții tehnice pentru diminuarea nivelului de zgomot și a bolilor profesionale specifice aplicate de către s.c. cet brașov s.a.*, Lucrările Simpozionului „Săptămâna europeană pentru securitate și sănătate în muncă”, Sovata, 16-18 octombrie 2005, pag. 138-149, Editura Universității Petru Maior, Târgu Mureș, 2005.
- [7] Ungureanu, I., Senchetru, D., *Caracteristici, nocivitate și modalități de combatere a zgomotului din mediul de muncă*, Lucrările Simpozionului „Săptămâna europeană pentru securitate și sănătate în muncă”, Sovata, 16-18 octombrie 2005, pag. 150-164, Editura Universității Petru Maior, Târgu Mureș, 2005.
- [8] \* \* \* [www.scribd.com/doc/20312105/Capitol-11-Vibratii-Si-Zgomote](http://www.scribd.com/doc/20312105/Capitol-11-Vibratii-Si-Zgomote).
- [9] \* \* \* SR ISO/TR 7849:1995 *Acustică. Estimarea zgomotului aerian emis de mașini prin măsurarea vibrațiilor*.
- [10] \* \* \* STAS 1957/3-88 *Acustică. Acustică în construcții și transporturi. Terminologie*.
- [11] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*. Ediția a doua revăzută și adăugită. Editura Academiei Române și Editura AGIR, București, 2005.

Drd.Ing. Alina-Sabina PAȘCA (căs.ȚEPEȘ-BOBESCU),  
Prof.Dr.Ing. Mariana ARGHIR,  
Facultatea de Construcții de Mașini,  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,  
e-mail: [tepes.alina@yahoo.com](mailto:tepes.alina@yahoo.com), [mariana.arghir@yahoo.com](mailto:mariana.arghir@yahoo.com),  
telefon: 0264 401759, 0264 401657  
membri AGIR