

ANALIZA EXPERIMENTALĂ A STRUCTURILOR COMPOZITE PENTRU COMBATEREA ZGOMOTULUI LA UTILAJELE DE CONSTRUCȚII DIN ZONELE URBANE

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF COMPOSITE STRUCTURES FOR NOISE CONTROL IN CONSTRUCTION WORK EQUIPMENT FOR URBAN AREAS

DRĂGAN Nicușor¹, CHIRIȚĂ Marius Iulian²

¹Conf. dr. ing., Centrul de Cercetare Mecanica Mașinilor și Echipamentelor Tehnologice - MECMET, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, Romania nicusor.dragan@ugal.ro

²Mast. ing., anul II A.A.C.D.M.E.T., Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, Romania chirita.mariusiulian@yahoo.com

Rezumat: În lucrare se analizează și se stabilesc soluții constructive de materiale macrocompozite în structuri multistrat, cu proprietăți de combatere a zgomotului produs de utilajele tehnologice de proces folosite în lucrările de construcții în zonele urbane. Aceste structuri compozite multistrat trebuie să fie capabile să îndeplinească simultan trei funcții și anume: funcția de absorbție a zgomotului în spectrul de frecvențe înalte, funcția de izolare a zgomotului în spectrul frecvențelor joase (sub 1000 Hz), funcția de reducere a zgomotului structural produs de vibrațiile elementelor constructive (echipamente de lucru, subansamble, organe de acționare, etc.) ale diverselor tipuri de utilaje tehnologice autopropulsate.

Cuvinte cheie: structuri macrocompozite, combaterea zgomotului, zone urbane, tratamente fonice, reducerea nivelului de zgomot

Abstract: The paper analyzes and establishes constructive solutions of macrocomposite materials in multilayer structures used for the control of the noise produced by the technological process equipment used in the construction works in urban areas. These multilayer composite structures must be capable of simultaneously performing three functions, namely: noise absorption function in the high frequency spectrum, noise isolation function in the low frequency spectrum (below 1000 Hz), function of the reduction of structural noise produced by the vibrations of the constructive elements (working equipment, subassemblies, actuators, etc.) of the various types of self-propelled technological equipment.

Keywords: macrocomposite structures, noise control, urban areas, sound treatments, noise reduction

1. INTRODUCERE

Obiectivele principale ale cercetării experimentale au fost:

- studiul unor produse și tehnologii ce folosesc materiale noi (polistiren, poliuretan) și materialelor rezultate din reciclarea deșeurilor (textile, piele, hârtie, cauciuc);
- utilizarea unor produse cu mare eficiență în diminuarea factorilor poluanți prin zgomot și vibrații

sub limita valorilor de securitate și sănătate stabilite de legislația UE;
-utilizarea și studiul unor materiale compozite încât să asigure performanțele vibroacustice cerute.

Deoarece nivelul echivalent maxim admis al zgomotului zilnic conform Directivei 2003/10/EC [1] este de 87 dB(A), iar nivelele ce depășesc această valoare sunt limitate la valori de timp mai mici decât 8 ore (tabel 1), se impune o scădere a nivelului global al zgomotului în cabinele utilajelor de construcții atât pentru a se conforma limitelor maxime normative cât și în vederea asigurării unor solicitări auditive mai scăzute a personalului și creșterea productivității acestuia. În plus, prin scăderea expunerii operatorului uman la factorul fizic zgomot, se asigură condiții pentru creșterea securității în muncă și scăderea accidentelor de muncă.

Tabel 1 Durata maximă de expunere în funcție de nivelul de intensitate sonoră [1]

L_{IeqA} [dB(A)]	Durata maximă de expunere [h]
110	0,25
105	0,5
101	1
98	2
95	3
92	4
90	6
87	8

Conform studiilor efectuate în România pe diverse șantiere sau în locațiile de amplasare a diverselor linii tehnologice de fabricație a materialelor de construcții și/sau materialelor pentru căi de comunicații, nivelul echivalent pentru 8 ore de lucru al intensității zgomotului în interiorul cabinei precum și în exteriorul acesteia este situat între 74,0 dB(A) și 97,4 dB(A), în funcție de tipul utilajului și de fabricantul acestuia [2] [3].

2. INDICATORI GLOBALI PRIVIND EVALUAREA REDUCERII NIVELULUI DE ZGOMOT ÎN CABINELE UTILAJELOR TEHNOLOGICE MOBILE

Pentru caracterizarea proprietăților fonoabsorbante ale materialelor, este necesar a se preciza cantitativ, atât gradul de transmisie a undelor acustice la suprafața de separare a celor două medii, precum și gradul de absorbție acustică.

Dacă la suprafața de separare a celor două medii are loc o disipare de energie acustică, atunci cantitatea de energie care nu este reflectată se consideră absorbită. Deci, un deosebit interes practic îl constituie fenomenul de absorbție acustică la suprafața de separare a două medii, fenomen caracterizat prin coeficientul de absorbție acustică, în acest caz, *coeficientul de absorbție acustică* α se definește

$$\alpha = 1 - \frac{\Phi_r}{\Phi_i} \quad , \quad (1)$$

unde: Φ_i este fluxul de energie acustică incidentă
 Φ_r - fluxul de energie acustică reflectată.

Capacitatea de absorbție crește atunci când fluxul de energie reflectată este nul sau când

Analiza experimentală a structurilor compozite pentru combaterea zgomotului la utilajele de construcții din zonele urbane

impedanța materialului este cât mai apropiată de cea a aerului. Această proprietate este caracteristică în mod pregnant la materialele poroase. Acestea trebuie să aibă porii deschiși cu dimensiuni mici și să comunice între ei, astfel încât efectul de circulație forțată a aerului să conducă la o energie disipativă de natură vâscoasă și un regim adiabatic. Rezultă că, pentru materialul cu anumite caracteristici geometrice și fizice date, coeficientul de absorbție acustică crește cu frecvența. Prin urmare, eficiența materialelor poroase este mare la absorția zgomotului caracterizat printr-un spectru de frecvențe înalte.

Pentru cazul mașinilor de construcții care lucrează în exteriorul clădirilor, în centre urbane și pe șantiere, apar două probleme importante și anume:

- combaterea zgomotului transmis mediului exterior;
- combaterea zgomotului transmis mecanicului operator aflat în cabina mașinii.

Principalele surse de zgomot le constituie grupurile de acționare (motoare termice, motoare electrice, pompe hidraulice, motoare hidraulice etc.), din dotarea mașinilor de construcții, iar transmiterea zgomotului se realizează, atât prin aer, cât și prin structura mașinii. La cabină, zgomotul se transmite, atât prin aer, cât și prin structura metalică a mașinii. De aceea, se recurge la adoptarea a două tipuri de soluții tehnice de combatere a zgomotului și anume:

- carcasarea fonoizolantă a principalelor surse de zgomot;
- insonorizarea cabinei pentru tratarea fonoabsorbantă și antivibratilă.

La mașinile de construcții care au în dotare motoare termice a căror sursă de zgomot este localizată la toba de eșapament, se utilizează atenatoare de tip reactiv pentru reducerea nivelului de zgomot.

Depășirea nivelului de zgomot în cabină peste limitele admise implică măsuri speciale de reducere a zgomotului prin tratamente acustice, într-o cabină cu o configurație geometrică oarecare pot fi tratate acustic toate suprafețele opace care au direcția orizontală, verticală sau oblică. Se precizează că în cabină zgomotul provine de la surse exterioare acesteia, cum sunt: grupul de acționare, echipament, toba de eșapament a gazelor ventilatoare, etc.

Reducerea nivelului global de zgomot ce se poate obține prin tratare fonoabsorbantă, în interior, a pereților cabinei, se poate calcula cu relația

$$\Delta L = 10 \lg \frac{A}{A_0}, \quad (2)$$

unde: A_0 este suprafața echivalentă de absorbție acustică a cabinei înainte de tratarea fonoabsorbantă, în $\text{m}^2 \text{UA}$;

A - suprafața echivalentă de absorbție acustică a cabinei după aplicarea tratamentului fonoabsorbant, în $\text{m}^2 \text{UA}$.

Pentru suprafața echivalentă de absorbție se aplică relația

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i, \quad (3)$$

unde: S_i - este suprafața corespunzătoare porțiunii "i" din cabină, în m^2 ;

α_i - coeficientul de absorbție fonică corespunzător suprafeței porțiunii "i".

Coeficientul mediu de absorbție acustică a cabinei se calculează cu relația

$$\alpha_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i}{S}, \quad (4)$$

unde S este suprafața totală a cabinei.

Absorbția acustică din interiorul cabinei este caracterizată și de constanta de absorbție R :

$$R = \frac{\alpha_{med} S}{1 - \alpha_{med}} \quad (5)$$

3. ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTALE ALE TRATAMENTELOR ACUSTICE CU MATERIALE MACROCOMPOZITE

Depășirea nivelului de zgomot în cabină peste limitele admise implică măsuri speciale de reducere a zgomotului prin tratamente acustice, într-o cabină cu o configurație geometrică oarecare putând fi tratate acustic toate suprafețele opace care au direcția orizontală, verticală sau oblică. Adoptarea celor mai eficiente soluții de tratament acustic și antivibratil, atât la insonorizarea cabinei cât și la carcasarea surselor de zgomot din structura mașinii, impune cunoașterea cât mai precisă a valorilor parametrilor caracteristici ai materialelor utilizate. Astfel se poate realiza o selecție a materialelor compozite bazată pe criteriul performanței maxime, ținând seama și de elementele tehnico-economice ale aplicării. Astfel, la materialele antivibratile care se aplică pereților și podelei cabinei, capotajelor și măștilor de protecție caracterizate prin vibrații structurale, este necesar a cunoaște legitatea de variație a coeficientului de amortizare, funcție de frecvență. De asemenea, la materialele fonoabsorbante și fonoizolatoare, se impune cunoașterea variației coeficientului de absorbție și a coeficientului de transmisie funcție de frecvență. Se menționează că aceste caracteristici trebuie cunoscute (determinate), atât pentru materiale simple, cât și pentru structurile compuse din materiale simple, iar valorile experimentale trebuie să ducă la formularea opțiunii asupra soluției tehnice adoptate.

În tabelul 2 sunt date principalele caracteristici tehnice ale structurilor compozite multistrat utilizate la tratamentele fonice, raportate la cerințele normativelor internaționale specifice.

Tabel 2 Caracteristici tehnice structuri compozite multistrat

Denumire	Normativ	U.M.	Valoare
Clasa de ardere	UNI 8457, UNI 9174	-	Clasa 1
Coeficient de conductibilitate termică	EN 12667	W/mK	≤0,03
Coeficient de rezistență la difuzia vaporilor apoși	EN12086 EN ISO 12572	μ	≥2000
Densitate specifică	EN ISO 845	kg/m ²	
Grosime	EN ISO 1923	mm	
Rezistența la compresie 10%	EN ISO 3386/1	g/cm ²	≥150
Permeabilitatea la vapori de apă	EN ISO 12572	ng/Pa s m	≤0,15
Absorbția apei după 28 de zile	ISO 2896	Vol. %	≤3
Stabilitate termică	ISO 2796	°C	100
Temperatura minimă de utilizare	-	°C	-40
Temperatura maximă de utilizare	-	°C	+80

Analiza experimentală a structurilor compozite pentru combaterea zgomotului la utilajele de construcții din zonele urbane

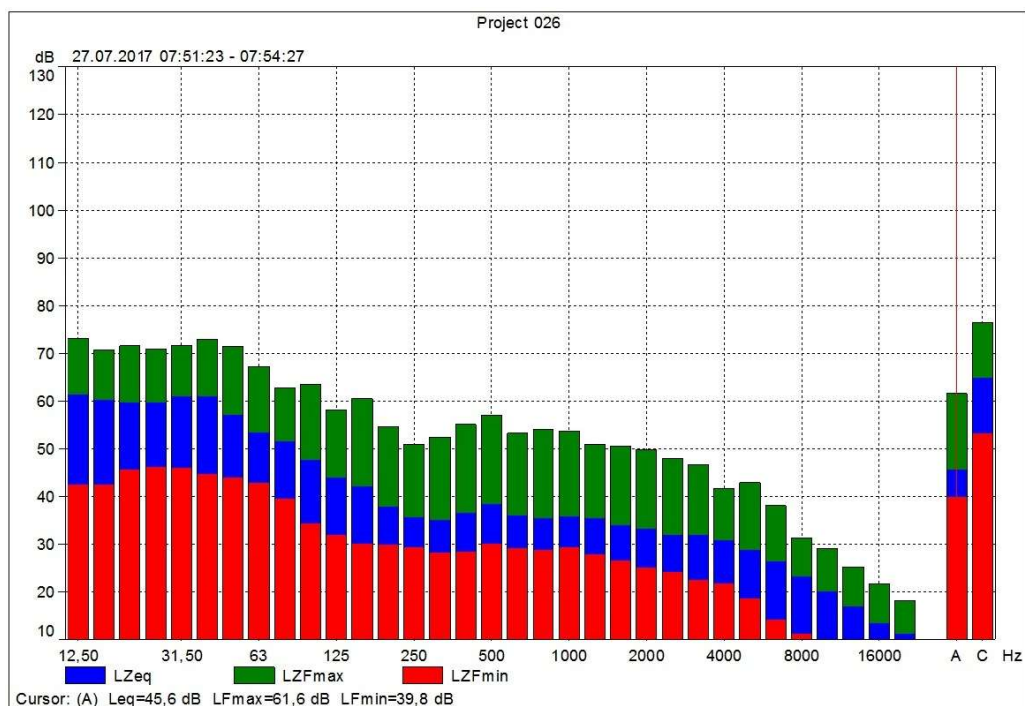


Fig. 1 Spectrul de zgomot mediu încojurător (zgomot de fond)

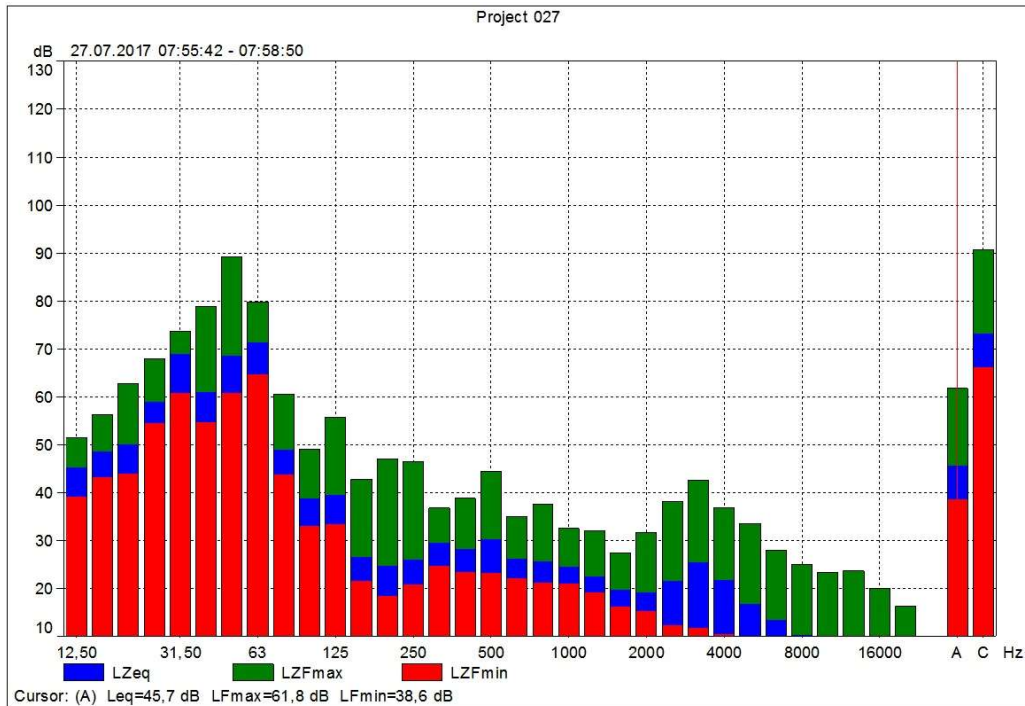


Fig. 2 Spectrul de zgomot de fond în cabina MMT45
(cabina cu geamuri, fără tratamente acustice, motor oprit)

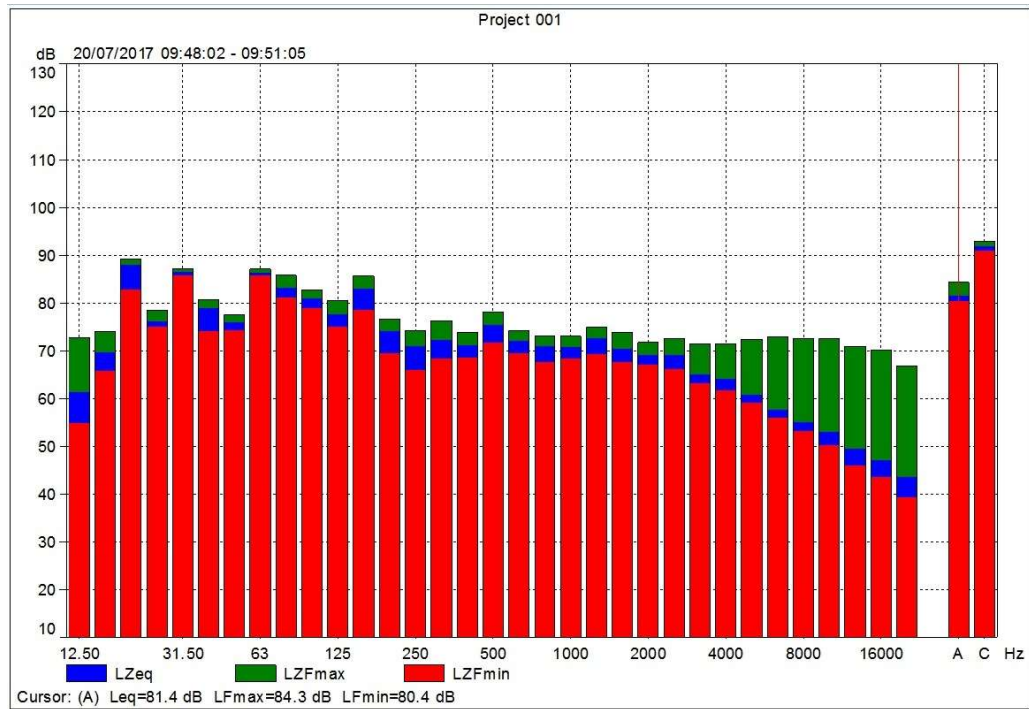


Fig. 3 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45
(cabina fără geamuri, fără tratamente acustice, motor la relanti)

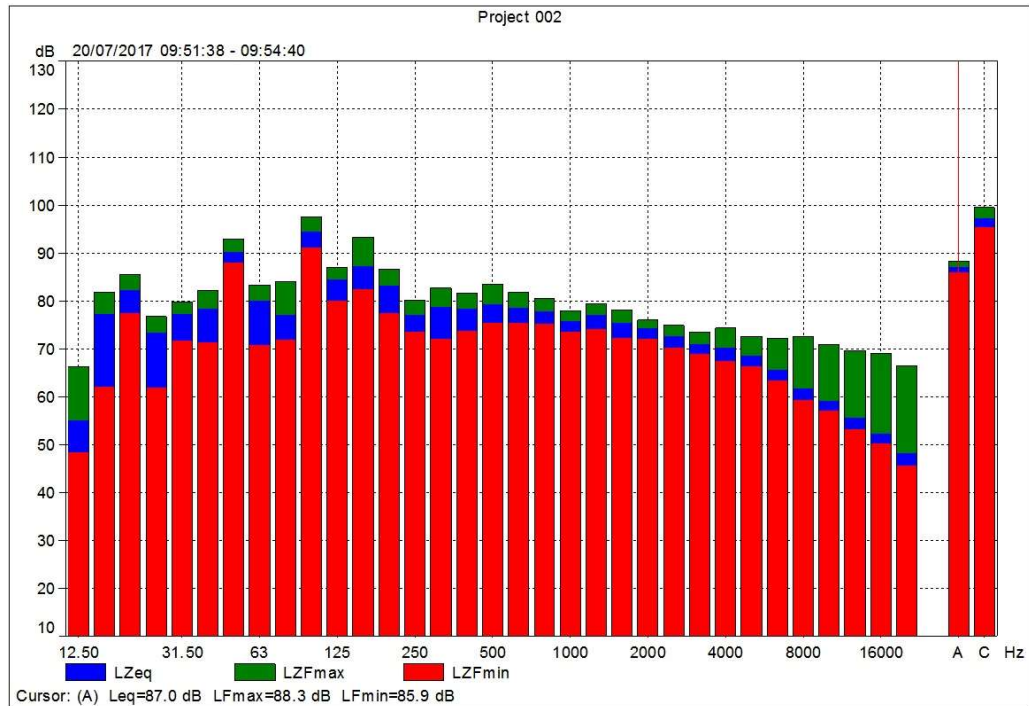


Fig. 4 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45
(cabina fără geamuri, fără tratamente acustice, motor la 75% din n_{MAX})

Analiza experimentală a structurilor compozite pentru combaterea zgomotului la utilajele de construcții din zonele urbane

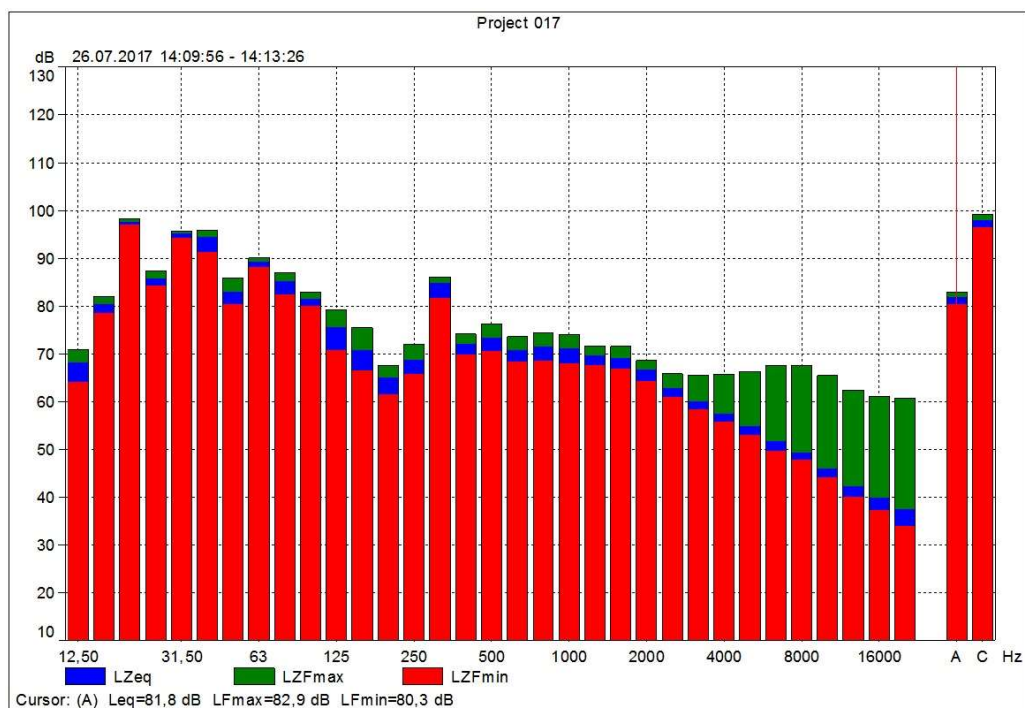


Fig. 5 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45
(cabina cu geamuri, fără tratamente acustice, motor la relanti)

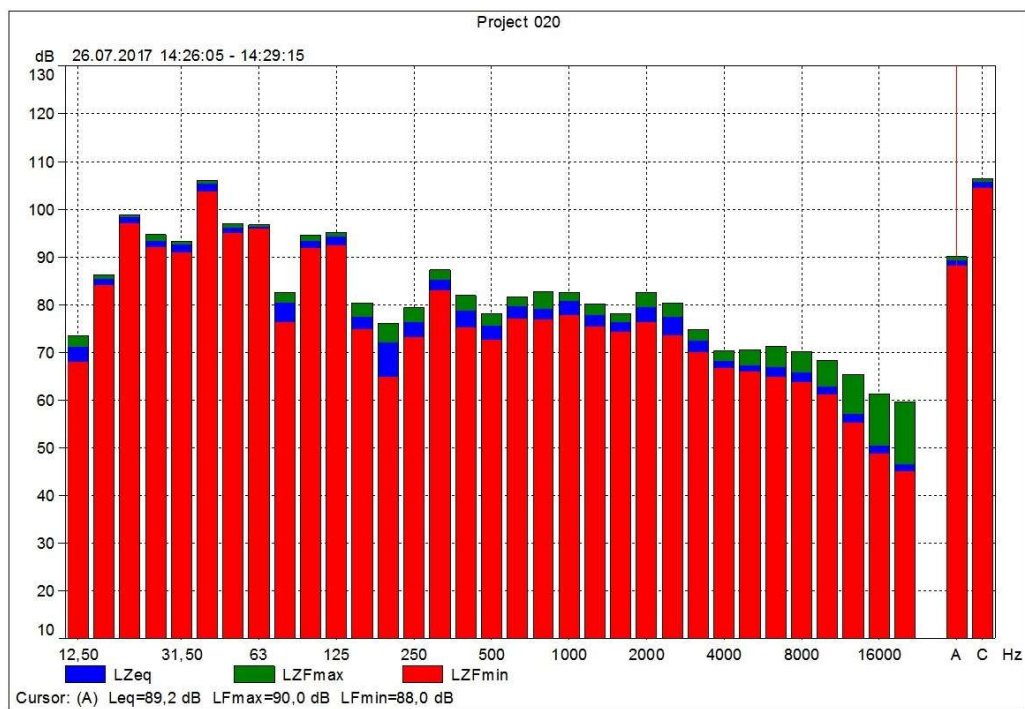


Fig. 6 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45
(cabina cu geamuri, fără tratamente acustice, motor la 75% din n_{MAX})

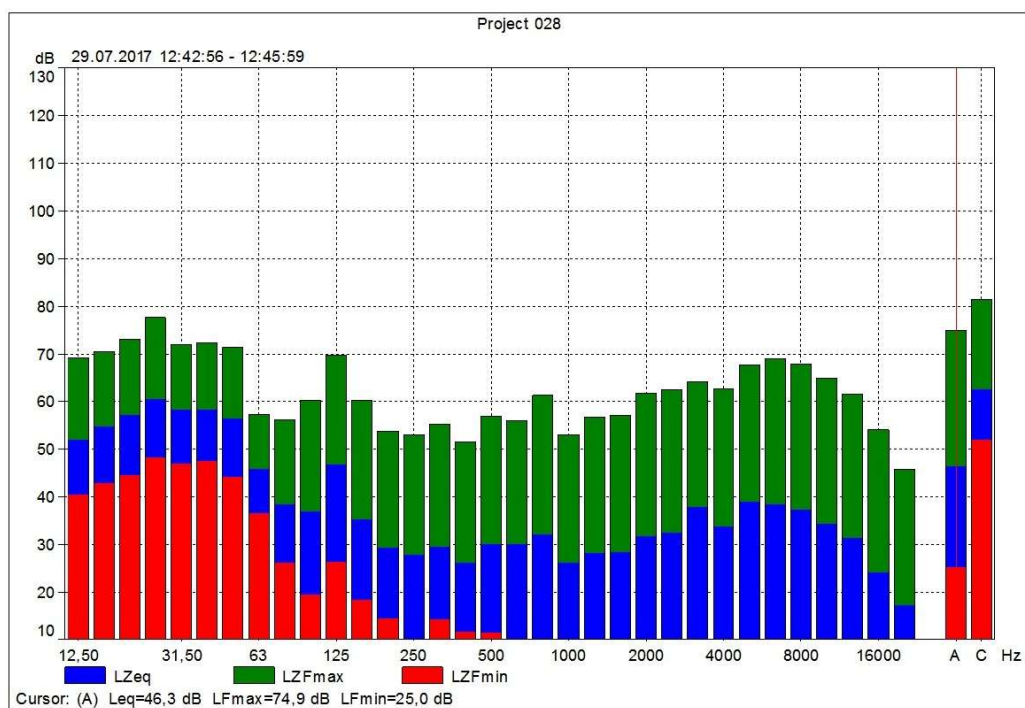


Fig. 7 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45
(cabina cu geamuri, cu tratamente acustice, motor oprit)

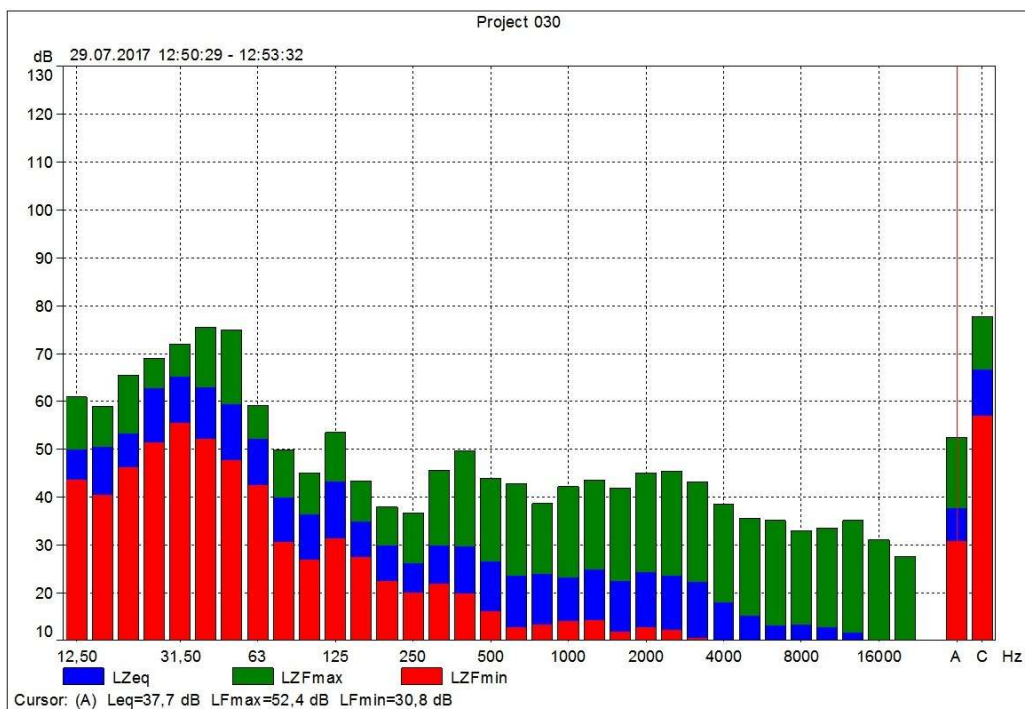


Fig. 8 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45
(cabina cu geamuri, cu tratamente acustice, motor oprit)

Analiza experimentală a structurilor compozite pentru combaterea zgomotului la utilajele de construcții din zonele urbane

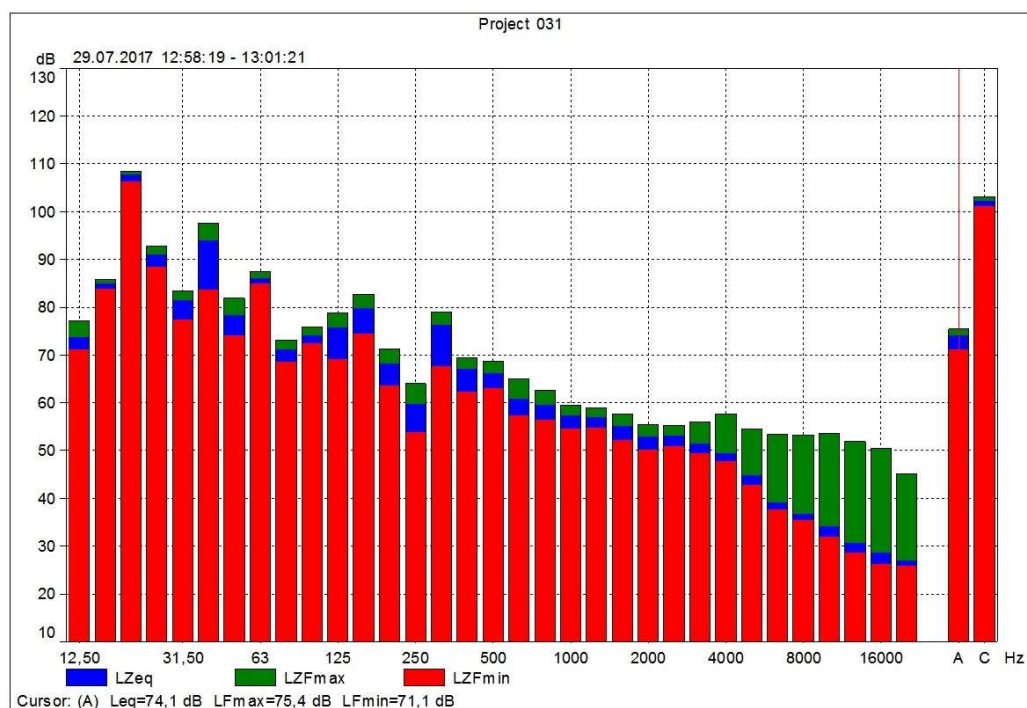


Fig. 9 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45
(cabina cu geamuri, cu tratamente acustice, motor la relanti)

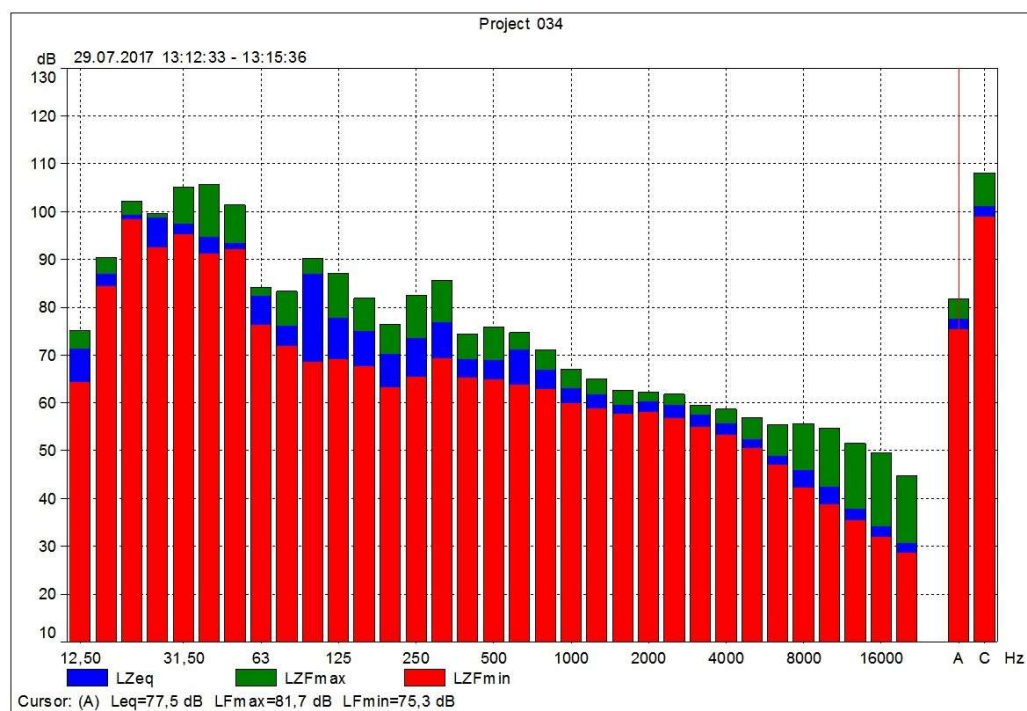


Fig. 10 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45
(cabina cu geamuri, cu tratamente acustice, motor la 75% din n_{MAX})

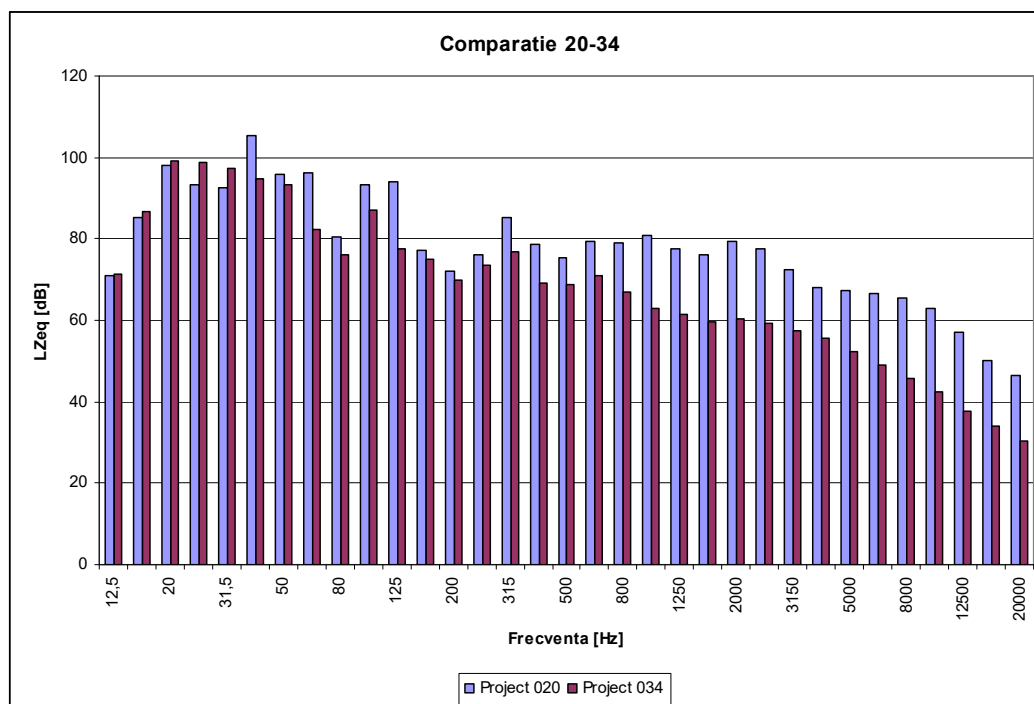


Fig. 11 Comparație spectru de zgomot în cabina MMT45 (fără / cu tratament acustic) $n=815$ rot/min (relanti)

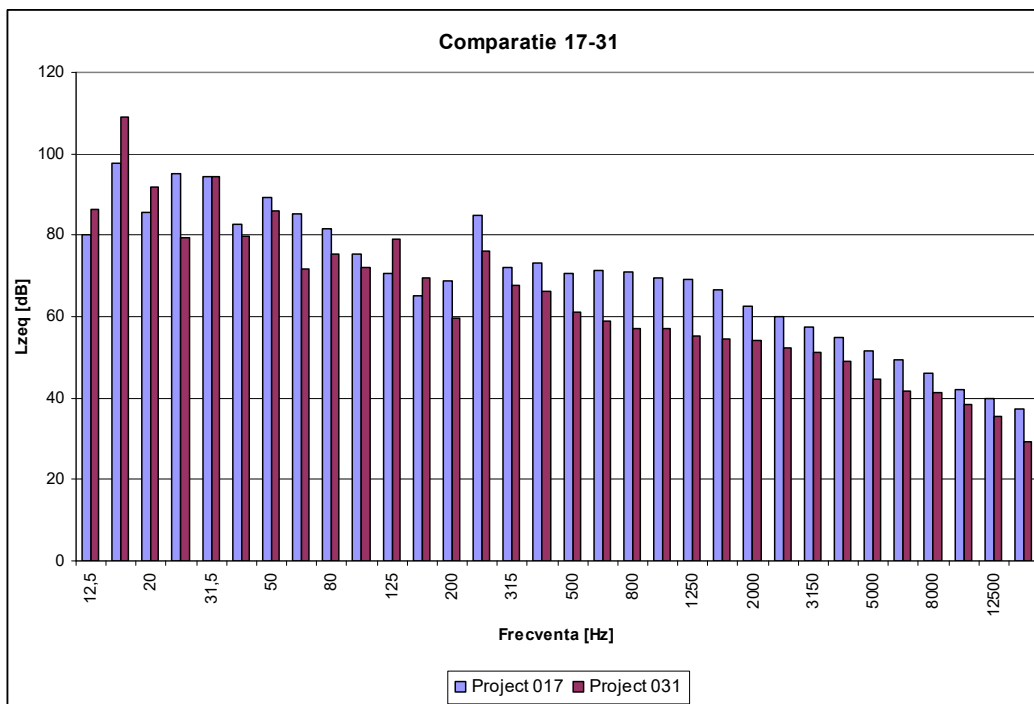


Fig. 12 Comparație spectrul de zgomot in cabina MMT45 (fără/cu tratament acustic) $n=1620$ rot/min (75% din n_{max})

Analiza experimentală a structurilor compozite pentru combaterea zgomotului la utilajele de construcții din zonele urbane

Determinările experimentale ale nivelului de intensitate sonoră în interiorul cabinei încărcătorului frontal MMT45 și ale nivelului de zgomot produs de acesta s-au efectuat în baza unei proceduri acreditate.

Figurile 1-10 prezintă aspecte din cadrul determinărilor experimentale de nivel de zgomot în interiorul cabinei încărcătorului MMT45 (la postul de conducere) și în exteriorul acesteia (în jurul utilajului la distanțe cuprinse între 1m și 3m) în trei situații impuse: cu motorul oprit (zgomot de fond); cu motorul pornit la relanti (815 rot/min); cu motorul pornit la 75% din turația maximă (1620 rot/min).

Determinările experimentale s-au realizat pentru trei cabine “diferite”: fără tratament acustic și fără geamuri; fără tratament acustic și cu geamuri duplex montate direct pe rame (lipire cu adeziv elastic pentru reducerea zgomotului structural); cu tratament acustic și cu geamuri duplex montate.

În figurile 1-6 sunt prezentate sintetic o parte a rezultatelor determinărilor experimentale efectuate pentru determinarea caracteristicilor acustice spectrale și a nivelelor de intensitate acustică pentru încărcătorul MMT45 fără tratamente acustice. În figurile 7-10 sunt prezentate rezultatele determinărilor experimentale efectuate pentru determinarea caracteristicilor acustice spectrale și a nivelelor de intensitate acustică pentru încărcătorul MMT45 cu tratamente acustice cu structuri compozite multistrat. În figurile 11 și 12 sunt prezentate comparativ rezultatele experimentale ale analizei în frecvență a nivelului de zgomot în interiorul cabinei încărcătorului MMT45 înainte (culoare albastru) și după (culoare grenă) tratamentele acustice cu structuri compozite multistrat.

4. CONCLUZII

Din analiza nivelului spectral al zgomotului se constată că:

- nivelul de zgomot în cabină este la cota de atenție (>80 dB) indiferent de regimul de lucru pentru cazul în care nu se folosesc tratamente acustice cu sisteme compozite multistrat; în această situație se impun măsuri de protecție individuală a operatorului uman;
- nivelul de zgomot în cabină este la cota de pericol (>85 dB) la regimul nominal de funcționare ($n=75\%$ din n_{MAX}) pentru cazul în care nu se folosesc tratamente acustice cu sisteme compozite multistrat;
- nivelul global de zgomot în cabină scade cu valori de 5-10 dB(A), în funcție de frecvență, indiferent de regimul de lucru; reducerile sunt semnificative mai ales în spectrul de frecvențe medii și înalte.

BIBLIOGRAFIE

- [1] *Directive 2003/10/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise)*, European Parliament and European Council, <https://osha.europa.eu/ro/legislation/directives/82>, accesat 30.11.2019
- [2] **N. Drăgan**, *Considerații privitoare la poluarea sonoră și prin vibrații în construcții. Politica, legislația și managementul zgomotului*, Buletinul celui de-al XIII-lea Simpozion național de utilaje pentru construcții SINUC 2007, ISSN 978-973-100-010-0, Universitatea Tehnică de Construcții, București, 20-21 decembrie 2007
- [3] **N. Drăgan**, *The risks of noise at work – policy and legislation. The management of noise in construction*, Romanian Journal of Acoustics and Vibration, Volume IV, Number 1, 2007, București
- [4] **N. Drăgan**, *Occupational noise and health diseases. Reducing and controlling the risks on the health of the workers*, Romanian Journal of Acoustics and Vibration, Volume IV, Number 1, 2007, București