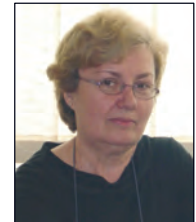


SUNETUL ÎN SISTEMELE DE VENTILAȚIE ȘI CALCULUL NIVELULUI DE ZGOMOT

Șef lucr. dr. ing. Rodica T. MUNTEANU
Universitatea „Transilvania” din Brașov



REZUMAT Această lucrare tratează unul din cei mai importanți parametri de confort - sunetul - și posibilitatea de atenuare a acestuia în sistemele de ventilație. De asemenea, își propune evaluarea nivelului de zgomot în încăperi și definirea unei metode de calcul a acestuia

Cuvinte cheie: sistem de ventilație, sunet, zgomot, presiune acustică, putere acustică, curbe de zgomot, nivel de zgomot.

ABSTRACT The present paper reviews one of the most important comfort parameters – the sound – and the possibility to attenuate it within the ventilation systems. It also aims to evaluate the level of noise in rooms and to define a method for the calculation of noise.

Key words: ventilation system, sound, noise, acoustic pressure, sound power, noise curves, noise level.

1. GENERALITĂȚI

Principalul rol al sistemului de ventilație este de a asigura condițiile de confort în spații închise. Factorii care contribuie la atingerea condițiilor de confort sunt: temperatura, umiditatea, viteza curenților de aer, dar și calitatea aerului. Pe lângă acești factori, deși este considerat de multe ori factor secund, zgomotul generat și transmis prin sistemul de ventilație are efectul efecte dintre cele mai neplăcute. De aceea, începând din faza de proiectare, trebuie luate măsuri pentru atenuarea zgomotului indiferent dacă acesta este generat în sistem sau doar transmis prin intermediul acestuia.

Pentru a ajunge la modalitatea de calcul a nivelului de zgomot sau metodele de reducere a acestuia, este utilă amintirea unora dintre noțiunile referitoare la sunet.

2. SUNETUL. NOȚIUNI TEORETICE

Zgomotul poate fi definit ca orice sunet nedorit. Acesta se mai definește: prea puternic, neașteptat, necontrolabil, produs într-un moment nepotrivit, format din tonuri neplăcute (șuierat, țuit etc.) ca o experiență neplăcută (produs de alarmă) sau o combinație a acestora.

Nivelul de zgomot se definește ca nivelul presiunii acustice existente într-un spațiu.

Sunetul orice perturbație propagată într-un mediu material sub formă de unde se numește sunet. O altă definiție este: senzația produsă asupra organului auditiv

de către vibrațiile materiale ale corpurilor și transmise pe calea undelor acustice.

Nivelul presiunii acustice. Nivelul presiunii acustice reprezintă presiunea undelor cu care se deplasează sunetul într-un mediu și putem spune că este ceea ce urechea umană percepe ca și sunet. Ca unitate de măsură pentru presiunea sonoră se utilizează (dB), iar ca scară de măsurare urechea umană percepe valori peste 0 dB (limita de audibilitate) până la 120dB (valoarea la care sunetul produce durere fizică).

Nivelul presiunii acustice este o valoare care poate fi măsurată într-o încăpere deservită de un sistem de ventilație și este o rezultată a mai multor factori: numărul surselor de zgomot din încăpere (guri de aer), amplasarea acestora, distanța până la zona de confort, caracteristicile sonore ale încăperii etc.

Nivelul puterii acustice. Reprezintă energia pe careo sursă sonoră o emite în unitatea de timp (Watt). Sursele de zgomot sunt caracterizate din punct de vedere sonor cu ajutorul nivelului puterii acustice fără a ține cont de condițiile de amplasare în încăpere ale acestora. În cataloagele tehnice se indică nivelul presiunii acustice și nu nivelul ei. Există o dependență clară între nivelul presiunii și puterii acustice. Plecând de la valoarea puterii acustice pentru sursele de zgomot măsurată în laborator și regăsită în cataloagele tehnice se poate determina nivelul presiunii acustice (perceput de oameni) ținând cont de următorii factori:

a) factorul direcție indică modul de distribuire a sunetului în jurul sursei;

- b) distanța de la sursa de zgomot la zona de contact;
c) aria echivalentă de absorbție a sunetului în încăpere.

Frecvența. Se definește ca fiind numărul oscilațiilor într-o secundă. O oscilație într-o secundă este egal cu 1 Hertz (Hz). Cu cât sunt mai multe oscilații într-o secundă, cu atât frecvențele sunt mai „înalte” (ex. vioara) și cu cât sunt mai puține vom avea sunete „joase” (ex. bass). În general, în cataloagele tehnice pentru guri de aer, ventilatoare, atenuatoare de zgomot, frecvențele sunt împărțite în 8 grupe: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz.

Curbe de zgomot. Curbele de zgomot sau curbele de nivel de tărie C_z reprezintă limitele maxime ale nivelului de zgomot pentru o anumită frecvență în funcție de destinația spațiului. Acestea trebuie respectate pentru obținerea condițiilor de confort.

Propagarea zgomotului. Reprezintă fenomenul de transmisie a zgomotului produs de echipamente prin intermediul elementelor de construcție sau prin sistemul de ventilație constituit, pe de o parte de tubulatură, fittinguri, accesorii, iar pe de altă parte de aerul vehiculat.

Atenuarea zgomotului. Este fenomenul de reducere a nivelului de zgomot în sistemul de ventilație sau în încăperea deservită de acel sistem. Poate fi realizată prin absorbția sunetului (atenuarea de zgomot, atenuare naturală în tubulatură, atenuare în încăpere) sau prin reflexia sunetului (în bifurcații sau coturi, la nivelul difuzoarelor prin fenomenul de „întoarcere a sunetului în tubulatură”).

Nivelul de zgomot al unei surse (N_s) nu este perceput de un receptor (om) la aceeași valoare ci mai scăzut (N_r). Diferența numerică $N_s - N_r$ reprezintă atenuarea produsă în încăpere.

Timp de reverberație. Reprezintă timpul în care nivelul de zgomot se reduce de la valoarea inițială până la 60 dB. Mai concret se poate spune că este ușor perceptibil în cazul apariției „ecoului” într-o încăpere (săli mari, biserici etc.).

Câmp proxim și câmp de reverberație. Câmpul proxim reprezintă zona unde zgomotul direct de la sursă domină nivelul sonor măsurat. Câmpul de reverberație este zona unde sunetul reflectat este dominant. În această zonă este imposibil să se determine care este direcția din care vine inițial zgomotul de la sursă.

Viteza sunetului. Este viteza cu care se propagă undele sonore într-un mediu:

- V_{aer} – circa 340 m/s;
- $V_{apă}$ – circa 1500 m/s;
- V_{otel} – circa 5100 m/s.

Infrasunete și ultrasunete. Sunt vibrațiile produse la frecvențe din afara domeniului de sensibilitate al urechii:

- infrasunete: sub 20 Hz;
- ultrasunete: peste 20 kHz.

3. METODE DE REDUCERE A NIVELULUI DE ZGOMOT ÎN SISTEMELE DE VENTILAȚIE

Legat de sistemul de ventilație, în clădiri există multe surse de producere a zgomotului, cum ar fi: echipamentele în mișcare (ventilatoare, pompe, motoare), dar și zgomotul generat de trecerea aerului prin sistemul de distribuție (tubulatură, fittinguri, clapete, grile și difuzoare).

Înainte de a reduce nivelul de zgomot generat de sursele enumerate mai sus, cu ajutorul atenuatoarelor de zgomot, există și posibilități de a nu permite producerea unui nivel prea ridicat de zgomot.

În afară de măsurile de prevenire a producerii unui zgomot prea mare, trebuie luate în considerare și următoarele situații:

- zgomotul este generat în sistemul de distribuție și dorim să nu ajungă în încăperi;
- nu se dorește ca zgomotul generat într-o încăpere să se transmită în altă încăpere prin intermediul sistemului de ventilație;
- zgomotul generat de către echipamente să nu se poată transmite către exterior (în apropierea zonelor în care se află oameni);
- zgomotul produs în interiorul unei încăperi (discotecă) să nu se transmită în exterior.

Metodele de reducere a zgomotului prezentate în continuare nu au un caracter limitativ, în practică putând exista diverse situații în care alte măsuri au o eficiență mai ridicată:

- Evitarea amplasării ventilatoarelor în apropierea încăperilor în care se dorește un nivel de zgomot mai redus (birouri, camere de hotel, etc.) precum și în apropierea spațiilor exterioare frecventate de oameni (alei, intrări în clădiri etc.).
- Izolarea fonică a încăperilor special destinate pentru echipamentele sistemului de ventilație (ușa prevăzută cu garnituri de cauciuc, pereți izolați, plăci de pardoseală etc.).
- Izolarea fonică a spațiilor din zonele în care tubulatura, țevile sau cablurile traversează pereții.
- Alegerea unui ventilator cu eficiență mai mare care generează un nivel de zgomot mai mic.
- Ventilatoarele trebuie prevăzute cu elemente de izolare a vibrațiilor și cu elemente flexibile de racordare a acestora la tubulatură, după ce la montare se face echilibrarea lor.
- Alegerea unor viteze reduse pentru transportul aerului deoarece vitezele mari produc un nivel de zgomot mare.
- Utilizarea unor viteze mari și implicit a unor pierderi de sarcină mari vor conduce la alegerea unui ventilator mai puternic și mai zgomotos.
- La alegerea unui ventilator se are în vedere ca punctul său de funcționare să fie cât mai aproape de curba sa de eficiență. Ventilatorul care funcționează sub sau deasupra curbei generează un nivel ridicat de zgomot.

- Pentru a evita apariția turbulențelor și implicit a unui nivel de zgomot ridicat se folosesc pe cât posibil tronsoane drepte de tubulatură sau piese speciale la ieșirea din ventilator, iar amplasarea lor să fie la minim 5 diametre distanță în cazul sistemelor cu viteze mari.

- E recomandat să se aleagă atenuatoare de zgomot cu pierdere maximă de sarcină de 80 Pa.

- Menținerea vitezei aerului redusă în zonele cu cerințe ridicate mărind secțiunea sistemului în acele zone.

- Utilizarea sistemelor de susținere prevăzute cu garnituri din cauciuc pentru preluarea vibrațiilor.

- În anumite situații (hale industriale, spații mari), o soluție pentru limitarea nivelului de zgomot (nu doar de la sistemele de ventilație ci mai ales de la echipamentele de producție) o constituie placarea plafonului sau a pereților cu plăci fon-absorbante.

4. REGLEMENTĂRI REFERITOARE LA SUNET ÎN SISTEMELE DE VENTILAȚIE

În normative sunt impuse în general limitele maxime admisibile ale nivelului de zgomot echivalent interior, exprimate sub forma de curbe de zgomot, sau global în dB(A).

Spre exemplu, pentru încăperi cu destinație birou, numărul de ordine al curbei Cz este 35, asta echivalând cu valoarea globală 40 dB(A).

Există mai multe tipuri de curbe de zgomot:

- Cz – curba de nivel egal de tărie utilizată în standardele românești (STAS 6156-86)

- Nc – Noise Criteric- utilizată în S.U.A.

- CR – Noise Rating-valoarea zgomotului după ISO.

Normativul I.5-98 admite să se efectueze calculul de verificare al nivelului de zgomot numai pentru frecvența de 250 Hz, iar la clădirile pretențioase (săli de audiții, operă, studiouri de emisie etc.) să se efectueze pentru toate frecvențele.

Din cele expuse mai sus se poate concluziona că la proiectarea sistemelor de ventilație trebuie să se acorde o atenție deosebită atenuării zgomotului, în acest sens trebuind parcurse anumite metode de calcul pentru nivelul de zgomot. Aceste metode vor face subiectul unui capitol următor.

5. CALCULUL NIVELULUI DE ZGOMOT

Calculul nivelului de zgomot dintr-o încăpere care are sistem de ventilație pleacă de la elementul de introducere sau evacuare al aerului, dar trebuie să mai țină seama și de alte **direcții de propagare a sunetului:**

Sunetul este transmis de la echipament (centrala de tratare, ventilator etc.) către încăpere. Este situația cea mai des întâlnită și cu probabilitatea cea mai mare de a genera probleme atât pentru sistemele de intrare cât și pentru cele de evacuare. În calcule nu se va ține cont doar de zgomotul generat de echipament ci și de zgomotul produs la trecerea aerului prin elementele componente ale sistemului.

Sunetul este transmis de la echipament către exterior. În acest sens trebuie luate măsuri pentru atenuarea nivelului de zgomot de la echipament către exterior datorită amplasării prizelor de aer proaspăt sau a grilelor de evacuare în zone în care sunt prezenți oameni (spații prin care trec sau își desfășoară activitatea, în apropierea unor clădiri învecinate).

Sunetul este transmis din încăpere către exterior. În cazul unor destinații tip club, discotecă nu sunt necesare neapărat măsuri pentru limitarea zgomotului de la sistemul de ventilație către încăpere, datorită nivelului mult mai mare de zgomot prezent în aceste încăperi. Măsurile pentru limitarea transmiterii zgomotului din încăpere către exterior prin intermediul sistemului de ventilație sunt obligatorii.

Sunetul este transmis dintr-o încăpere către încăpere. În anumite clădiri, pentru evitarea unor situații neplăcute care se ivesc seara la oprirea funcționării sistemului de ventilație se recomandă racordarea difuzoarelor cu tubulatura flexibilă din materiale cu proprietăți fon-absorbante.

6. METODĂ DE CALCUL AL NIVELULUI DE ZGOMOT

Metoda complexă. Această metodă presupune verificarea nivelului de zgomot pentru toată gama de frecvență, pentru toate încăperile și pentru toate direcțiile de propagare a zgomotului. Acest tip de calcul nu este complicat, dar necesită timp și resurse ridicate pentru obținerea de rezultate. Determinarea celor patru parametri (nivel de zgomot înainte de produs, după produs, nivel de zgomot generat de acel produs și nivelul de zgomot atenuat de produs) pentru fiecare tub, fitting sau accesoriu, implică un timp îndelungat de proiectare. Înainte de începerea calculului, sistemul de ventilație trebuie să fie dimensionat și implicit cunoscute valorile de debit, pierderile de sarcină precum și tipul elementelor de introducere și evacuare aer. De asemenea trebuie impus pentru fiecare cameră în funcție de destinație, nivelul de zgomot admis în încăpere. De exemplu pentru un birou numărul de ordine al curbei Cz este 35 valoare care echivalează cu valoarea globală 40 dB(A) (a se vedea tabelul 1).

Tabelul 1

Numar de ordine al curbei Cz	Frecvența (Hz)								dB(A)
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Nivel de presiune acustică în dB								
10	43.4	30.7	21.3	14	10	6.6	4.2	2.3	15
15	47.3	35	25.9	19.4	15	11.7	9.3	7.4	20
20	51.3	39.4	30.6	24.3	20	16.8	14	12.6	25
25	55.2	43.7	35.2	29.2	25	21.9	19.5	17.7	30
30	59.2	48.1	39.9	34	30	26.9	24.7	22.9	35
35	63.1	52.4	44.5	38.9	35	32	29.8	28	40
40	67.1	56.8	49.2	43.8	40	37.1	34.9	33.2	45
45	71	61.1	53.6	48.6	45	42.2	40	38.3	50
50	75	65	58.5	53.5	50	47.2	45.2	43.5	55
55	78.9	69.8	63.1	58.4	55	52.3	50.2	48.6	60
60	82.9	74.2	67.8	63.2	60	57.4	55.4	53.8	65
65	86.8	78.5	72.4	68.1	65	62.5	60.5	58.9	70
70	90.8	82.9	77.1	73	70	67.5	65.7	64.1	75
75	94.7	87.2	81.7	77.9	75	72.6	70.8	69.2	80
80	98.7	91.6	86.4	82.7	80	77.7	75.9	74.4	85
85	102.6	95.9	91	87.6	85	82.8	81	79.5	90
90	106.6	100.3	95.7	92.5	90	87.8	86.2	84.7	95
95	110.5	104.6	100.3	97.3	95	92.9	91.3	89.8	100
100	114.5	109	105	102.2	100	98	96.4	95	105

A) Nivelul sonor datorat echipamentului. Alegerea ventilatorului necesar sistemului de ventilație se face pe baza debitului și a pierderii de sarcină din sistem ținându-se cont și de zgomotul generat de acesta, preferând alegerea ventilatoarelor cât mai silențioase. În situația în care în catalogul tehnic nu este indicat nivelul puterii acustice pentru ventilator se poate determina valoarea acesteia cu relația 1:

$$N_p = 40 + 20 \lg \Delta H + \lg L \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

în care: N_p este nivelul presiunii acustice (dB); ΔH – presiunea totală (Pa); L – debitul (m^3/s).

Determinarea valorilor tuturor octavelor se face folosind graficul din figura 1.

În această fază a calculului se cunosc valorile sonore la plecare și se mai cunoaște nivelul la care dorim să se ajungă. Urmează să se calculeze ceea ce se întâmplă în sistem (atenuare sau generare de zgomot) iar dacă nivelul de zgomot rezultat la final va fi mai mare decât cel admis, vor trebui introduse atenuatoare de zgomot.

Supliment pentru cele mai mari valori de decibeli

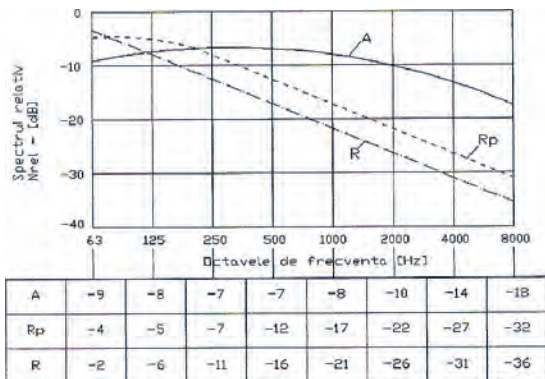


Fig. 1

B1) Nivelul sonor produs în canalele drepte. Este dat de relația:

$$N_p = 10 + 50 \lg V + 10 \lg A + N_{rel} \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

în care: V este viteza (m/s); A – secțiunea (m^2).

Pentru determinarea valorilor pentru toate octavele se folosește graficul din figura 2.

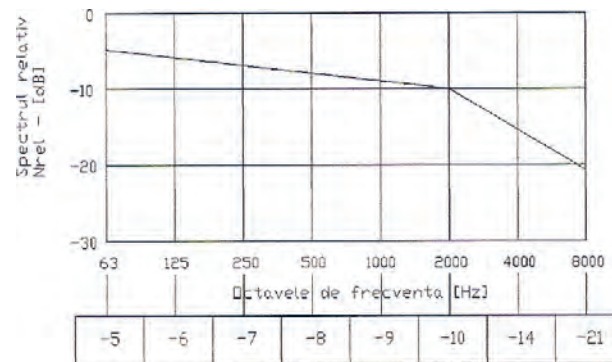


Fig. 2

B2) Nivelul sonor atenuat în canalele drepte. Nivelul de atenuare produs în canalele drepte este foarte redus și este recomandat să se neglijeze.

C1) Nivelul sonor produs în piesele speciale. Neexistând date în cataloagele tehnice, nivelul de zgomot generat în aceste piese (coturi, ramificații, reduții etc.) este un pic mai dificil de calculat. Există la fel ca și la tubulaturi, relații cu care se pot determina aceste valori. De exemplu, pentru o articulație circulară, nivelul puterii acustice se calculează cu relația 3:

$$N_p = N_{p'} + (10 \lg \Delta f + 30 \lg d + 50V) + C_T + C_R \quad (\text{dB})$$

în care: $N_{p'}$ este nivelul puterii acustice normal; f – lățimea benzii de frecvență; d – diametrul ramificației; V – viteza în ramificație; C_T – factor de corecție pentru turbulența inițială ridicată; C_R – factor de corecție pentru raza de racordare.

C2) Nivelul sonor atenuat în piesele speciale. Pentru piesele speciale există valori sub formă grafică sau tabelară, în care este indicată direct în decibeli atenuarea produsă. De exemplu, pentru coturile circulare se folosește tabelul 2.

D) Nivelul sonor produs în clapetele de reglaj. Acesta se determină ceva mai ușor, mai ales în cazul producătorilor care oferă sub formă grafică (fig. 3) nivelul de zgomot generat în funcție de diametrul clapetei, debitul de aer și gradul de deschidere. Deși când nu sunt amplasate corespunzător, clapetele de reglaj fac parte din componentele cu grad mare de generare de zgomot, ele au un rol bine stabilit de echilibrare a sistemului.

Tabelul 2

Diametrul	Atenuare						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
100, 125, 160, 180, 200, 250	0	0	0	1	2	3	3
315, 355, 400, 450, 500	0	0	1	2	3	3	3
560, 630, 710, 800, 900	0	1	2	3	3	3	3
1000, 1250	1	2	3	3	3	3	3

Tabelul 3

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Δ	0	3	4,8	6	7	7,8	8,5	9	9	10	11,8

În cazul în care acestea nu sunt identice, se poate determina cu ajutorul graficului din figura 4.

Adăugare de decibeli

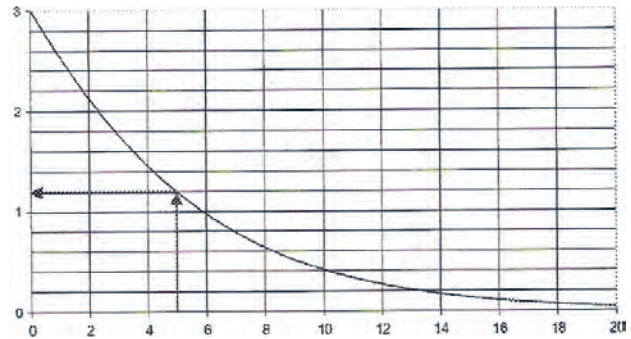


Fig. 4

După determinarea valorii finale a puterii acustice putem calcula nivelul presiunii acustice. Nivelul presiunii acustice este diferența între nivelul puterii acustice și atenuarea din încăpere.

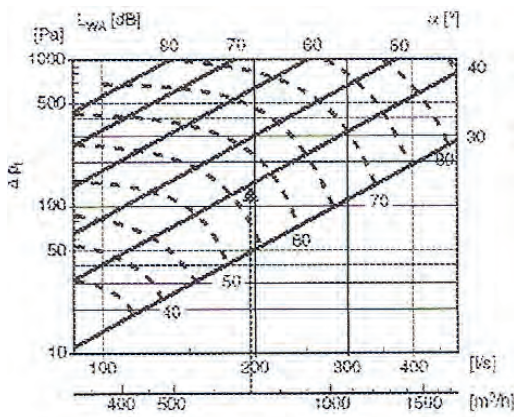


Fig. 3

E1) Nivelul sonor produs în gurile de aer. Pentru gurile de aer este mai simplu, în sensul că, în general în cazul acestora sunt oferite date acustice detaliate, acestea fiind foarte importante pentru nivelul sonor perceput în încăpere. Indiferent dacă se alege din catalog sau cu ajutorul programelor, primul criteriu de selecție trebuie să fie nivelul de zgomot în funcție de debit și diametru, urmând ca după aceea să se verifice ceilalți parametri (pierdere de sarcină, lungimea jetului, viteza curenților de aer în zona de contact etc.).

E2) Nivelul sonor atenuat în gurile de aer. În cataloage există date pentru toate octavele, cu ajutorul cărora se poate calcula atenuarea nivelului de zgomot la terminalele sistemului de ventilație. Mai există totuși un ultim pas deoarece, în acest moment al calculului avem valoarea puterii acustice și nu a presiunii acustice (ceea ce auzim).

F) Determinarea presiunii acustice pentru o încăpere. Dacă în încăpere sunt mai multe guri de aer, nivelul sonor al acestora trebuie adunat logaritmice. În cazul în care acestea sunt identice se pot folosi valorile din tabelul 3.

3. CONCLUZII

Atenuarea nivelului de zgomot în încăperi (datorat mai ales sistemelor de ventilație) reprezintă un punct principal în proiectarea acestora. În cazul apariției unui zgomot prea mare trebuie luată foarte în serios problema atenuării lui deoarece poate provoca boli profesionale grave persoanelor care lucrează în mediu cu zgomot peste limita admisă sau persoanelor care-și petrec mult timp în încăperi zgomotoase.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Chiriacescu, T.S. *Dinamica mașinilor unelte prolegomene* Editura Tehnică București, 2004.
- [2] Darabont, A., Iorga, I., Ciodaru, M., *Măsurarea zgomotelor și vibrațiilor în tehnică*. Editura Tehnică, București, 1983.
- [3] Hassel, J.R., Zaveri, K., *Application of Bruel and Kjaer Equipment to Acoustic Noise Measurements*, Naerum, Denmark, 1978.
- [3] Pater, M.S. *Analiza semnalelor de zgomote și vibrații în vederea detectării surselor*. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Timișoara, Timișoara 2003.
- [4] *** Surse proprii de informare.