

## ANALIZA EXPERIMENTALĂ A EFICIENȚEI TRATAMENTELOR ACUSTICE CU MATERIALE COMPOZITE FONOAORSORBANTE LA CABINELE UTILAJELOR TEHNOLOGICE MOBILE

### EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE EFFICIENCY OF ACOUSTIC TREATMENTS WITH SOUND ABSORPTION COMPOSITE MATERIALS FOR THE CABINS OF THE MOBILE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Nicușor DRĂGAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați, Facultatea de Inginerie și Agronomie din Brăila, Romania, Centrul de Cercetare Mecanica Mașinilor și Echipamentelor Tehnologice -MECMET  
e-mail: nicusor.dragan@ugal.ro

**Rezumat:** *Lucrarea prezintă problema testării unor sisteme de protecție confecționate din materiale compozite pe bază de spumă poliuretanică care pot îndeplini simultan următoarele cerințe: absorbția zgomotului de frecvențe medii și înalte, izolarea zgomotului de frecvențe joase, amortizarea vibrațiilor pentru reducerea transmiterii zgomotului structural. Sunt prezentate date experimentale privind eficiența tratamentului acustic aplicat la cabina încărcătorului frontal românesc MMT45. Cercetarea experimentală a fost efectuată în Centrul de Cercetare Mecanica Mașinilor și Echipamentelor Tehnologice - MECMET cu ajutorul specialiștilor Laboratorului de Vibrații și Măsurători Acustice din cadrul Institutului de Cercetări pentru Echipamente și Tehnologii în Construcții - ICECON S.A. București.*

**Cuvinte cheie:** *materiale compozite, materiale fonoabsorbante, reducerea nivelului global de zgomot*

**Abstract:** *The paper presents the problem of testing of some protective systems made of PU foam based composite materials which can simultaneously perform the next requirements: noise absorption for middle and high range frequencies, noise insulation for low frequencies, vibration damping in order to avoid noise transmission by structure. There are presented experimental data of the efficiency of the acoustic treatment applied for the cabin of the Romanian frontal loader MMT45. The experimental research was made in the Research Center of Machines, Mechanic and Technological Equipments – MECMET with the help of specialists from Vibration and Acoustic Laboratory of the Research Institute for Construction Equipment and Technology - ICECON S.A. from Bucharest.*

**Keywords:** *composite materials, noise absorption materials, global noise level reduction*

## 1. INTRODUCERE

Scopul utilizării materialelor compozite pentru tratamente acustice ale echipamentului tehnologic autopropulsat este de a reduce nivelul global de zgomot și vibrații în cabină și în mediu. Proprietățile antifonice și antivibratile pot fi asigurate dacă materialele compozite au o structură în straturi, formată din tipuri de materiale cu proprietăți de izolare și amortizare a zgomotului și vibrațiilor structurale. Luând în considerare prevederile normative din directivele UE și legislația națională în vigoare și nivelurile de zgomot ale diferitelor tipuri de

echipamente tehnologice utilizate în România [1] [2] [3], performanțele acustice ale tratamentelor fonice ale cabinelor trebuie să fie caracterizate de valori specifice minimale [4] [5] [6].

## 2.MATERIALE COMPOZITE FONOAORBANTE - DETERMINĂRI EXPERIMENTALE ALE COEFICIENTULUI DE ABSORBȚIE ACUSTICĂ

Datele experimentale de laborator au fost obținute folosind metoda undelor acustice staționare [7] [8] [9] [10] în lățimea de bandă de 1/3 octavă, cu un sistem de achiziție și prelucrare date Bruel&Kjaer, figura 1. Studiile experimentale de laborator au fost efectuate pentru a stabili:

- 1)coeficienții de absorbție a sunetului pentru materialele de bază, utilizați pentru fabricarea structurilor compozite [3] [4] [5]; pentru o serie de materiale de bază, coeficientul de absorbție este în intervalul 0,01-0,70;
- 2) coeficienții de absorbție a sunetului pentru structurile compozite utilizate pentru tratamentele acustice ale echipamentului tehnologic autopropulsat MMT45; pentru un număr de 16 structuri compozite măsurate, coeficienții de absorbție funcție de benzile de frecvență au valori cuprinse în intervalul 0,07-0,95 [3] [4] [5].

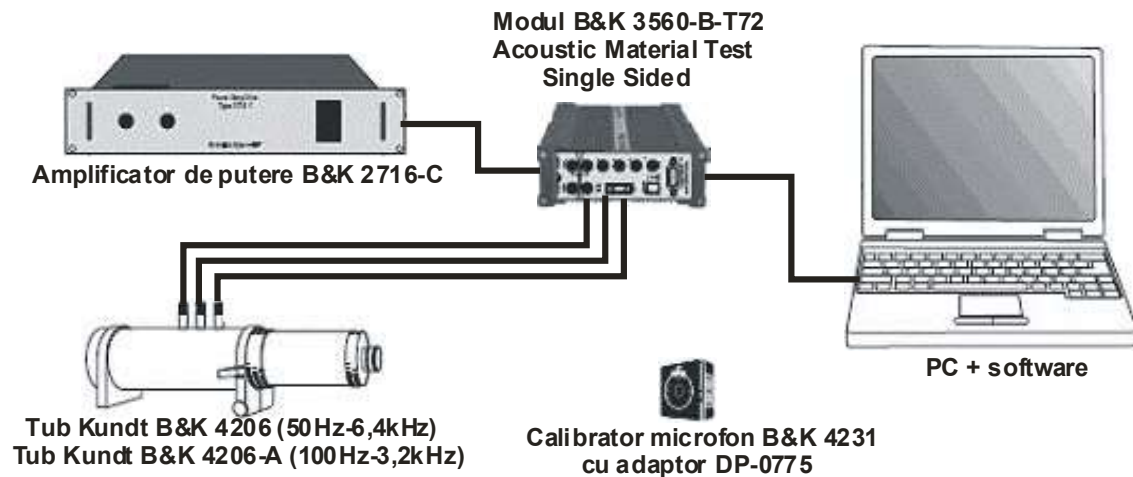


Fig. 1 Sistem de achiziție și prelucrare date Bruel&Kjaer cu Tub Kundt pentru determinarea coeficientului de absorbție acustică  $\alpha$  la materialele compozite [3] [4]

Figura 1 prezintă schema sistemului de achiziție și prelucrare de date cu echipamente Bruel&Kjaer utilizat pentru determinările experimentale ale coeficientul de absorbție acustică  $\alpha$ . Sistemul este format dintr-un tub Kundt, un amplificator de putere, un analizor de semnal (PULSE® de la Bruel & Kjaer este o alternativă) și un PC cu software dedicat. Datele experimentale de laborator au fost achiziționate și prelucrate de platforma PULSE Bruel&Kjaer tip 7758.

Valorile coeficienților de absorbție acustică au fost determinate cu Tubul Kundt Bruel & Kjaer tip 4206 pentru lățimea de bandă de frecvență  $0 \div 3200\text{Hz}$ , cu un pas incremental de 4Hz [10].

### 3. ANALIZA NUMERICĂ A REDUCERII NIVELULUI GLOBAL DE ZGOMOT ÎN CABINA ÎNCĂRCĂTORULUI MMT45

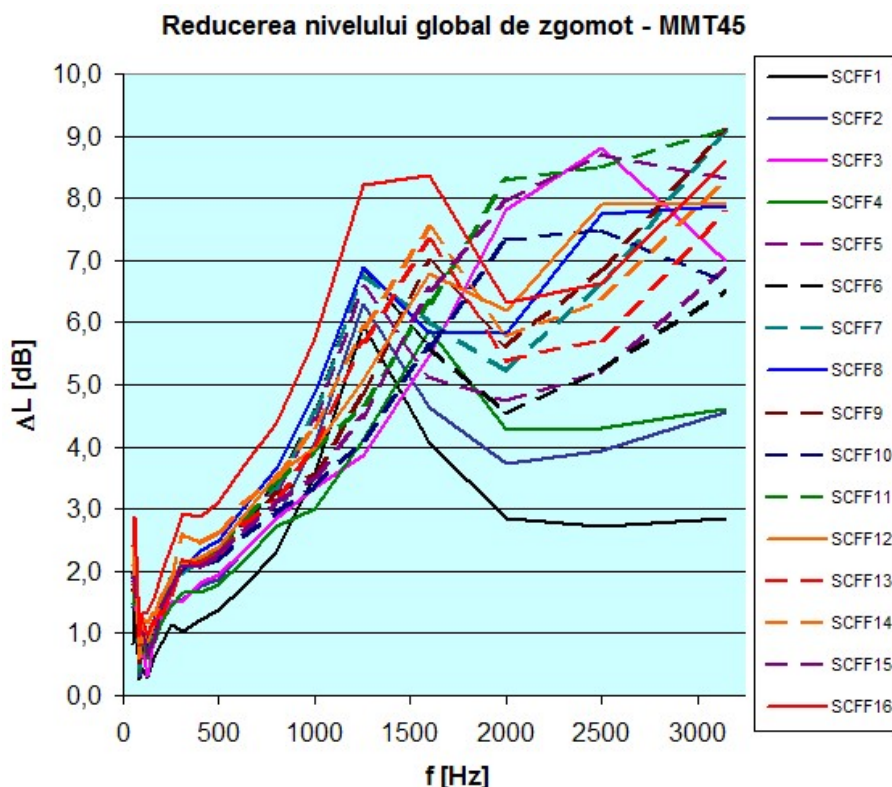


Fig. 2 Reducerea nivelului global de zgomot  $\Delta L$  în cabina MMT45 (simulare numerică) [3] [4]

În figura 2 sunt prezentate rezultatele simulării numerice a reducerii nivelului global de zgomot în interiorul cabinei încărcătorului MMT45 prin utilizarea tratamentelor fonice cu materialele compozite SCFF1÷SCFF16. Reducerile nivelului global de zgomot aferente fiecărei benzi de 1/3 octavă au fost determinate cu relațiile de calcul din [1] și cu valorile coeficienților de absorbție a ale materialelor compozite determinate pe cale experimentală conform [6]. Caracteristicile dimensionale și acustice luate în calcul ale cabinei MMT45 sunt:

- ▶  $S_1 = 3.8mp$  - suprafața vitrată a cabinei;
- ▶  $S_2 = 1.7mp$  - suprafața metalică netratată acustic a cabinei;
- ▶  $S_3 = 4.7mp$  - suprafața metalică tratată acustic cu materiale compozite;
- ▶  $\alpha_1 = 0,03$  - coeficientul de absorbție acustică a suprafeței vitrate;
- ▶  $\alpha_2 = 0,08$  - coeficientul de absorbție acustică a suprafeței metalice netratate acustic (tablă de oțel de 1mm grosime).

### 4. DETERMINĂRI ACUSTICE ÎN INTERIORUL CABINEI MMT45

Scopul principal al utilizării tratamentelor acustice cu materiale compozite a fost acela de a reduce nivelul global de zgomot de la postul de conducere a încărcătorului MMT45.

Aceleași tipuri de materiale compozite pot fi utilizate și pentru izolarea acustică și antivibratorie a sistemelor de antrenare și de transmisie mecanice, hidraulice și pneumatice, în vederea reducerii emisiilor sonore în mediul înconjurător.

Determinările experimentale au fost efectuate in situ și în laboratorul de determinări acustice și de vibrații din cadrul Institutului de Cercetări pentru Echipamente și Tehnologii în Construcții ICECON S.A. București, în următoarele condiții de testare:

a) *site măsurători*: câmp acustic liber cu plan reflectiv;

b) *condiții de mediu*: temperatură  $23\pm 34^{\circ}\text{C}$ ; presiune aer  $750\pm 758$  mm Hg; umiditate relativă  $75\pm 89\%$ ;

c) *puncte de măsură*:

-în interiorul cabinei, în poziția urechii operatorului/șoferului;

-în jurul echipamentului, 1,20m înălțime, 1-2 metri distanță (distanțe standard);

d) *durata măsurătorilor*: 3÷4 min. (minimum 3 minute conf. standarde);

e) *regimuri de funcționare motor MMT45*:

-turația de relanti → 815 rot/min

-75% din turația maximă → 1620 rot/min

-cu cupa pe sol (fără sarcină).

În figurile 3 și 4 sunt prezentate aspecte din timpul măsurătorilor din interiorul și din exteriorul cabinei încărcătorului frontal MMT45. În figura 5 este prezentat sonometrul/analizor Brüel&Kjær type 2250 utilizat la preluarea și prelucrarea semnalelor de sunet iar în figura 6 tahometrul electronic T5009 (cu tacelemetru) utilizat la măsurarea regimurilor de lucru ale motorului utilajului.



Fig. 3 Determinarea nivelului intensității sonore în interiorul cabinei MMT45



Fig. 4 Determinarea nivelului intensității sonore emise în mediu de MMT45

Analiza experimentală a eficienței tratamentelor acustice cu materiale compozite fonoabsorbante la cabinile utilajelor tehnologice mobile



Fig. 5 Sonometru-analizor portabil Brüel&Kjær type 2250



Fig. 6 Tahometru electronic T5009 determinarea regimurilor motorului MMT45

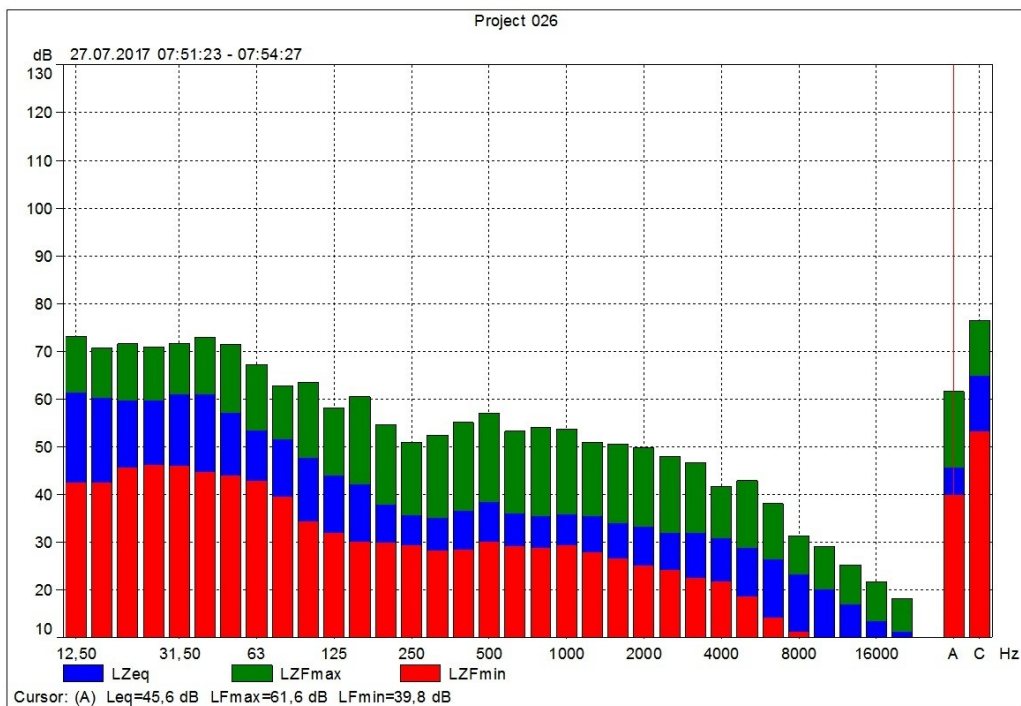


Fig. 7 Spectrul de zgomot mediu încojurător (zgomot de fond)

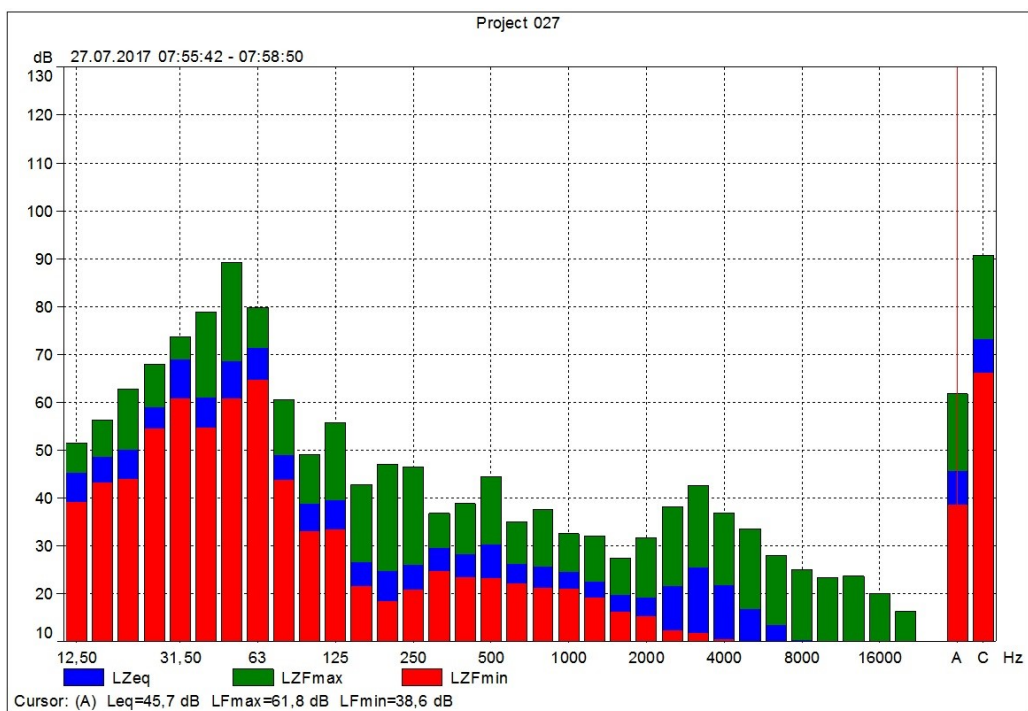


Fig. 8 Spectrul de zgomot de fond în cabina MMT45 (cabina cu geamuri, fără tratamente acustice, motor oprit)

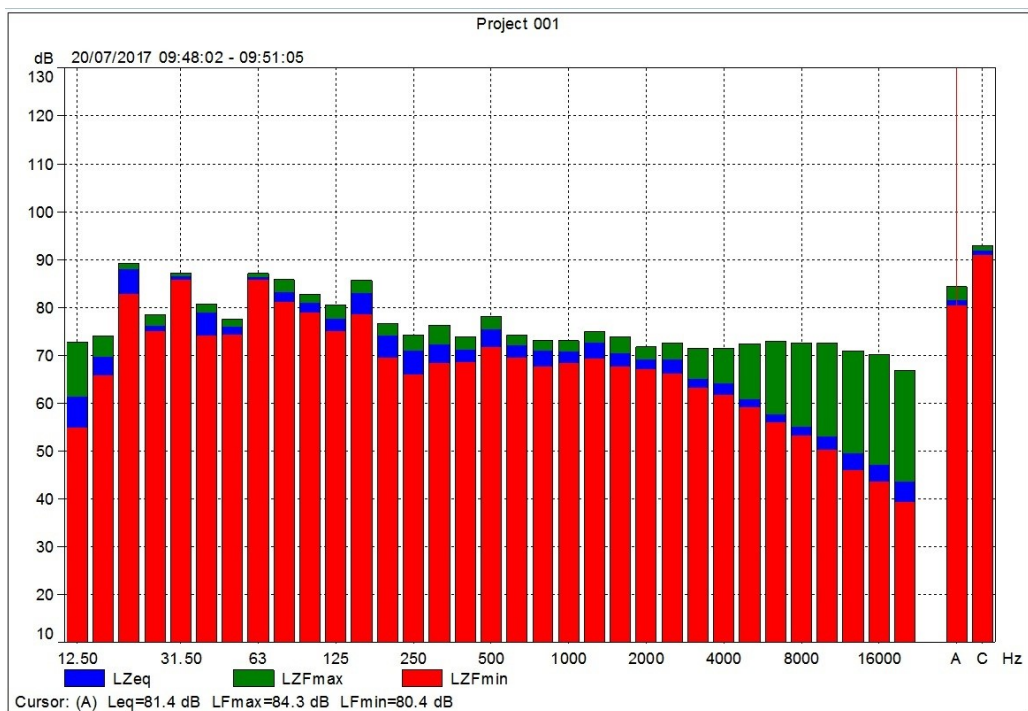


Fig. 9 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45 (cabina fără geamuri, fără tratamente acustice, motor la relanti)

Analiza experimentală a eficienței tratamentelor acustice cu materiale compozite fonoabsorbante la cabinile utilajelor tehnologice mobile

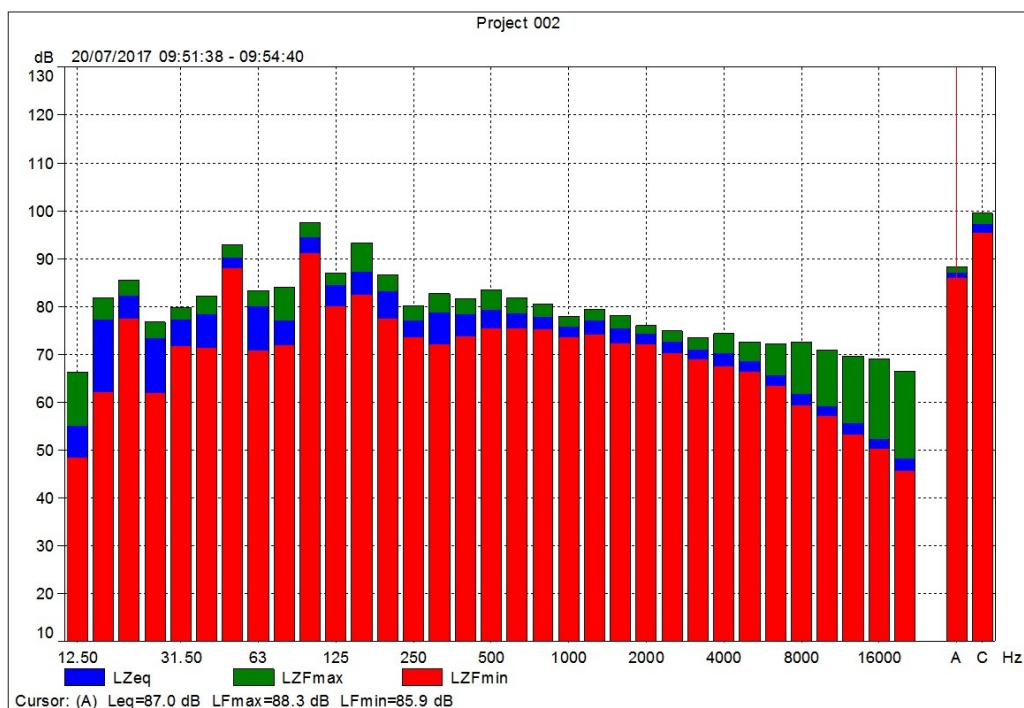


Fig. 10 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45 (cabina fără geamuri, fără tratamente acustice, motor la 75% din  $n_{MAX}$ )

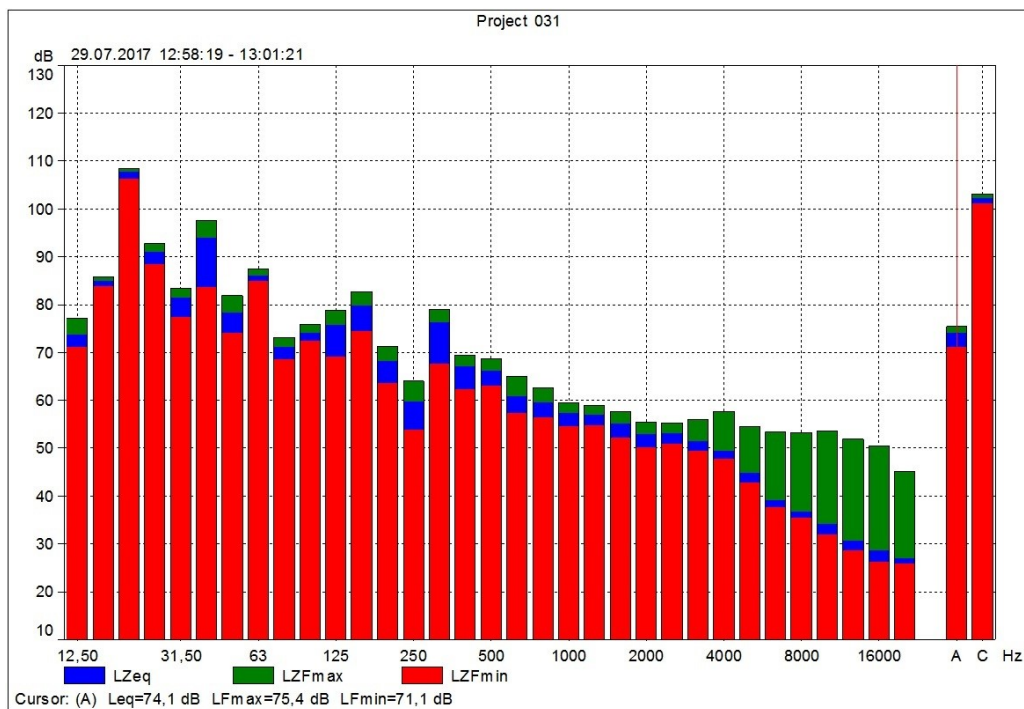


Fig. 11 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45 (cabina cu geamuri, cu tratamente acustice, motor la relanti)

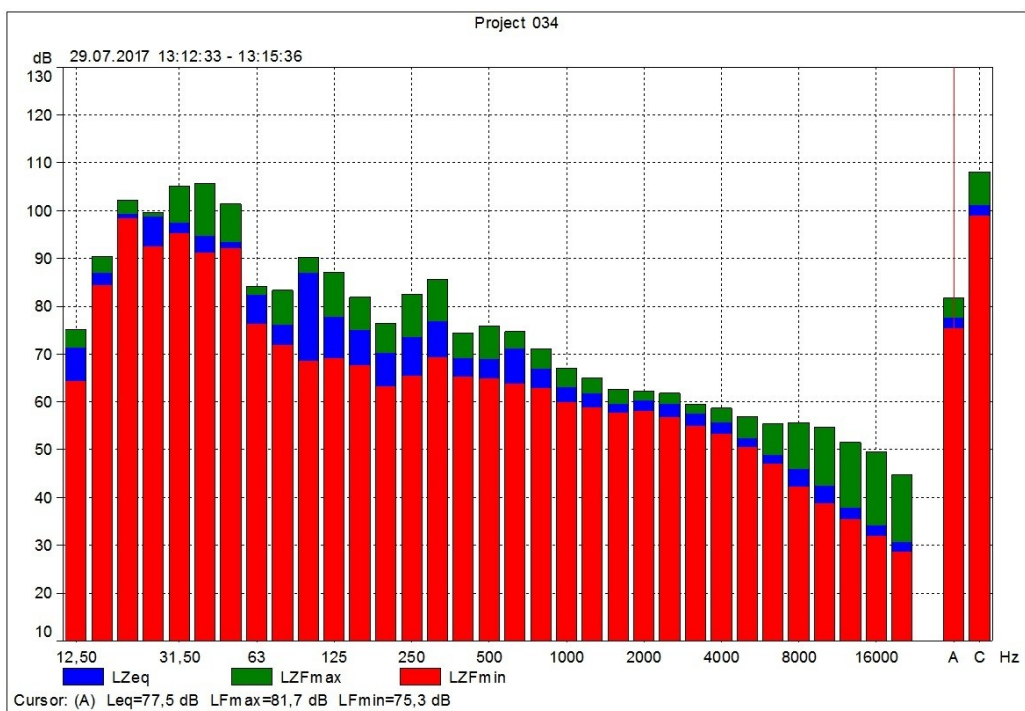


Fig. 12 Spectrul de zgomot la postul de conducere MMT45 (cabina cu geamuri, cu tratamente acustice, motor la 75% din  $n_{MAX}$ )

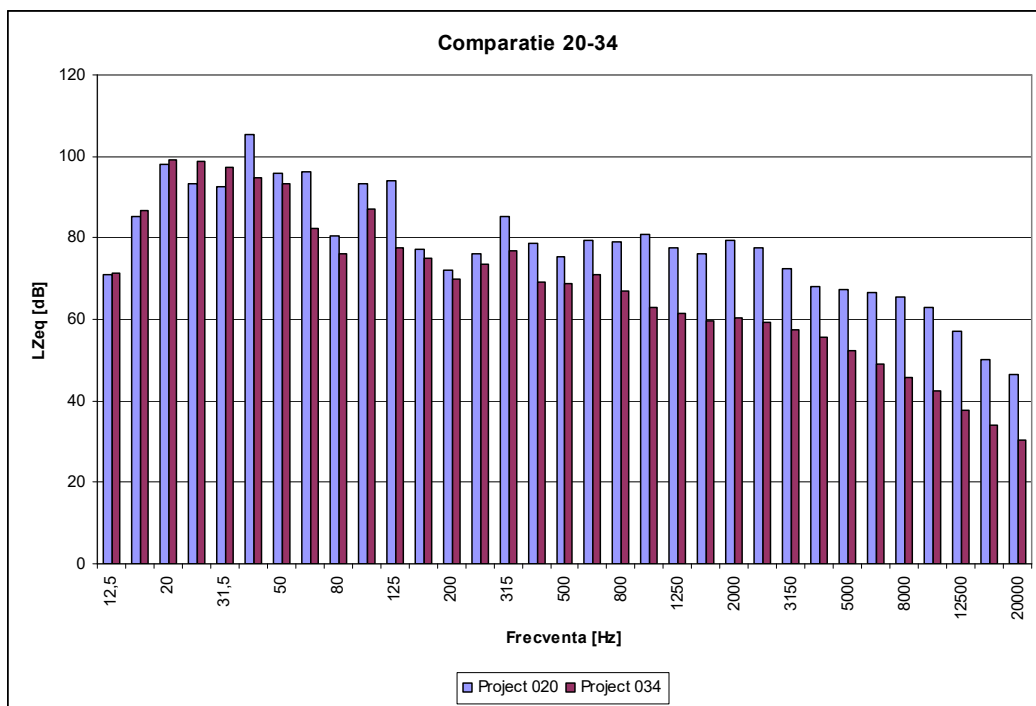


Fig. 13 Comparație spectru de zgomot în cabina MMT45 (fără / cu tratament acustic)  $n=815$  rot/min (relanti)



Analiza experimentală a eficienței tratamentelor acustice cu materiale compozite fonoabsorbante la cabinele utilajelor tehnologice mobile

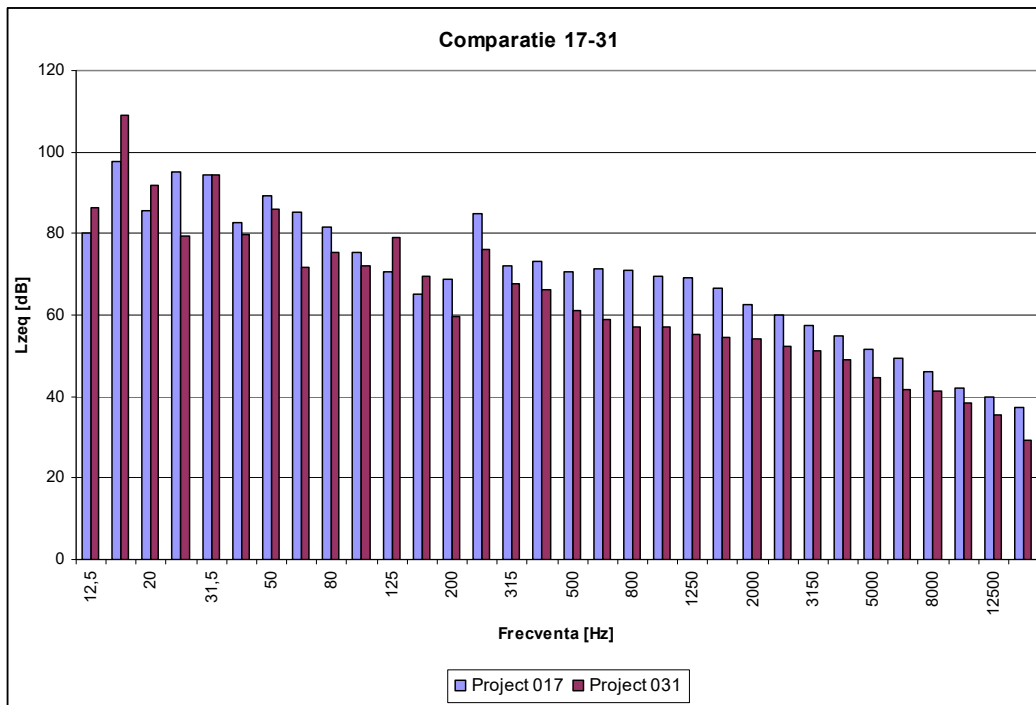


Fig. 14 Comparație spectrul de zgomot în cabina MMT45 (fără/cu tratament acustic)  $n=1620$  rot/min (75% din  $n_{max}$ )

## 5. CONCLUZII PRIVIND EFICIENȚA UTILIZĂRII MATERIALELOR COMPOZITE PENTRU REDUCEREA NIVELULUI GLOBAL DE ZGOMOT ÎN INTERIORUL CABINEI ÎNCĂRCĂTORULUI FRONTAL MMT45

Pentru determinarea nivelului de intensitate sonoră a fost utilizat sonometrul-analizor Brüel& Kjær type 2250 cu microfon 1/2" type 4189 și preamplificator type ZC-0032. Achiziția, prelucrarea și stocarea semnalelor de suneta au fost realizate cu software specializat Brüel & Kjær: "Utility Software for Hand-held Analyzers" type BZ-5503, "Sound Level Meter Software" type BZ-7222, "Frequency Analysis Software" type BZ-7223, "Logging Software" type BZ-7224 și "Noise Explorer" type 7815.

În figurile 7 și 8 sunt prezentate spectrele de zgomot de fond din mediul înconjurător și din cabina MMT45 în domeniul de frecvențe 12,5÷20000 Hz.

Figurile 9 și 10 prezintă analiza în frecvență a zgomotului din cabina fără tratamente acustice cu funcționarea motorului termic la relanti respectiv la 75% din turația maximă. În cazul regimului de relanti, nivelul global al intensității sonore este **Leq=81,4dB(A)** cu o valoare de vârf maximă **Lpeak=93,6dB(C)**. Pentru regimul de funcționare a motorului la 75% din turația maximă, nivelul global al intensității sonore este **Leq=87,0dB(A)** cu o valoare de vârf maximă **Lpeak=99,8dB(C)**.

Figurile 11 și 12 prezintă analiza în frecvență a zgomotului din cabina după aplicarea tratamentelor acustice cu materiale compozite. În cazul regimului de relanti, nivelul global al intensității sonore este **Leq=74,1dB(A)** cu o valoare de vârf maximă **Lpeak=103,6dB(C)**. Pentru regimul de funcționare a motorului la 75% din turația maximă, nivelul global al

intensității sonore este  $L_{eq}=77,5dB(A)$  cu o valoare de vârf maximă  $L_{peak}=107,8dB(C)$ .

Figura 13 prezintă rezultatul studiului comparativ al analizei spectrale 1/3 octavă a zgomotului din interiorul cabinei înainte de aplicarea tratamentelor acustice (albastru) și după aplicarea acestora (negru), pentru regimul de funcționare la relanti. Se poate observa o scădere semnificativă, de până la 20dB(A), a nivelului de intensitate sonoră, mai ales la frecvențe medii și înalte.

Figura 14 prezintă o comparație a rezultatelor analizelor spectrale 1/3 octavă a zgomotului din interiorul cabinei pentru funcționarea la 75% din turația maximă a motorului termic, înainte de aplicarea tratamentelor acustice (albastru) și după aplicarea acestora (negru). Scăderea nivelului de intensitate sonoră este mai mare la frecvențe medii și înalte ale zgomotului, până la 15dB(A).

## BIBLIOGRAFIE

- [1] **D. Anghelache**, *Acoustic absorption coefficient variation of sound absorbing structures and materials*, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Fascicle XIV Mechanical Engineering, 2008
- [2] **N. Dragan**, *Assesment and controlling the noise in construction. Romanian and EU legislation*, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Fascicle XIV Mechanical Engineering, ISSN 1224-5615, Galati, 2008
- [3] **N. Dragan**, *Experimental researches on the sound absorption composites used for public works equipment*, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Fascicle XIV Mechanical Engineering, Vol. I Issue XVI, ISSN 1224-5615, Galati, 2010
- [4] **N. Dragan**, *Composite materials used for decreasing the noise level inside the cabins of the mobile technological equipment*, Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering vol. IX (XIX), ISSN 1583-0691, 2010, NR1, Oradea, 2010
- [5] **O. Vasile, N. Dragan**, *Innovative Sound Insulation and Absorption Modular Systems for Public Works Equipment*, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Vilnius Conference “Knowledge-based technologies and OR methodologies for strategic decisions of sustainable development” KORSD-2009, Ed. “Technika”, Vilnius, 2009
- [6] **N. Dragan**, *Elemente de calcul a eficienței tratamentelor acustice cu materiale compozite fonoabsorbante pentru cabinile utilajelor tehnologice mobile (Calculus elements of the efficiency of acoustic treatments with sound absorption composite materials for the cabins of the mobile technological equipment)*, Sinteze de mecanică teoretică și aplicată (Synthesis of Theoretical and Applied Mechanics - *Synth Theor Appl Mech*), Volumul 10 (2019) nr. 2, 2019, ISSN 2068-6331, Ed. Matrix Rom, Bucureșt
- [7] **J.S. Bolton, Y. Taewook, O. Oliviero**, *Measurement of Normal Incidence Transmission Loss and Other Acoustical Properties of Materials Placed in a Standing Wave Tube*, Technical Review No.1-2007, Bruel & Kjaer, Copenhagen, 2007, <http://www.bksv.com/doc/bv0059.pdf>
- [8] **J. Kunio, Y. Taewook, K. Kang Hou, J.S. Bolton, J. Enok**, *A Comparison of Two and Four Microphone Standing Wave Tube Procedures for Estimating the Normal Incidence Absorption Coefficient*, Proceedings of The International Conference of Noise and Vibration INTER-NOISE 2009, 2009 August 23-26, Ottawa, 2009
- [9] **O. Oliviero, J.S. Bolton, Y. Taewook**, *Measurement of transmission loss of materials using a standing wave tube*, Proceedings of The International Conference of Noise and Vibration INTER-NOISE 2006, 3-6 December 2006, Honolulu, 2006
- [10] **P. Bruel**, *The Standing Wave Apparatus*, Technical Review. Teletechnical, Acoustical and Vibrational Research No.1 January 1955, Bruel & Kjaer, Copenhagen, 1955
- [11] <http://www.bksv.com/doc/bp1039.pdf>, *Impedance Tube Kit (100Hz – 3.2 kHz) — Type 4206-A product data*