
LXX Otwarte Seminarium z Akustyki

nadesłane artykuły i streszczenia

THE INFLUENCE OF COMPOSITE MATERIAL MANUFACTURING TECHNOLOGY ON THE CHANGE OF INSULATION FROM IMPACT SOUNDS

Norbert ABRAMCZYK ¹, Piotr JAKUBOWSKI ², Daria ŻUK ³, Mateusz WERYK ⁴

1 Faculty of Mechanical Engineering, Gdynia Maritime University, 81-87 Morska St., 81-225 Gdynia, Poland ORCID: 0000-0003-4556-7994

2 Maritime Advanced Research Centre CTO S.A. Environmental Laboratories Division, The Vibroacoustic Laboratory,
65 Szczecińska Str., 80-392 Gdansk, Poland, ORCID: 0000-0001-9927-202X

3 Faculty of Mechanical Engineering, Gdynia Maritime University, 81-87 Morska St., 81-225 Gdynia, Poland ORCID: 0000-0002-0810-0626

4 Maritime Advanced Research Centre CTO S.A. Research & Development Director,
65 Szczecińska Str., 80-392 Gdansk, Poland, ORCID: 0009-0000-7028-1213

Corresponding author: Daria ŻUK, email: d.zuk@wm.umg.edu.pl

Abstract: The paper shows the influence of composite material manufacturing technology on the change of the insulation parameter from impact sounds and the ability to dampen structural vibrations by modifying the structure of the composite material with the addition of rubber recyclate. Tests of acoustic insulation from impact sounds were carried out on a sandwich composite made based on Epoxy resin Epidian®6 together with Z-1 hardener and glass mat with a random arrangement of fibres and a weight of 350 g/m². As an additive modification improving damping efficiency, rubber recyclate was created in the process of car tyre disposal. The material was made using the hand lamination method. Composite materials were tested in three variants of the arrangement of recyclate in the produced composite in the form of 1, 2 and 3 sandwich layers. In the scope of tests in "in-situ" conditions, the reduction of the impact sound level by a sample with the structure: "concrete slab + composite slab + ceiling" in relation to the sample "concrete slab + ceiling" was determined by determining the parameter $\Delta L',n$ in accordance with PN-EN ISO 16283-2 and PN-EN ISO 717-2. In the field of "in-situ" field tests, the reduction of the impact sound level by the ceiling with the tested plate made of composite material was determined in relation to the ceiling without the $\Delta L',n$ plate in accordance with PN-EN ISO 16283-2 and PN-EN ISO 717-2. A decrease in the impact sound level of the board with 3 sandwich layers in relation to the composite board without the addition of recyclate was also determined, demonstrating the effect of rubber recyclate additives on the attenuation of structural sounds in the tested material. The use of rubber recyclate obtained in the process of disposal of car tyres has an impact on improving environmental protection.

Keywords: sound insulation, structural born sound, composite materials, rubber recyclate

A NOVEL APPROACH TO VEHICLE ENGINE MISFIRE DETECTION WITH ADXL1002 ACCELEROMETER USING EMD-BASED IMAGE PROCESSING AND DCNN-LSTM MODEL

Muhammad AHSAN ¹, Dariusz BISMOR ², Paweł FABIŚ ³

1 Department of Measurements and Control Systems, Silesian University of Technology, 44-100 Gliwice, Poland, ORCID: 0000-0003-2362-3297

2 Department of Measurements and Control Systems, Silesian University of Technology, 44-100 Gliwice, Poland, ORCID: 0000-0003-4758-3592

3 Department of Road Transport, Silesian University of Technology, 40-019 Katowice, Poland, ORCID: 0000-00016087-6467

Corresponding author: Muhammad AHSAN, email: Muhammad.Ahsan@polsl.pl;
ahsanmuhammad@aol.com

Abstract: Engine misfires are a common and troublesome problem that affects how vehicle engines work. This paper proposes a novel approach for misfire detection in vehicle engines based on vibration data acquired via the ADXL1002 accelerometer. The paper utilizes Empirical Mode Decomposition (EMD) as a preprocessing technique, effectively isolating pertinent information within distinct frequency components of vibration signals. Additionally, the paper enhances classification accuracy by converting the cleaned vibration data into 2D grayscale images, serving as input for the proposed DCNNLSTM (Deep Convolutional Neural Network - Long Short-Term Memory) model. The achieved results showcase outstanding performances with a training accuracy of 100% and a commendable test accuracy of 98.7%. The performance indicators, such as accuracy, sensitivity, specificity, BA, and GM, were computed to provide a thorough understanding of the model's proficiency in classification accuracy and effectiveness across various dimensions.

Keywords: Misfire, ADXL1002 accelerometer, empirical mode decomposition, classification, DCNN-LSTM.

FIZYCZNA KRZYWA ZANIKU DŹWIĘKU W POMIESZCZENIACH I JEJ ZGODNOŚĆ INTERPRETACYJNA Z WARUNKAMI JEJ PERCEPCJI PRZEZ CZŁOWIEKA

Wojciech BATKO¹
Artur NOWOŚWIAT²
Rafał BURDZIK²

¹Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Krośnie, Rynek 1, 38-400 Krosno
batko@agh.edu.pl

²Politechnika Śląska, Akademicka 2A, 44-100 Gliwice
artur.nowoswiat@polsl.pl

³Politechnika Śląska, Akademicka 2A, 44-100 Gliwice
rafal.burdzik@polsl.pl

Powszechnie obecna w akustyce budowlanej estymacja czasu pogłosu pomieszczeń bazuje na identyfikacji krzywej zaniku dźwięku. Jej pomiarowa wykonawcza realizacja ma miejsce w przestrzeni fizycznej opisu zjawiska identyfikowanego w euklidesowej metryce przestrzeni pomiarowej. Jej reprezentacja jest definiowana euklidesowymi liczbami decybelowymi oraz euklidesową miarą porównań ich zmienności. Realizowany w niej proces estymacji czasu pogłosu ma interpretację ściśle powiązaną z przebiegiem fizycznej krzywej zaniku dźwięku w pomieszczeniu. Biorąc pod uwagę percepcyjny wymiar liczb decybelowych określony prawem Webera Fechnera, autorzy formułują pytanie jak różni się fizyczna krzywa zaniku dźwięku w pomieszczeniu od percepcyjnej krzywej odwzorowującej wrażenia jej odbioru przez człowieka. Wstępne wyniki, które przedstawiono w niniejszej pracy dla stosunkowo krótkiego czasu pogłosu, sugerują różnicę między obiektywnym fizycznym pomiarem czasu pogłosu a percepcyjnym odbiorem przez człowieka.

1. WPROWADZENIE

Wiele prac naukowych dotyczyło badań nad charakterem zaniku dźwięku i innymi kwantyfikatorami [1, 2, 3]. Jednym z takich kwantyfikatorów jest współczynnik zaniku dźwięku definiowany jako iloraz wczesnego zaniku do późnego zaniku dźwięku [4]. Jednak niewiele wiadomo na temat związku między tymi kwantyfikatorami a pogłosem [5]. Jest wiele różnych prac dotyczących badań nad subiektywnym odczuciem pogłosu a obiektywnym badaniem krzywej zaniku dźwięku. Erman [6] sprawdzał czy zarówno profesjonalni jak i nieprofesjonalni odbiorcy muzyki potrafią odróżnić zanik o podwójnym nachyleniu od zaniku Sabine'a. Frisen z zespołem [7] stwierdził, że słuchacze odbierają dźwięki jako różne, gdy późny czas pogłosu był 1.5 razy większy niż czas pogłosu odpowiadający zanikowi wykładniczemu. Prowadzone były również badania naukowe dotyczące roli zmiany głośności w postrzeganiu pogłosu. Hase et al. [8] zbadali związek pomiędzy pogłosem a dwoma ortogonalnymi czynnikami fizycznymi, subiektywnym czasem pogłosu (T_{sub}) i poziomem ciśnienia akustycznego (SPL). Zarówno Hase z zespołem jak i inni badacze [9, 10, 12] potwierdzili, że pogłos zwiększał się poprzez podniesienie SPL i T_{sub} słyszanych dźwięków. Z kolei Sum i Pan [11] zaproponowali tzw. subiektywną ocenę pogłosu, który uwzględnia średni czas reakcji ucha ludzkiego wynoszący 50 ms i ledwo wykrywalną zmianę głośności w uchu o 3 dB. Podobne badania prowadził Joo [12], który badał związek pomiędzy niewykładniczym zanikiem dźwięku w pomieszczeniach a

pogłosem odczuwalnym przez słuchacza, a także opracował sposób ilościowego określania niewykładniczego zaniku dźwięku, dobrze skorelowanego z pogłosem postrzeganym przez słuchaczy. Przegląd prac wykazał, że czas zaniku wczesnej energii, a także zmiana głośności energii zaniku są znaczące dla pogłosu słuchaczy. Poza tym późna i wczesna część zaniku dźwięku odgrywa znaczącą rolę w identyfikacji zaników niewykładniczych.

Jednakże do tej pory nie zbadano w jaki sposób opisuje się zakres pogłosu ani jakie parametry można wykorzystać przy zanikach niewykładniczych słyszalnych przez ucho. Dlatego niezbędne są dalsze badania w tym zakresie. W niniejszym artykule poddano analizie zgodność opisu fizycznej krzywej zaniku dźwięku w pomieszczeniach z jej interpretacją przyporządkowaną analizie warunków percepcji przez człowieka określonej psychoakustycznym prawem Webera-Fechnera, z właściwymi mu relacjami przetworzeń decybelowych wyników pomiarowych. Zaakcentowano przy tym oderwanie opisu ilościowego zmian decybelowych wartości jakie mają miejsce w procesie identyfikacji modelu zaniku dźwięku od informacyjnego przekazu warunków odbioru obserwowanych zmian przez człowieka.

2. METODYKA BADAWCZA

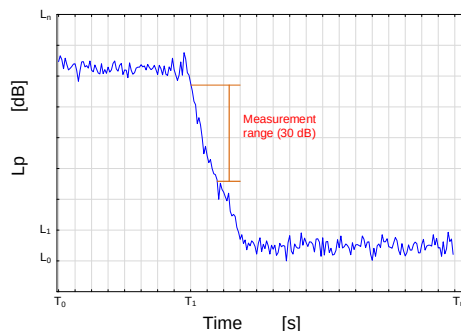
2.1. WYZNACZANIE CZASU POGŁOSU

Pomiary wykonano w komorze pogłosowej z materiałem dźwiękochłonnym na podłodze w celu obniżenia czasu pogłosu. Objętość komory pogłosowej $192,7 \text{ m}^3$ i jej kształt spełniają warunek normy [13]. Czas pogłosu wyznaczono metodą szumu przerywanego. Wykonano po 6 pomiarów zaniku dźwięku w każdej z sześciu pozycji mikrofonu i dla każdej z dwóch pozycji głośnika. Pozwoliło to uzyskać dobrą średnią w każdym z interwałów 1/3-oktawowych w zakresie 100 – 5000 Hz. Układ pomiarowy składa się z dwóch elementów

1. Część nadawcza układu badawczego składała się z kolumny głośnikowej o kulistej charakterystyce promieniowania, generatora sztucznych szumów testowych wraz ze wzmacniaczem produkcji Svantek.
2. Część odbiorcza układu badawczego obejmowała czterokanałowy miernik poziomu dźwięku SVAN 958, dwa mikrofony $1/2''$, kalibrator akustyczny SV03A, komputer PC z oprogramowaniem SvanPC+Software Official 1.0.21e.

Pozycje mikrofonów podczas pomiarów były oddalone co najmniej 1,5 m od siebie i co najmniej 2,0 m od źródła dźwięku.

Pomiar polega na rejestrowaniu poziomu ciśnienia akustycznego. W momencie jego ustabilizowania się wyłączone jest źródło dźwięku i miernik mierzy czas osiągnięcia poziomu tła akustycznego. Pomiar może być założony z różną dynamiką. Najczęściej rejestrowany pomiar jest z dynamiką 30 dB (rysunek 1).



Rys. 1. Przykładowa krzywa zaniku dźwięku dla pasma częstotliwości 500 Hz.

Dla każdej częstotliwości wykonuje się n pomiarów krzywej zaniku dźwięku. Czas pogłosu wyznacza się według następującego algorytmu:

1. Wyszukuje się wartości poziomu ciśnienia akustycznego zmniejszonego o 5 dB od wartości początkowej będącej poziomem ciśnienia akustycznego w momencie wyłączenia źródła dźwięku. Wartość tę nazywamy L_p i odczytujemy dla niej czas t_p (oś pozioma)
2. Wyszukuje się wartości poziomu ciśnienia akustycznego zmniejszonego o 25 dB (lub 30 dB) od wartości L_p i nazywa się ją L_k oraz odczytuje się dla niej czas t_k (oś pozioma)
3. Wyznacza się czas pogłosu na podstawie zależności

$$T = \frac{60}{d} \quad (1)$$

gdzie:

d – szybkość zaniku dźwięku w dB/s,

$$d = \frac{\Delta L}{\Delta \tau} \quad (2)$$

ΔL – różnica poziomów dźwięku,

$\Delta \tau$ – przyrost czasu zaniku dźwięku.

4. Uśrednia się arytmetycznie czasy pogłosu dla wszystkich pomiarów i wyznacza się niepewność standardową.

1.2. ALGEBRA DECYBELOWA

Przyjmijmy definicję liczby decybelowej (poziom ciśnienia akustycznego):

$$L_i = 10 \log \frac{p_{RMSi}^2}{p_0^2} = 10 \log \frac{e_i}{e_0} = 10 \log x \quad [\text{dB}]; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

gdzie:

$$p_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt}, \quad p_0 = 2 \cdot 10^{-5}, \quad x_i = \frac{e_i}{e_0} = 10^{0.1L_i} \quad (4)$$

Proces identyfikacji zagrożeń akustycznych i obecne w nim relacje obliczeniowe na decybelowych wynikach pomiarowych – są związane z bazową relacją jaką jest aksjomat dodawania dwóch zaburzeń akustycznych $p_1(t)$, $p_2(t)$ opisywanych poziomami ich ciśnień akustycznych L_1 , L_2 (zdefiniowane zgodnie z formułą (3)). Z analizą decybelowej bazy wyników pomiarów akustycznych i ich obliczeniowymi przetworzeniami są związane wszystkie czynności diagnostyczne określające kontrolę stanu akustycznego wnętrza. Są one określone algebraicznymi relacjami wykonywanymi w decybelowej bazie wyników pomiarowych w przyjętej dla nich metrycznej przestrzeni identyfikacyjnej z właściwym dla niej językiem modelowania ich stanów.

Algebraiczny język modelowania rozpoznawanych stanów wynika z aksjomatu dodawania poziomów dźwięku, tj. dodawania ich decybelowych wartości. Jest on określony zależnością:

$$L_1 \oplus L_2 = 10 \log \left[10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} \right] \quad (5)$$

Formuła (5) wynika z prawa Webera-Fechnera opisującego sumaryczny odbiór dwóch zaburzeń akustycznych $p_1(t)$, $p_2(t)$ przez człowieka. Postać formuły dodawania dwóch poziomów dźwięku o wartościach L_1 i L_2 odnosi się do analiz przy których występuje współdziałanie niekoherentnych $p_1 p_2 \cong 0$ zaburzeń ciśnień akustycznych p_1, p_2 , co jest powszechnie akceptowalnym założeniem w analizach zagrożeń hałasowych. Wynika z niego zerowa wartość składnika:

$$10 \log \left[1 + \frac{\langle 2p_1 p_2 \rangle}{\langle p_1^2 \rangle + \langle p_2^2 \rangle} \right] \quad (6)$$

czyli:

$$L_1 \oplus L_2 = 10 \log \frac{(p_1 + p_2)^2}{p_0^2} = 10 \log \left[\frac{\langle p_1^2 \rangle}{p_0^2} + \frac{\langle p_2^2 \rangle}{p_0^2} \right] + \underbrace{10 \log \left[\frac{2 \langle p_1 p_2 \rangle}{p_1^2 + p_2^2} \right]}_0 \quad (7)$$

W konsekwencji otrzymujemy formułę (5).

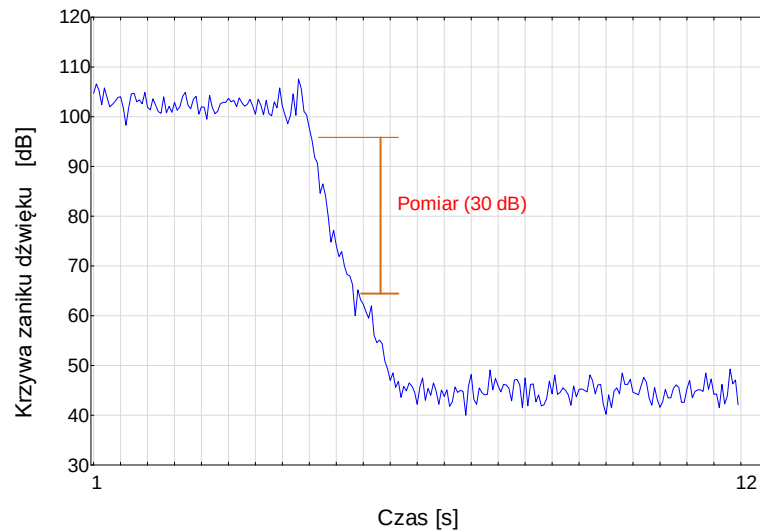
Tak zaproponowana korekta operacji dodawania dwu wartości decybelowych wygenerowała potrzebę niezbędnych modyfikacji w pozostałych operacjach wykonywanych na liczbach decybelowych. Ich uwzględnienie pozwoliło związaną z nimi bazę algebraicznych operacji określić decybelową algebrą właściwą opisowi odbieranych przez człowieka zagrożeń akustycznych. W tym miejscu dla potrzeb niniejszej pracy przedstawiono jedynie operację odejmowania:

$$L_1 \ominus L_2 = 10 \log \left[10^{0.1L_1} - (10^{0.1L_2} - 1) \right] = 10 \log \left[10^{0.1L_1} - 10^{0.1L_2} + 1 \right] \quad (8)$$

2. WYNIKI

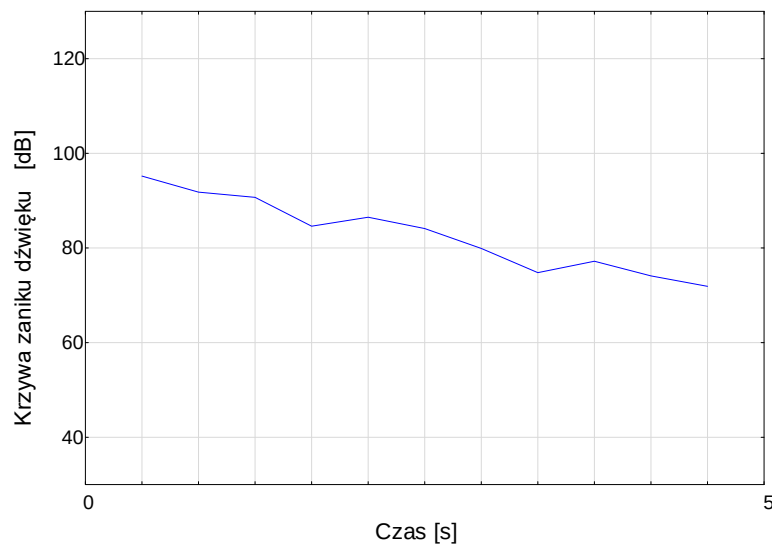
W komorze pogłosowej znajdowała się próbka badawcza stąd odpowiednio niskie czasy pogłosu. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki czasu pogłosu dla częstotliwości 500 Hz.

Przykładowa jedna krzywa zaniku dźwięku dla badanego pasma częstotliwości została przedstawiona na rysunku 2.



Rys. 2. Krzywa zaniku dźwięku dla pasma częstotliwości 500 Hz

Fragment krzywej zaniku dźwięku w którym zanotowano spadek poziomu ciśnienia akustycznego, tj. od momentu spadku o 5 dB od chwili wyłączenia źródła do chwili odczytu czasu pogłosu T_{30} (fragment zaznaczony na rysunku 2) przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Fragment krzywej zaniku dźwięku od chwili wyłączenia źródła dźwięku pomniejszonej o 5 dB do chwili spadku o 25 dB.

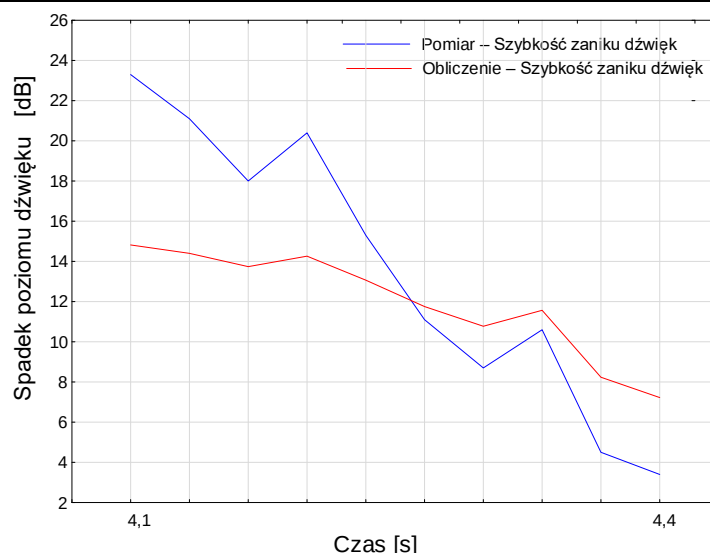
Wynik pomiaru w sekundach dla 24 krzywych pogłosowych zgodnie z metodyką opisaną w podrozdziale 2.1 przedstawia się następująco:

$$T_{500} = 1,18 \pm 0,15 \text{ s} \quad (9)$$

Wykorzystując formułę (8) wynik czasu pogłosu przeliczony na percepcję słyszenia przez człowieka wynosi:

$$T_{500}^1 = 1,38 \text{ s} \quad (10)$$

Na zakończenie przedstawiono szybkość zaniku dźwięku na podstawie fizycznych zmian wyznaczonych pomiarowo (kolor niebieski) i obliczeniowej percepcji ucha ludzkiego (kolor czerwony)



Rys. 4. Szybkość zaniku dźwięku na podstawie pomiaru (kolor niebieski) i obliczeń ze wzoru (8) (kolor czerwony).

Jak można zauważyć na rysunku 4 szybkość zaniku dźwięku na podstawie obiektywnych fizykalnych zmian są znacznie szybsze niż zmiany te odbiera ucho ludzkie.

3. WNIOSKI

W artykule przedstawiono propozycję porównania fizykalnych obiektywnych pomiarów zaniku dźwięku i obliczeniowych wartości symulujących odbiór ucha ludzkiego. Na tej podstawie nasuwają się propozycje wniosków:

1. Dla krótkich czasów pogłosu wydaje się, że wartość percepcji czasu pogłosu jest nieznacznie wyższa niż wartość zmierzona. Różnica wynosi 0,3 s.
2. Należy wykonać badania dla pomieszczeń o długim czasie pogłosu celem sprawdzenia czy różnice pomiaru a obliczeń wzorem (8) będą się zwiększać.
3. Szybkość spadku poziomu dźwięku na podstawie pomiaru jest znacznie większa niż odbiera to ucho ludzkie na bazie obliczeń za pomocą wzoru (8).

LITERATURA

- [1] Xiang N., Goggans P.M. (2001). Evaluation of Decay Times in coupled spaces: Bayesian parameter estimation. J. Acoust. Soc. Am. 110, pp. 1415-1424
- [2] Bradley D.T. (2007). Analysis of parameter effect on sound Energy Decay in coupled volume system. PhD dissertation, University of Nebraska.
- [3] Nowoświat A. (2023). Determination of the reverberation time using the measurement of sound Decay curves. Appl. Sci., 13, 8607, doi. 10.3390/app13158607.
- [4] Bradley D.T., Wang L.M. (2005). The effects of simple coupled volume geometry on the objective and subjective results from nonexponential Decay. J. Acoust. Soc. Am. 118(3), pp. 1480-1490
- [5] Jeong D., Joo H. (2017). Prediction of reverberence in rooms with simulated non-single-exponential sound decays. Applied acoustics, 125, pp. 136-146.
- [6] Erman M. (2007). Double sloped Decay: subjective listening test to determine perceptibility and preference. Build. Acoust. 14, pp. 91-108.

-
- [7] Frissen I., Katz B., Guastavino C. (2009). Perception of reverberation time and its relations to sound Decay. Proceedings of the international conference on auditory display, Copenhagen, Denmark, May 18-22, 2009.
- [8] Hase S., Takatsu A., Sato S., Sakai H., Ando Y. (2000). Reverberance of an existing hall in relations to both subsequent reverberation time and SPL. *J. Sound Vib.*, 232, pp. 149-155.
- [9] Lee D., Cabrera D. (2010). Effect of listening level and background noise on the subjective Decay rate of room impulse response: using time varying loudness to model reverberance. *Appl. Acoust.*, 71, pp. 801-811
- [10] Lee D., Cabrera D., Martens W.L. (2011). Equal reverberance contours for synthetic room impulse responses listened to directly: evaluation of reverberance in terms of loudness Decay parameters. *Build. Acoust.*, 18, pp. 189-205.
- [11] Su, K.S., Pan J. (2006). Subjective evaluation of reverberation Times of sound fields with non-exponential decays. *Acta Acust. United Acust.*, 92, pp. 583-592.
- [12] Joo H. (2013). Subjective evaluation of reverberation with a non-exponential sound Decay. International Symposium on Room Acoustics, Toronto Canada, June 9-11, 2013.
- [13] ISO 354: 2003 Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room.

PHYSICAL SOUND DECREASE CURVE IN ROOMS AND ITS INTERPRETATIONAL COMPATIBILITY WITH THE CONDITIONS OF ITS PERCEPTION BY HUMAN

Estimation of the reverberation time of rooms, commonly used in building acoustics, is based on the identification of the sound decay curve. Its measurement and performance implementation take place in the physical space of the description of the phenomenon identified in the Euclidean metric of the measurement space. Its representation is defined by Euclidean decibel numbers and a Euclidean measure to compare their variability. The reverberation time estimation process carried out in it has an interpretation closely related to the course of the physical sound decay curve in the room. Taking into account the perceptual dimension of decibel numbers determined by Weber-Fechner's law, the authors formulate the question of how the physical sound decay curve in a room differs from the perceptual curve reflecting the impression of its reception by humans. The preliminary results presented in this paper for a relatively short reverberation time suggest a difference between the objective physical measurement of the reverberation time and human perceptual perception.

WŁAŚCIWOŚCI AKUSTYCZNE URZĄDZENIA DO POMIARU SZUMÓW WŁASNYCH MIKROFONÓW

Romuald BOLEJKO Przemysław PLASKOTA

Politechnika Wrocławska, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
romuald.bolejko@pwr.edu.pl przemyslaw.plaskota@pwr.edu.pl

Poziom szumów własnych jest jednym z najważniejszych parametrów akustycznych mikrofonów pomiarowych. Jedną z możliwości wyznaczenie tego parametru jest wykonanie pomiarów w specjalnym urządzeniu zapewniającym niski poziom tła akustycznego. Przykładowa konstrukcja takiego urządzenia jest przedstawiona w normie PN IEC 60268-4. Norma ta opisuje wymagania stawiane względem mikrofonów pomiarowych. Urządzenie opisane w normie składa się z dwóch komór w kształcie walca (o konstrukcji pudełko w pudełku), wykonanych ze stali. W normie podany jest precyzyjny opis konstrukcji takiego urządzenia, ale bez określenia jego parametrów akustycznych, np. izolacyjności akustycznej.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań właściwości akustycznych urządzenia przeznaczonego do pomiaru szumów własnych mikrofonów. Zmierzono izolacyjność akustyczną na dźwięki powietrzne i uderzeniowe oraz tło akustyczne w wewnętrznej komorze urządzenia. Badania przeprowadzono dla dwóch typów wibroizolacji komory zewnętrznej: wibroizolatorów walcowych elastomerowych i wibroizolatorów sprężynowych. Wykonano również pomiar poziomu szumów wybranych mikrofonów pomiarowych. Omówiono ograniczenia i zakres stosowalności zastosowanego układu pomiarowego, a także urządzenia do pomiaru szumów własnych mikrofonów.

WSTĘP

Głównym parametrem urządzenia do pomiarów szumów własnych mikrofonów jest tło akustyczne wewnątrz komory pomiarowej. Poziom tła akustycznego nie jest jednak wyłącznie cechą badanego urządzenia, ale także zależy od środowiska akustycznego, w którym to urządzenie jest zlokalizowane. Właściwości samego urządzenia można zdefiniować poprzez jego zdolność do ograniczenia transmisji niezależnie hałasu oraz drgań ze środowiska zewnętrznego do jego komory pomiarowej. Należy zatem określić izolacyjność akustyczną urządzenia na dźwięki powietrzne oraz skuteczność wibroizolacji.

Pomiar izolacyjności akustycznej oraz wibroizolacji w rzeczywistości może nastroczać trudności wynikających z ograniczeń środowiskowych oraz aparatury pomiarowej. Ograniczenia wynikają przede wszystkim ze spodziewanej dużej wartości izolacyjności, zatem dynamika systemu pomiarowego ma istotny wpływ na przebieg pomiaru. W pracy omówiono zastosowane metody pomiarowe wraz z ich ograniczeniami, a także omówiono ograniczenia aparatury pomiarowej. Zaproponowano również metodę pomiarową, która pozwala na uzyskanie wymaganej dynamiki pomiaru tak, aby możliwe było wyznaczenie izolacyjności akustycznej i wibroizolacji w możliwie szerokim paśmie częstotliwości.

METODYKA BADAŃ

Hałas do komory pomiarowej przedostaje się głównie drogą powietrzną, ale jednocześnie drogą pośrednią, materiałową i w praktyce nie można rozdzielić tych dwóch dróg. Z tego względu w niniejszej pracy właściwości badanego urządzenia zostały wyznaczone dwiema metodami: poprzez pomiar izolacyjności akustycznej wyłącznie na dźwięki powietrzne bazując na normie PN-EN ISO 16283-1 [2] oraz pomiar izolacyjności akustycznej na dźwięki uderzeniowe wykorzystując zalecenia normy PNEN ISO 16283-2 [3]. Druga metoda została wzięta pod uwagę, ponieważ odzwierciedla typowe warunki akustyczne, w których jest użytkowane urządzenie, tzn. gdy na zewnątrz urządzenia występują zakłócenia akustyczne, równolegle występują także zakłócenia drganiowe, np. w postaci kroków, trzaskania drzwiami itd. Wydaje się jednak, że pomimo braku możliwości spełnienia wszystkich wymagań norm, zastosowanie wskazanych metod pomiarowych jest w pełni uzasadnione.

W pierwszej metodzie badane urządzenie było umieszczone w polu pogłosowym w pomieszczeniu o małej chłonności akustycznej, a komora pomiarowa urządzenia została potraktowana jako pomieszczenie odbiorcze. Pomiar przeprowadzono dla dwóch lokalizacji głośnika w pomieszczeniu nadawczym. Pomiar poziomu ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu nadawczym odbywał się metodą ruchomego mikrofonu po torze kołowym, natomiast w komorze pomiarowej wyłącznie dla jednej lokalizacji mikrofonu niskoszumowego. Nie zmieniano lokalizacji mikrofonu wewnątrz komory pomiarowej ze względu na małe wymiary komory oraz w celu zachowania powtarzalności pomiarów (powtarzalność otwierania/zamykania komór urządzenia). Pomiar taki więc nie spełnia wszystkich założeń normy PN-EN ISO 16283-1 [2], przede wszystkim ze względu na objętość pomieszczenia

odbiorczego (komory pomiarowej), pola powierzchni badanej przegrody oraz lokalizacji mikrofonu w pomieszczeniu odbiorczym.

W drugiej metodzie mierzono poziom uderzeniowy wewnątrz komory pomiarowej powstały na skutek pracy stukacza młotkowego umieszczonego w tym samym pomieszczeniu o małej chłonności akustycznej. Stukacz umieszczono w dwóch różnych punktach na podłodze, w odległości około 1,5 m od urządzenia. Poziom ciśnienia akustycznego wewnątrz komory pomiarowej mierzono mikrofonem niskosumowym w jednym punkcie, podobnie jak w pierwszej metodzie. Pomiar taki więc także nie spełniał wszystkich założeń normy PN-EN ISO 16283-2 [3,] głównie ze względu na objętość pomieszczenia odbiorczego (komory pomiarowej), pola powierzchni badanej przegrody oraz lokalizacji mikrofonu w pomieszczeniu odbiorczym.

Tab. 1. Wykaz przyrządów pomiarowych

Lp.	Nazwa	Producent	Typ
1	Wzmacniacz mocy	Norsonic	Nor280
2	Źródło wszechkierunkowe	Norsonic	Nor270
3	Stukacz młotkowy	Norsonic	NOR-211A
4	System pomiarowy SAMURAI	Sinus	Apollo 4Ch, 204,8kHz
5	Kalibrator akustyczny	Brüel Kjaer	4231
6	Miernik wilgotności względnej i temperatury powietrza	TESTO	TESTO 410-2
7	Mikrofon pomiarowy ½" (w pomieszczeniu)	PCB	377B02
8	Mikrofon pomiarowy 1" (niskosumowy, w komorze pomiarowej)	GRAS	40HF
9	Czujnik drgań nr 1 (na podłodze)	PCB	352C22
10	Czujnik drgań nr 2 (na urządzeniu)	PCB	356B18

Na rysunku 1 przedstawiono ogólny widok sytuacji pomiarowej. Do pomiarów użyto aparatury wymienionej w tabeli 1. Pomiar przeprowadzono z wykorzystaniem 4-kanalowego systemu pomiarowego

Samurai Apollo firmy Sinus. Równolegle do pomiarów wykonywanych z wykorzystaniem mikrofonów pomiarowych mierzono także drgania dwoma akcelerometrami: na podłodze przy jednej z nóg urządzenia oraz na obudowie zewnętrznej komory urządzenia (za wibroizolatorami). Do pomiarów drgań na obudowie urządzenia użyto czujnika o dużej skuteczności: 1V/g.

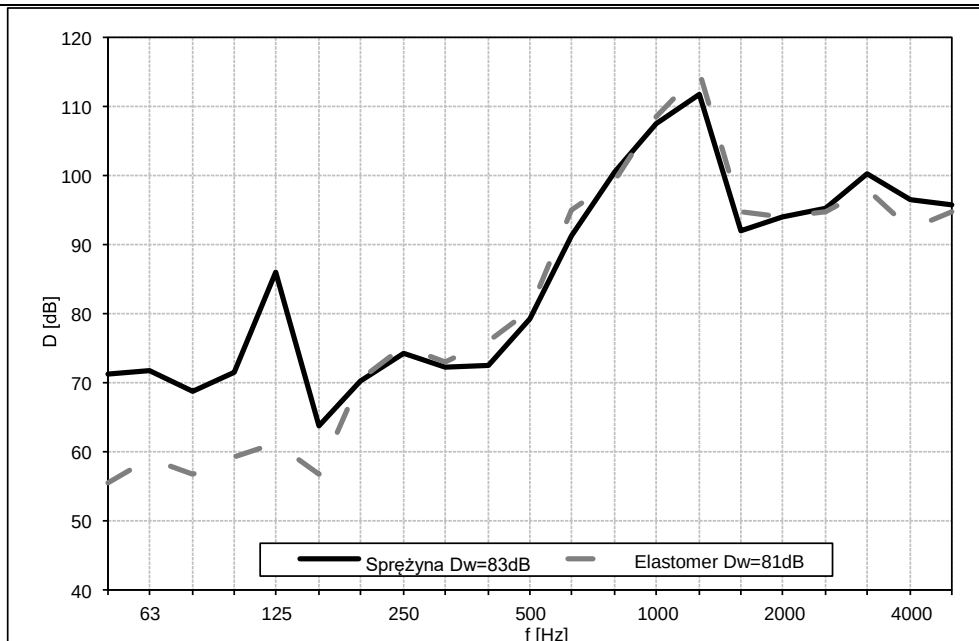


Rys. 1. Widok na urządzenie do pomiaru szumów mikrofonów oraz sytuacja pomiarowa

WYNIKI POMIARÓW

Pomiary przeprowadzono w ciągu dwóch kolejnych dni. Warunki akustyczne w pomieszczeniu badawczym w trakcie pomiarów, w tym tło akustyczne, temperatura i wilgotność powietrza, przyjmowały porównywalne wartości. Pomiary wykonano dla dwóch różnych typów wibroizolacji.

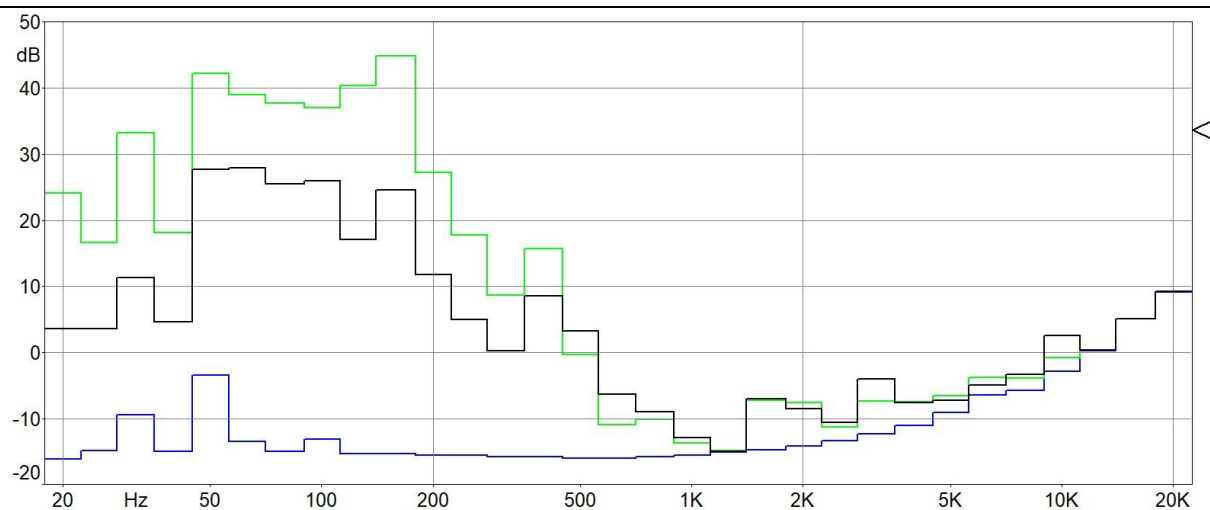
Na rysunku 2 przedstawiono zmierzoną izolacyjność akustyczną na dźwięki powietrzne w postaci różnicy poziomów D dla urządzenia z dwoma systemami wibroizolacji: system elastomerowy i sprężynowy. Zachowanie co najmniej 6 dB odstępu poziomu sygnału pomiarowego od tła akustycznego wewnątrz komory badawczej wymagało przeprowadzenie dwóch pomiarów: pierwszy pomiar z użyciem szumu białego w zakresie częstotliwości 50-5000 Hz, drugi pomiar z użyciem szumu filtrowanego o szerokości oktawy i częstotliwości 1000 Hz. Rezultat końcowy przedstawiony na rysunku1 jest złożeniem wyników z dwóch sekwencji pomiarowych.

Rys. 2. Izolacyjność akustyczna (różnica poziomów D) na dźwięki powietrzne

W całym badanym pasmie częstotliwości uzyskuje się bardzo dużą izolacyjność akustyczną, wynoszącą aż do 110 dB dla częstotliwości środkowych. Wymiana elastomerowych wibroizolatorów na sprężynowe umożliwiła zwiększenie izolacyjności akustycznej w zakresie małych częstotliwości, od 50 do 160 Hz, średnio o ponad 10 dB. Dla wyższych częstotliwości uzyskano podobne wartości D niezależnie od rodzaju wibroizolacji. Obserwowane kilkudecybelowe różnice w zakresie średnich i dużych częstotliwości, występujące dla wybranych pasm, wynikają prawdopodobnie z ograniczonej powtarzalności założenia pokrywek uszczelniających komory urządzenia.

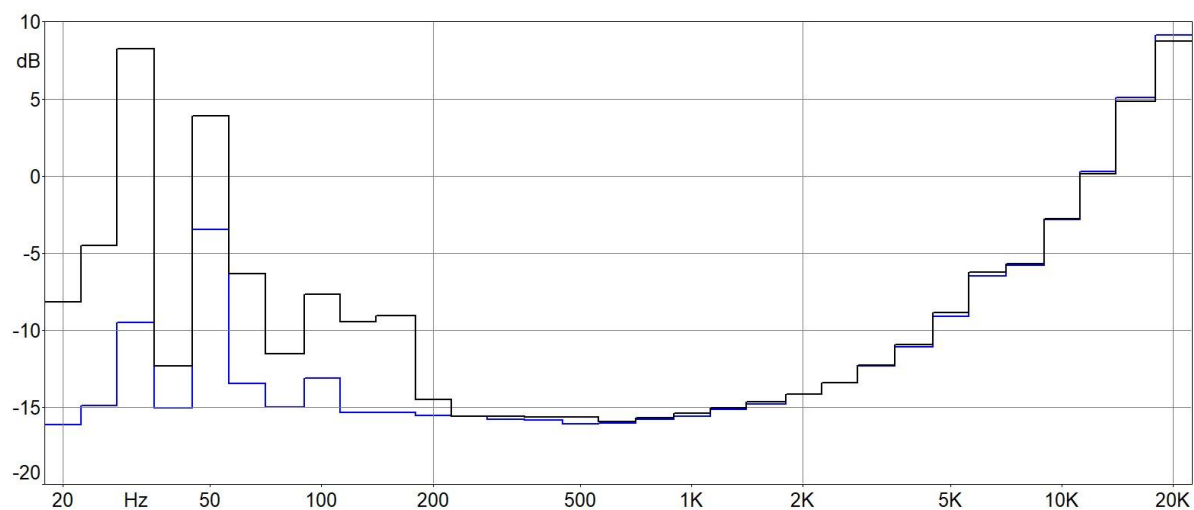
Na rysunku 3 przedstawiono z kolei zmierzony poziom uderzeniowy wewnątrz komory pomiarowej dla dwóch przypadków wibroizolacji: elastomerowej i sprężynowej. Na podstawie otrzymanych wyników można zauważyć średnio kilkunastodecybelowe obniżenie poziomu uderzeniowego w zakresie do 400 Hz. Jest to skutkiem wymiany systemu wibroizolacji na system wykorzystujący sprężyny. Szczególnie wyraźny wpływ wymiany wibroizolatorów ilustruje rysunek 5, na którym przedstawiono drgania zmierzone przy pobudzeniu podłoża stukaczem młotkowym, dla wibroizolatorów elastomerowych i sprężynowych. Na rysunku przedstawiono także skuteczność transmisji drgań z podłoża do zewnętrznej komory urządzenia, z przebiegu której można odczytać między innymi częstotliwość rezonansową f_r zastosowanego systemu wibroizolacji. W przypadku wibroizolatorów elastomerowych częstotliwość rezonansowa $f_{r,elastomer} = 16,4$ Hz, wibroizolatorów sprężynowych $f_{r,sprężyny} = 10,2$ Hz. Zastosowane wibroizolatory sprężynowe posiadają pianko-podobne wkładki tłumiące, co powoduje również zmniejszeniem dobroci dla układu wibroizolatorów sprężynowych. Dobroć układu wibroizolatorów sprężynowych jest mniejsza nawet od dobroci wibroizolatorów elastomerowych.

Na rysunku 4 zaprezentowano tło akustyczne zmierzone w komorze pomiarowej urządzenia, dla dwóch typów wibroizolacji. Wyniki te ilustrują obniżenie poziomu tła akustycznego w komorze w zakresie częstotliwości do 200 Hz. Poziom tła zmniejsza się od 3 dB nawet do 18 dB (pasmo 32 Hz).



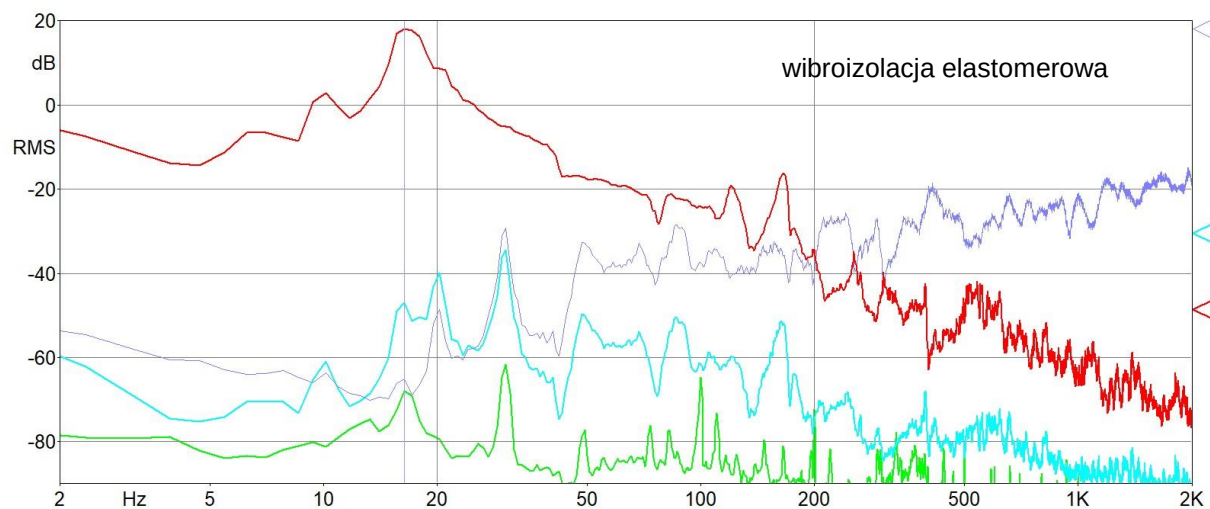
Rys. 3. Poziom uderzeniowy L_n : zielony – wibroizolacja elastomerowa;

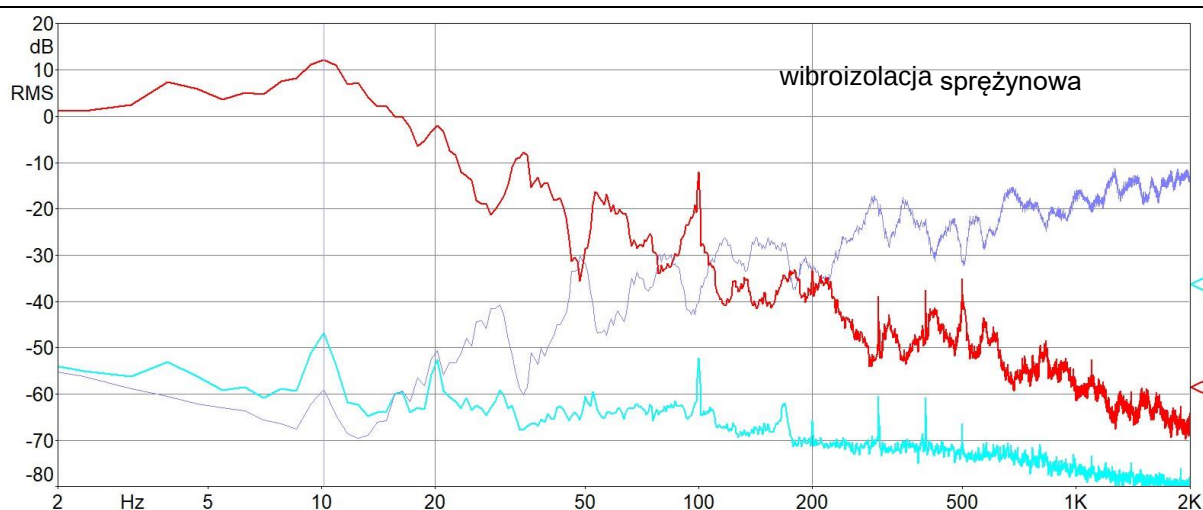
czarny – wibroizolacja sprężynowa; niebieski – tło



Rys. 4. Tło akustyczne we wewnętrznej komorze urządzenia: czarny – wibroizolacja elastomerowa;

niebieski – wibroizolacja sprężynowa

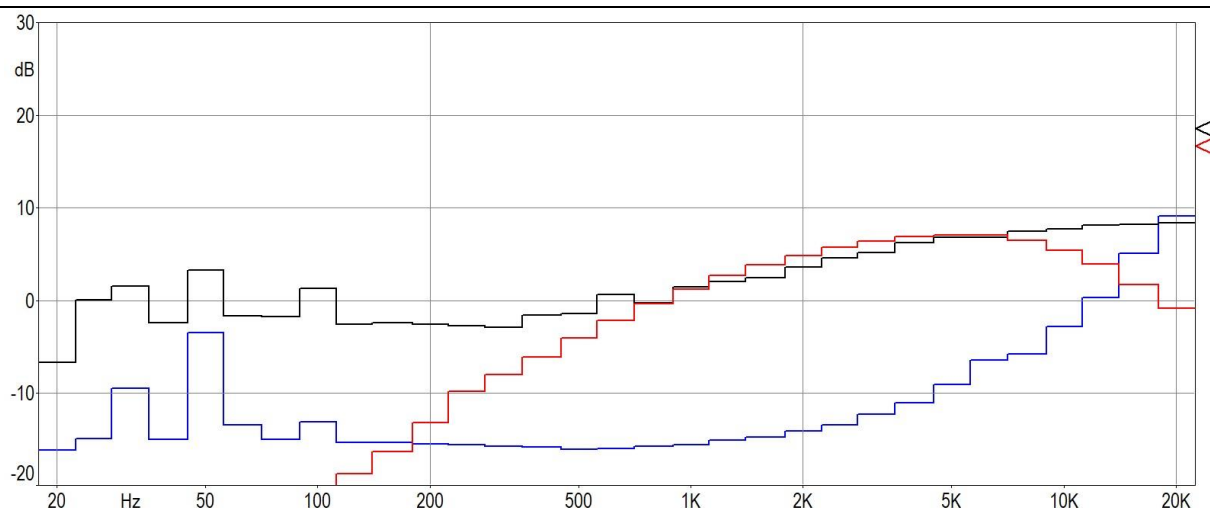




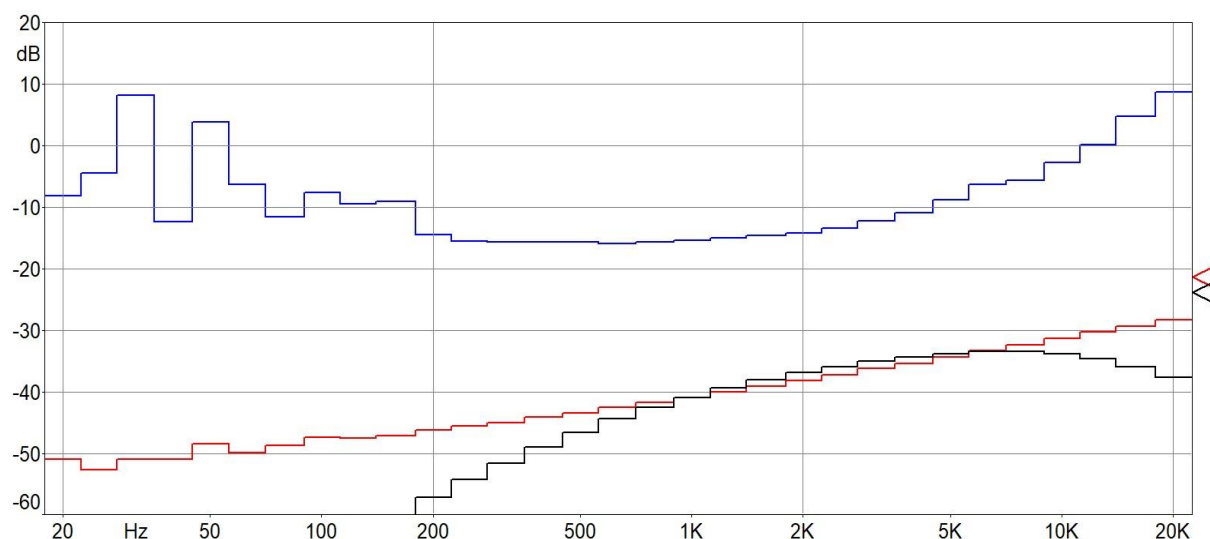
Rys. 5. Drgania zmierzone przy pobudzeniu stukaczem młotkowym dla wibroizolatorów elastomerowych (góra) i wibroizolatorów sprężynowych (dół): niebieski – czujnik na podłodze, cyjanowy – czujnik na zewnętrznej komorze; czerwony – transmisja drgań; zielony – tło drgań na zewnętrznej komorze urządzenia

Na rysunku 6 przedstawiono wynik pomiaru szumów własnych dwóch mikrofonów: GRAS 40AE + Svantek SV17 (klasyczny mikrofon pomiarowy klasy 1 stosowany do pomiarów z wykorzystaniem miernika poziomu dźwięku) oraz GRAS 40HF + 26HF + 12HF (zestaw niskoszumowy przeznaczony do pomiarów małych poziomów dźwięku). W przypadku mikrofonu GRAS 40AE można stwierdzić, że w badanym urządzeniu pomiarowym ustawionym w zwyczajnym pomieszczeniu w budynku można prawidłowo przeprowadzić ocenę szumów własnych tego mikrofonu. Natomiast dla mikrofonu niskoszumowego GRAS 40HF, nawet pomimo tak dużej izolacyjności akustycznej urządzenia (od 70 do 110 dB), pomiar jest zniekształcony przez niskoczęstotliwościowe zakłócenia zewnętrzne. Dokładniejsza analiza wyników, w szczególności z czujników drgań, wykazała, że zakłócenie te występują w postaci drgań na podłodze, konstrukcji budynku i przedostają się drogą materiałową do komory pomiarowej urządzenia.

Z przedstawionych na rysunku 6 wykresów można wnioskować, że wyniki uzyskane dla systemu niskoszumowego w zakresie powyżej 2 kHz wykazują obecność szumów o poziomach powyżej -5 dB, zatem większych, niż określone przez producenta w karcie katalogowej systemu pomiarowego wykorzystującego mikrofon GRAS 40HF. W celu wykluczenia wpływu na te wyniki zakłóceń samej kasety pomiarowej Apollo zmierzono jej szumy własne przy obciążeniu wejścia rezystancją 50 Ω (zalecane obciążenie przez producenta systemu). Pomiar wykonano na wejściu mikrofonowym o takiej samej czułości, jak dla mikrofonu GRAS 40HF (1V/Pa). Wyniki przedstawiono na rysunku 7. Pomiar wykazały, że zastosowana kasetka pomiarowa ma co najmniej o 20 dB mniejszy poziom szumów własnych, niż poziomy uzyskiwane w pomiarach z zastosowaniem systemu GRAS 40HF.



Rys. 6. Zmierzone szumy mikrofonów pomiarowych: czarny – GRAS 40AE + Svantek SV17; czerwony – GRAS 40AE + Svantek SV17 z ważeniem A; niebieski – GRAS 40HF + 26HF + 12HF



Rys. 7. Zmierzone szumy systemu pomiarowego Sinus Apollo przy obciążeniu wejścia rezystancją 50 Ω:
czerwony – Sinus Apollo bez ważenia, -21,4 dB; czarny – Sinus Apollo z ważeniem A, -23,8 dB A;
niebieski – GRAS 40HF + 26HF + 12HF, 5,3 dB A

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów i analizy parametrów akustycznych znormalizowanego urządzenia do pomiarów szumów własnych mikrofonów pomiarowych. Konstrukcja takiego urządzenia jest szczegółowo określona w normie opisującej wymagania dotyczące mikrofonów pomiarowych PN-EN IEC 60268-4, lecz w opisie brakuje informacji dotyczących jego parametrów wibroakustycznych, w tym jego izolacyjności akustycznej. W pracy określono izolacyjność akustyczną na dźwięki powietrzne i uderzeniowe, a także wybrane parametry wibracyjne takiego urządzenia pomiarowego. Dla zaproponowanej w normie konstrukcji uzyskuje się bardzo dużą izolacyjność akustyczną: powyżej 70 dB w zakresie małych i do 110 dB w zakresie średnich częstotliwości. Oznacza to możliwość wykorzystanie tego typu urządzenia do pomiarów parametrów mikrofonów nawet w zwykłych pomieszczeniach, bez konieczności stosowania specjalnych pomieszczeń o podwyższonej ochronie przeciwhałasowej. Niemniej jednak w takich pomieszczeniach należy weryfikować brak drgań

na podłodze pomieszczenia, konstrukcji budynku, w szczególności w zakresie częstotliwości 50-100 Hz, które mogą w istotny sposób wpłynąć na pomiar szumów własnych bez stosowania ważenia częstotliwościowego krzywą ważenia A.

LITERATURA

- [1] PN-EN IEC 60268-4:2019-01: Urządzenia systemów elektroakustycznych -Część 4: Mikrofony.
- [2] PN-EN ISO 16283-1: 2014+PN-EN ISO 16283-1: 2014-05/A1: Akustyka – Pomiary terenowe izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych.
- [3] PN-EN ISO 16283-2:2021-02: Akustyka – Pomiary terenowe izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 2: Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych.

ACOUSTIC PROPERTIES OF THE DEVICE USED TO MEASURE MICROPHONE INHERENT NOISE

Inherent noise is one of the most important acoustic parameters of measurement microphones. One of the possibilities to determine this parameter is to perform measurements in a special device that ensures a low level of acoustic background. An example of the design of such a device is given in the PN IEC 60268-4 standard, which describes the requirements for measurement microphones. Such a device, in simple terms, consists of two cylindershaped chambers (with a box-in-box construction) made of steel. The standard provides a precise description of the construction of such a device, however, it does not specify its acoustic parameters, for example, sound insulation.

This article presents the results of research on the acoustic properties of a device designed to measure the inherent noise of microphones. The acoustic insulation for airborne and impact sounds and the acoustic background in the internal chamber were measured. The tests were carried out for two types of device vibration isolation: cylindrical elastomer and spring vibration isolators. The noise level of selected measurement microphones was also measured. The scope of applicability and limitations of the system used for measuring the inherent noise of microphones are discussed.

ANALIZA WPŁYWU ROZMIESZCZENIA USTROJÓW ROZPRASZAJĄCYCH DŹWIĘK W AKUSTYCE MAŁYCH POMIESZCZEŃ Z WYKORZYSTANIEM ALGORYTMÓW OBLICZANIA STOPNIA ROZPROSZENIA POLA AKUSTYCZNEGO.

Maria BRZÓSKA¹ Bartłomiej CHOJNACKI¹ ¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków mbrzoska@student.agh.edu.pl

Poprawa warunków akustycznych w pomieszczeniu oraz zniwelowanie występujących w nim wad akustycznych, wymaga zastosowania różnorodnych ustrojów o właściwościach pochłaniających lub rozpraszających padające fale dźwiękowe. Pochłonięcie wczesnych, silnych odbić, które jako pierwsze docierają do słuchacza i znacząco wpływają na percepcję dźwięku, umożliwia ograniczenie skutków ich występowania i jest jednym z kluczowych zjawisk analizowanych w akustyce małych pomieszczeń (AMP). Nadmierna ilość materiałów absorpcyjnych może prowadzić do przesadnego wytlumienia pomieszczenia, a nawet powstania nowych wad akustycznych. Wykorzystanie ustrojów rozpraszających umożliwia poprawę akustyki w analizowanym wnętrzu przy jednoczesnej minimalizacji utraty energii akustycznej oraz zwiększeniu percepcji przestrzenności odbieranego dźwięku. Równocześnie, nie są znane skuteczne

metody określania jaka liczba ustrojów rozpraszających jest odpowiednia w kontekście poprawy przestrzenności dźwięku w pomieszczeniu.

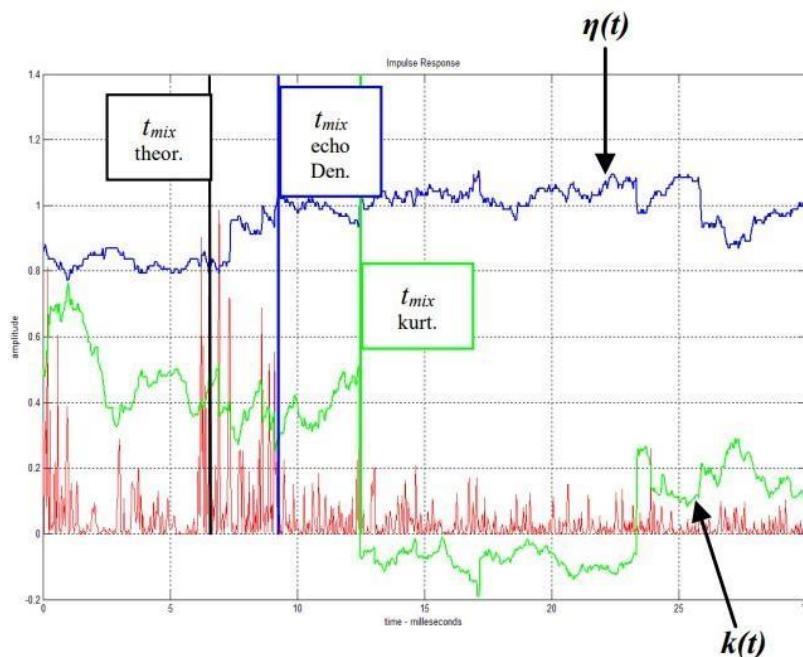
Koszt stosowania ustrojów rozpraszających jest wysoki, a parametry umożliwiające obiektywną ocenę skuteczności działania rozpraszacza w danym punkcie w pomieszczeniu – trudne do jednoznacznego zdefiniowania. Dotychczas w literaturze zaproponowano szereg narzędzi umożliwiających obiektywną ocenę stopnia rozproszenia pola akustycznego jednak opracowania te, w głównej mierze dotyczą pomieszczeń o dużych rozmiarach (typowo ponad 300 m³), takich jak sale koncertowe.

Większość pomieszczeń, obecnie wykorzystywanych do nagrywania, miksowania, czy produkowania muzyki, jest niewielkich rozmiarów. Małe pomieszczenia, w których założenia o rozproszeniu pola nie są spełnione oraz te, w których w szerokim zakresie częstotliwości mamy do czynienia ze zjawiskami falowymi, wymagają odrębnego podejścia. Do oceny stopnia rozproszenia pola w akustyce małych pomieszczeń konieczne jest zmodyfikowanie i zastosowanie odpowiednich poprawek, uwzględniających warunki akustyczne w nich panujące do dotychczas opracowanych algorytmów.

Celem niniejszej pracy była implementacja algorytmów zaproponowanych w literaturze do oceny stopnia rozproszenia pola wraz z poprawkami dla małych pomieszczeń. Badania objęły również analizę wpływu charakterystyki kierunkowości zastosowanego źródła dźwięku na otrzymane wyniki oraz ocena skuteczności działania rozpraszacza dźwięku w danej lokalizacji z wykorzystaniem opracowanych narzędzi.

W pomieszczeniu zamkniętym pole akustyczne uznaje się za rozproszone, gdy fale o przypadkowych fazach i jednakowych mocach docierają z równomiernie rozłożonych kierunków, a czas pogłosu oraz charakterystyka częstotliwościowa dla całego zakresu częstotliwości są równomiernie rozłożone w przestrzeni [1]. Kuttruff wykazał, że w warunkach rzeczywistych uzyskanie pola idealnie rozproszonego jest niemal niemożliwe [2]. Przedmiotem pracy była analiza stopnia rozproszenia pola akustycznego, gdyż ma to również związek z percepcyjnym aspektem dźwięku i jakością odczucia zjawiska przestrzenności dźwięku.

Zgodnie z definicją, pole można uznać za rozproszone, gdy rozkład ciśnienia akustycznego, w badanym fragmencie odpowiedzi impulsowej, przyjmuje rozkład Gaussa. Do oceny odchylenia od rozkładu normalnego, czyli jednocześnie od pola rozproszonego, wielu autorów wykorzystuje podstawowe wielkości statystyczne. W niniejszej pracy przeanalizowano zasadność zastosowania algorytmów opracowanych przez R. Stewarta i M. Sandlera [3] do małych pomieszczeń, którzy wykorzystali przebieg znormalizowanej kurtozy w czasie oraz J. Abela i P. Huanga, którzy opracowali sposób obliczania krzywej echo – density [4] do oceny stopnia rozproszenia pola.



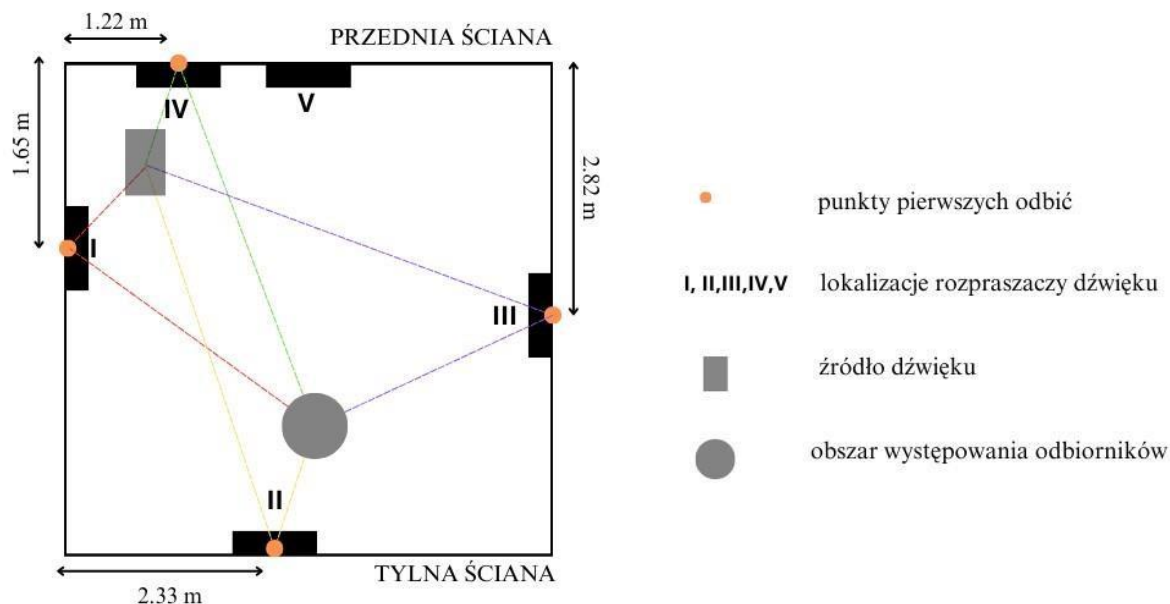
Rys. 1. Krzywa kurtozy $k(t)$ oraz echo – density $\eta(t)$ [5]

Kurtoza rozkładu normalnego wynosi 0, w związku z tym pierwszy moment w którym krzywa $k(t)$ osiągnie wartość 0 traktowany jest jako wartość parametru t_{mix} – przejście do pola rozproszonego. W przypadku parametru opracowanego przez J. Abela i P. Huanga wartość parametru t_{mix} określa pierwszy moment, gdy krzywa echo – density osiągnie wartość 1. Przebiegi krzywych przedstawiono na rysunku 1. Aby zweryfikować możliwość wykorzystania algorytmów do oceny stopnia rozproszenia pola małych pomieszczeń zaimplementowano je z wykorzystaniem oprogramowania MATLAB. W celu dostosowania algorytmów do pomieszczeń o małych rozmiarach, charakteryzujących się innymi właściwościami przyjęto następujące poprawki:

- Długość okna analizy dobrano na podstawie średniej drogi swobodnej w pomieszczeniu – dzięki temu wewnątrz analizowanego okna znajdowało się co najmniej kilka odbić
- Przefiltrowano zarejestrowane odpowiedzi impulsowe do zakresu działania rozpraszacza, w celu pominięcia wpływu zjawisk falowych na postać krzywej oraz ograniczenia analizy jedynie do zjawiska rozpraszania dźwięku

W niniejszej pracy stopień rozproszenia pola akustycznego określano na podstawie wartości opisywanej jako wskaźnik jednoliczbowy. Jego wartość przyjęto jako średnią wartość z przedziału od 2 ms odpowiedzi impulsowej do pierwszego momentu osiągnięcia przez krzywą wartości spodziewanej dla rozkładu normalnego, w celu pominięcia wpływu wahań wartości krzywej w okolicach wartości 1 lub 0 na wynik wskaźnika jednoliczbowego.

Analizowano małe pomieszczenie o wymiarach 5,46 m x 5 m x 3 m. Wyznaczono pięć punktów pomiarowych na obszarze okręgu. Zlokalizowano punkty pierwszych odbić w których następnie dokładano ustroje rozpraszające dźwięk, stopniowo zwiększając ilość powierzchni rozpraszającej, w zależności od analizowanego wariantu. Zarejestrowano odpowiedzi impulsowe po mieszczeniu, w różnych wariantach adaptacji z wykorzystaniem źródła wszechkierunkowego oraz kierunkowego w celu sprawdzenia wpływu zastosowanej adaptacji oraz źródła pomiarowego na otrzymane wyniki i postaci krzywych. Sytuację pomiarową przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wizualizacja sytuacji pomiarowej w analizowanym wnętrzu.

W pierwszym etapie, do badań wykorzystano źródło wszechkierunkowe, a odpowiedzi impulsowe uzyskiwano metodą sinusa przestrajanego. Zarejestrowano odpowiedź impulsową pustego pomieszczenia, traktowaną jako wariant kontrolny. Następnie stopniowo dokładano rozpraszacze dźwięku w punktach pierwszych odbić. Kolejnym krokiem było sprawdzenie wpływu wytlumienia przedniej lub tylnej ściany w pomieszczeniu, na otrzymane wyniki. Wykorzystano pianki akustyczne w płytach o wymiarach 100 cm x 50 cm x 10 cm. Analizowano dwa skrajne przypadki lokalizacji ustrojów pochłaniających. Zaczęto od pokrycia tylnej ściany piankami, w celu analizy wpływu silnego pochłaniania za słuchaczem na analizowany stopień rozproszenia pola. Następnie analogicznie jak w poprzednich wariantach, stopniowo dokładano rozpraszacze dźwięku w punktach pierwszych odbić. Kolejnym krokiem było pokrycie przedniej ściany piankami pochłaniającymi, dokładając ustroje rozpraszające w tylnej części pomieszczenia. W ostatnim etapie sprawdzono jak rodzaj zastosowanego źródła dźwięku wpływa na otrzymane wyniki. W tym celu zarejestrowano odpowiedzi impulsowe, generując sygnał z wykorzystaniem źródła kierunkowego. Opracowane narzędzia wraz z przyjętymi poprawkami umożliwiły analizę skuteczności działania rozpraszacza w zależności od jego lokalizacji w pomieszczeniu.

- [1] A. Kulowski, *Akustyka Sal Zalecenia projektowe dla Architektów*, Wydanie II. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2011.
- [2] H. Kuttruff, *Room Acoustics*, Spon Press, London, IV edycja, 2000.
- [3] J. S. Abel and P. Huang, *A Simple, Robust Measure of Reverberation Echo Density*, Audio Engineering Society Convention Paper 6985, San Francisco, USA, 2006

-
- [4] R. Stewart and M. Sandler, *Statistical measures of early reflections of rooms impulse responses*, Proc. Of the 10th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx – 07), Bordeaux, Francja, 2007
 - [5] L. Rizzi and G. Ghelfi, *Measuring Mixing Time in non-Sabinian Rooms: how scattering influences small-room responses*, Audio Engineering Society Convention Paper 8633 Budapeszt, Węgry, 2012.

WYZNACZANIE NIEPEWNOŚCI POMIARU WSPÓŁCZYNNIKA POCHŁANIAŃ DŹWIĘKU W KOMORZE POGŁOSOWEJ W SKALI

Aleksandra Chojak, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej w skali wykorzystywany jest przede wszystkim do identyfikacji materiałów wykorzystywanych w modelach redukcyjnych wnętrz. Z drugiej strony, pomiary w komorze pogłosowej w skali wykonuje się również do badania wariantowości ustrojów, po znalezieniu ich odpowiedników w skali, zmniejszając istotnie czas i zasoby konieczne do przeprowadzania badań i prototypowania nowo powstających rozwiązań. W związku z tym, konieczna jest znajomość dokładności wykonywanych pomiarów, a więc określenie budżetu niepewności pomiaru. Metodyka pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej w skali opiera się na procedurze opisanej normą ISO 354, co oznacza, że jest to pomiar pośredni, a zatem końcowa wartość niepewności nie zależy wprost od niepewności mierzonych wartości. W referacie przedstawiono sposób wyznaczania niepewności pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej w skali 1:8 za pomocą metody propagacji rozkładów. Przeprowadzono również analizę wrażliwości niepewności pomiaru na kolejne parametry wejściowe, takie jak czas pogłosu komory pogłosowej z próbką i bez próbki, warunki atmosferyczne i wymiary próbki. Uzyskane wyniki analiz wskazują, że pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej w skali charakteryzuje się niepewnością porównywalną do wyników pomiarów według normy ISO 354.

IMPROVING THE VOWEL CLASSIFICATION ACCURACY USING VARYING SIGNAL FRAME LENGTH

Stanisław GMYREK¹, Robert HOSSA¹

1 Department of Acoustics, Multimedia and Signal Processing, Wrocław University of Science and Technology, Janiszewskiego 11/17, 50-372 Wrocław, Poland.

Corresponding author: Stanisław GMYREK, email: stanislaw.gmyrek@pwr.edu.pl

Abstract The parts of speech influenced by glottal pulse excitation, the vocal tract, and the speaker's lips shape the voiced components of the speech signal. On the other hand, semantic information in speech is primarily shaped by the vocal tract. However, the irregularity of the glottal excitation's periodicity contributes to a significant dispersion of the parameterization coefficients, introducing fluctuations into the amplitude spectrum. This study proposes a technique to mitigate the impact of this irregularity on the feature vector. It involves using a variable signal frame length synchronized with the fundamental period T_0 and averaging amplitude spectra over a single period to minimize noise

effects, smooth out the characteristics, and reduce the estimator variance. By utilizing the derived HFCC parameters, statistical models representing individual Polish vowels were created using mixtures of Gaussian distributions. Additionally, the impact of these correction concepts on the classification accuracy of speech frames containing Polish vowels was examined.

CALCULATING ROOM ACOUSTIC PARAMETERS FROM SPATIAL IMPULSE RESPONSES

Maciej Jasiński, Jan Żera, Politechnika Warszawska

Spatial impulse responses recorded using ambisonic technology provide a detailed, three-dimensional description of the acoustic field within a room. Ambisonic signal processing enables the determination of commonly used room acoustic parameters, such as those described in the ISO 3382-1 standard: T30, EDT, C50, C80, and IACC, using a single transducer in the form of a spherical microphone array. This study presents the results of measurements of both the aforementioned parameters and spatial reflection analysis, conducted using a spherical microphone array. The findings from three acoustically distinct rooms: a medium-sized recording studio, a corridor, and a concert hall, were analysed. The results demonstrate the efficacy of ambisonic technology in measuring room acoustic parameters.

Keywords: room acoustics, ambisonics, spatial impulse response, acoustical measurements

WNĘTRZA O NIESTANDARDOWEJ GEOMETRII - PRZYKŁAD ADAPTACJI AKUSTYCZNEJ

Tadeusz KAMISIŃSKI ¹, Karolina PODGÓRNIA ², Jarosław RUBACHA ³

1,2,3Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,

Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

1kamins@agh.edu.pl 2pkarolina@student.agh.edu.pl

3jrubacha@agh.edu.pl

Podczas projektowania adaptacji akustycznej wnętrz o niestandardowej geometrii często spotykamy okazję do rozważań na temat niekorzystnych zjawisk zaburzających prawidłową percepcję dźwięku. Wyznacznikami są zazwyczaj przewidywane funkcje pomieszczenia, oczekiwane parametry akustyczne oraz sposób nagłośnienia. W referacie przedstawiono wybrane wyniki badań akustycznych modelowych i doświadczalnych dwóch pomieszczeń sprzężonych powstałych przez podział poziomy hali, gdzie jedno z nich zachowało łukowe sklepienie. Biorąc pod uwagę potrzebę przystosowania większego wnętrza do realizacji małych form muzycznych, widowisk oraz spotkań, podjęto próbę korekty wad akustycznych, a wręcz wykorzystania niekorzystnej wklęsłości sufitu do wsparcia pierwszego odbicia dźwięku. W podsumowaniu wskazano również na propozycje materiałowe umożliwiające realizację proponowanych rozwiązań.

THE ACOUSTIC PERFORMANCE OF THE DIFFERENT TYPES OF PLENUM BOXES FOR CEILING PANELS

Joanna Maria KOPANIA ², Kamil WÓJCIAK ¹, Patryk GAJ ³, Grzegorz BOGUSŁAWSKI ⁴

1 Lodz University of Technology, Żeromskiego 116, 90-924 Lodz, Poland, ORCID: 0000-0001-9162-6479

2 Institute of Power Engineering, Mory 8, 01-330 Warsaw, Poland, ORCID: 0000-0002-3672-1788

3 Institute of Power Engineering, Mory 8, 01-330 Warsaw, Poland, ORCID: 0000-0001-6436-3466

4 Lodz University of Technology, Żeromskiego 116, 90-924 Lodz, Poland, ORCID: 0000-0001-7501-2573

Corresponding author: Joanna Maria KOPANIA, email: Joanna.kopania@p.lodz.pl

Abstract HVAC systems and equipment generate sound at all frequencies and power levels. Now, HVAC equipment is often located closer to the building occupants. For this reason, sound from this equipment is critical to the success of new building designs and to the comfort of life and work of people who stay there. The "air terminals" are always mounted in the ceilings of rooms, so they are a source of noise for humans. The present paper deals with the aerodynamic noise generated by two types of side-entry plenum boxes designed for ceiling diffusers in HVAC systems. In the anechoic room, we studied the aeroacoustical parameters of these plenum boxes at low-to-moderate Reynolds numbers, along with two different ceiling diffuser panels. Furthermore, we conducted flow tests using a fast camera to monitor the airflow from the plenum box's outlet.

Keywords: plenum box, ceiling diffuser, HVAC, noise, aeroacoustic

FALE AKUSTYCZNE W MORZU I ICH ZASTOSOWANIE

Eugeniusz Kozaczka, Politechnika Gdańska

Przedstawiono wyniki badań własnych wykonywanych w okresie kilku dekad i zawiera wyniki wykorzystania fal akustycznych w badaniach morza oraz dane pomiarów hałasów podwodnych wytwarzanych przez obiekty poruszające się w morzu. Szczególną uwagę skupiono na wykorzystaniu źródeł fal parametrycznych do badania dna morskiego.

INNOWACYJNE PODEJŚCIE DO POMIARÓW IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ METODĄ NATĘŻENIOWĄ W KOMORZE SEMI-BEZECHOWEJ.

Autorzy: Michał Kozupa*, Grzegorz Kmita*, Tadeusz Wszolek**, Dominik Mleczo**, Bartosz Chmielewski***

*Hitachi Energy Research

** KMiW, AGH Kraków

*** KFB Acoustics, SP z O.O.

Pomiary izolacyjności akustycznej są zazwyczaj wykonywane w zespole komór pogłosowych, gdzie próbka badawcza umieszczona jest w oknie pomiarowym pomiędzy komorami. Metoda ta opiera się na pomiarach poziomu ciśnienia akustycznego w akustycznym polu rozproszonym w komorach nadawczej i odbiorczej, co pozwala na wyznaczenie izolacyjności akustycznej całej przegrody. Jednak nie umożliwia ona określenia zróżnicowania przestrzennego pola akustycznego, potencjalnych przecieków akustycznych, charakterystyki kierunkowej czy obszarów o większym promieniowaniu akustycznym. Alternatywną metodą jest metoda natężeniowa, która umożliwia uzyskanie takich informacji, ale nie w warunkach pola rozproszonego. W celu wykorzystania metody natężeniowej zaproponowano zaprojektowanie, zbudowanie i umieszczenie komory semi-bezechowej w komorze odbiorczej zespołu komór. Wprowadzenie w komorze odbiorczej, semi-bezechowej, ścian o wysokim współczynniku pochłaniania oraz o określonej izolacyjności akustycznej powoduje zmianę warunków akustycznych z pogłosowych na bardziej bezechowe. Tym samym dodatkowa komora semi-bezechowa zapewnia uzyskanie wymaganego według normy EN ISO 15186-1 powierzchniowego wskaźnika pola oraz tła akustycznego. W artykule opisano konstrukcję takiej komory zmieniającej warunki pola akustycznego po stronie odbiorczej, przedstawiono także wyniki pomiarów jej parametrów oraz sposób wykorzystania do określenia izolacyjności akustycznej metodą natężeniową.

MODEL RÓŻNIC SKOŃCZONYCH POGŁOSU PŁYTOWEGO Z WYKORZYSTANIEM POBUDZEŃ RÓŻNEGO TYPU ORAZ POMIARU PRZEMIESZCZEŃ

Marta KUCEJKO¹ Adam KORYTOWSKI² Michał KMIECIK³

Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. Mickiewicza 30, Kraków

¹ kucejko@agh.edu.pl

² adamkor@agh.edu.pl

³ mkmiecik@agh.edu.pl

Modelowanie metodą różnic skończonych znajduje zastosowanie w elektroakustyce, gdzie istotne jest posiadanie dokładnych modeli w związku z potrzebą przewidywania wyników eksperymentów. Ma to duże znaczenie dla projektowania i analizy systemów dźwiękowych. Tradycyjne metody modelowania, takie jak metoda różnic skończonych, są powszechnie stosowane do przewidywania zachowań akustycznych struktur płytowych. Jednakże, dokładne dobranie parametrów modeli na podstawie danych eksperymentalnych stanowi wyzwanie, ze względu na złożoność zjawisk wpływających na odpowiedź impulsową płyty. W niniejszym referacie skupiono się na problemie dobrania parametrów modeli różnic skończonych na podstawie pomiarów przemieszczeń. Metoda ta zestawiona jest z wynikami rejestracji odpowiedzi impulsowej płyty przy pomocy mikrofonu. Ponadto, przeanalizowano dwie metody pobudzenia impulsową przez uderzenie oraz za pomocą wzbudnika elektrodynamicznego. Przeprowadzony eksperyment wykazuje, że uwzględnienie pomiarów przemieszczeń pozwala na uproszczenie procedury strojenia modelu różnic skończonych do fizycznego odpowiednika.

WPROWADZENIE

Pogłos jako jedno z najważniejszych zjawisk akustycznych, jest szeroko stosowany w inżynierii dźwięku, pełniąc rolę narzędzia pozwalającego kreować wrażenia przestrzenne oraz zwiększając atrakcyjność sygnału akustycznego [1]. Istnieje wiele metod syntezy sztucznego pogłosu, w tym techniki wykorzystujące cechy fizycznych struktur, takich jak sprężyny czy płyty [2, 3]. Jedną z najważniejszych ról w tej dziedzinie odgrywają płyty pogłosowe, będąc jednym z

najpopularniejszych efektów tego typu przed erą cyfrową. Przykładem jednego z najważniejszych urządzeń tego rodzaju jest pogłos płytowy EMT 140 firmy Elektromesstechnik [2, 3]. Choć obecnie większość efektów pogłosu płytowego jest realizowana cyfrowo [4, 5], badania nad fizycznymi urządzeniami nadal są aktualnym tematem [2, 6, 7, 8], ponieważ w literaturze brakuje informacji na temat tego, jak dokładnie drgania obiektu przekładają się na sygnał akustyczny odbierany z płyty. Takie badania wymagają przeprowadzania wielu eksperymentów fizycznych. Dlatego istnieje potrzeba opracowania dokładnego modelu numerycznego, który umożliwi przewidywanie, jak zmiany w drganiach płyty wpłyną na odbierany sygnał akustyczny, co pozwoli ograniczyć liczbę koniecznych eksperymentów z użyciem fizycznego urządzenia. W niniejszej pracy podejmowana jest próba stworzenia takiego modelu po wcześniejszym przeprowadzeniu eksperymentu pobudzając płytę impulsowo oraz sygnałami akustycznymi, a następnie symulację takich też wymuszeń w modelu. Wśród dostępnych metod, modele różnic skończonych wyróżniają się możliwością łatwego uzyskania wielu symulacji, w tym z różnych punktów odczytu. Pomiar płyt pogłosowych przeprowadzane są typowo za pomocą rejestracji sygnału akustycznego z mikrofonu lub pomiar prędkości używając przytwierdzonego do płyty akcelerometru. Strojenie modeli różnic skończonych pod sygnał prędkości jest jednak problematyczne ze względu na wysokoprzepustową charakterystykę otrzymanego na wyjściu z modelu sygnału. Wynika to z faktu, że różniczkowanie przemieszczeń w celu uzyskania prędkości usuwa składową stałą sygnału. W efekcie, otrzymany sygnał akustyczny musi być poddawany filtracji dolnoprzepustowej o charakterystyce trudniej do określenia. Pomiar przemieszczeń za pomocą laserowego miernika przemieszczeń pozwala na uzyskanie sygnału będącego bezpośrednim odwzorowaniem drgań płyty. Ponadto, modele różnic skończonych typowo operują właśnie na przemieszczeniach w swych obliczeniach. Zestawienie danych eksperymentalnych z sygnałem przewidzianym przez model pozostawia nadzieję na prostsze strojenie i dostosowywanie modeli różnic skończonych dla płyt pogłosowych.

POMIARY

Przeprowadzone zostały pomiary mające na celu uzyskanie próbek dźwiękowych do wykorzystania w modelowaniu korzystając z metody różnic skończonych. W celu wykonania pomiarów zbudowane zostało stanowisko pomiarowe, które pozwalało na pobudzanie płyty impulsowo i sygnałami akustycznymi oraz na rejestrację jej drgań. W eksperymencie została wykorzystana cienka stalowa płyta o grubości 0,5 mm, zwykle wykorzystywanej w tego typu zastosowaniach [9]. Płyta została umieszczona w drewnianej ramie na hakach pozwalających płycie wisieć swobodnie (Rys. 1, 2). Przy pobudzaniu płyty sygnałami akustycznymi wykorzystany został przetwornik elektrodynamiczny (Visaton EX 80s, 8 Ohm, 50 W), przy rejestracji drgań płyty – kontaktowy mikrofon pojemnościowy (AKG C 411 L, 200 Ohm, 2mV/Pa) (Rys. 3). W pomiarach płyta była pobudzana trzema rodzajami wymuszeń: impulsowym, szumem białym oraz sinusem przestrajonym w zakresie częstotliwości 2020000Hz. Typy sygnału zostały wybrane w celu posiadania kilku różnych punktów odniesienia w modelowaniu, jednocześnie posiadając jako wzbudzenie sygnał akustyczny jako docelowe wymuszenie dla tego typu urządzeń, gdzie pobudzenie zwykle wykonywane jest sygnałem zawierającym muzykę lub mowę. Punkty wzbudzenia oraz rejestracji sygnałów (Rys. 4) zostały wybrane biorąc pod uwagę rozkład linii węzłowych płyty, gdzie, według analizy matematycznej, węzły nie występują. Miało to na celu spowodowanie, aby sygnały posiadały maksymalnie dużą liczbę modów.

Wysokość płyty	1300 mm
Szerokość płyty	1000 mm
Grubość płyty	0,5 mm
Moduł sprężystości	200 GPa
Współczynnik Poissona	0,3

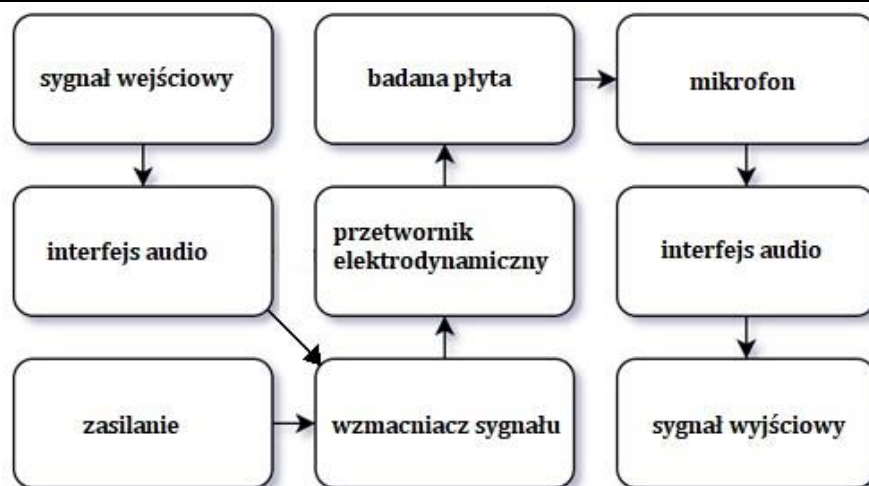
Tabela 1. Parametry płyty wykorzystanej w pomiarach



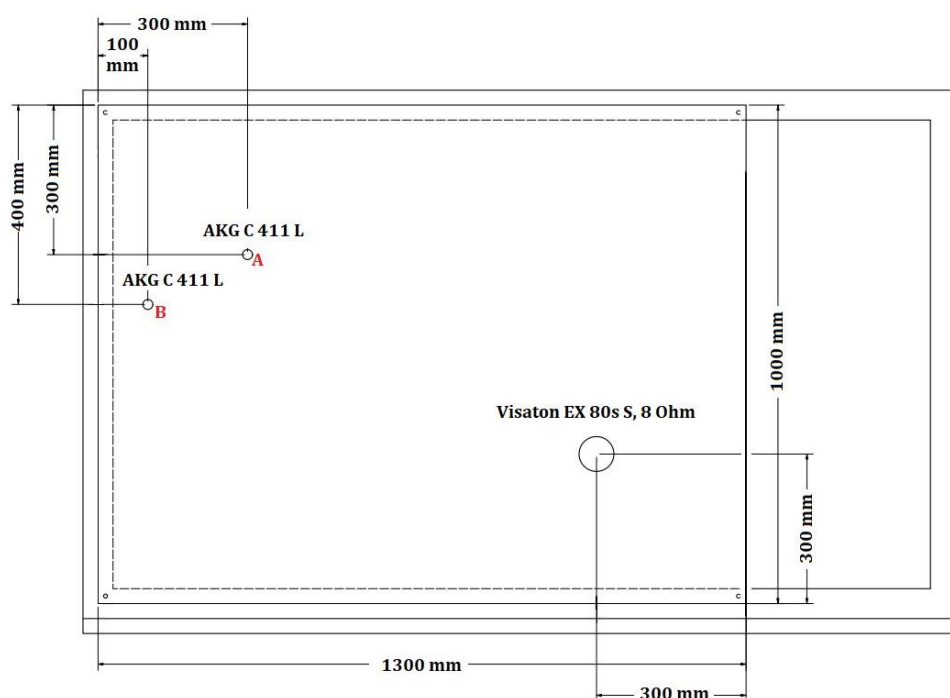
Rysunek 1. Zawieszenie płyty w stanowisku pomiarowym



Rysunek 2. Płyta wykorzystana w pomiarach z zamocowanym przetwornikiem elektrodynamicznym oraz mikrofonem kontaktowym.

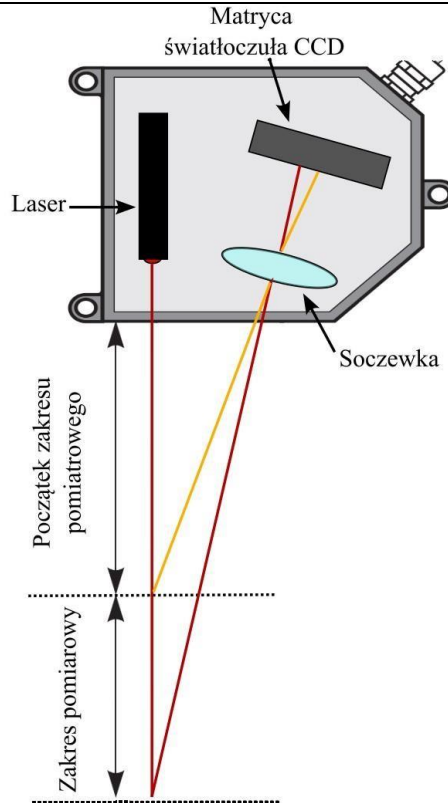


Rysunek 3. Ścieżka sygnału w stanowisku pomiarowym



Rysunek 4. Wymiary płyty oraz lokalizacja punktów wzbudzenia i odczytu sygnału

W celu rejestracji sygnału przemieszczenia jednego z punktów płyty wykorzystano laserowy triangulacyjny czujnik odległości Micro-Epsilon ILD2300-50 o zakresie pomiarowym 50 mm, częstotliwości pomiaru 49,14 kHz i rozdzielczości 0,8 μm . Wykorzystany czujnik w przeciwieństwie do wibrometrów czy akcelerometrów mierzy przemieszczenie a nie prędkość czy przyspieszenie. Zasada działania wspomnianego czujnika przemieszczenia została przedstawiona na (Rys. 8). Umieszczenie punktu pomiaru odpowiadało umiejscowieniu mikrofonu, co zapewnia koincydencje pomiarów pod względem rozkładu linii węzłowych płyty.



Rysunek 5. Zasada działania laserowego triangulacyjnego czujnika odległości

L MODEL

Metoda różnic skończonych jest jednym z podstawowych narzędzi służących do modelowania drgań płyt. Konkretny model, który został zastosowany w niniejszym badaniu jest jednym z przykładów kodu autorstwa Stefana Bilbao [10]. Model ten bazuje na prostym schemacie różnic skończonych dla płyt Kirchhoffa, używając pięciopunktowego schematu różnicowego dla siatki prostokątnej:

$$\sigma_{tt}u = -\kappa 2\sigma_{\Delta\Box,\Delta\Box}u \quad (1)$$

Gdzie: δ_{tt} – operator różnicowy drugiego rzędu dla czasu, $= \delta_{t+}\delta_{t-}$ u – funkcja siatki κ – parametr sztywności

$\delta_{\Delta\Box,\Delta\Box}$ - biharmoniczny operator różnicowy

Po rozszerzeniu funkcji siatki $u_{l,m}^n$ poprzez równomierny odstęp między węzłami siatki przestrzennej h w obu wymiarach, schemat może być zapisany:

$$\begin{aligned} u_{ln,m+1} = & (2 - 20\mu_2)u_{ln,m} + 8\mu_2(u_{ln,m+1} + u_{ln,m-1} + u_{ln+1,m} + u_{ln-1,m}) \\ & - 2\mu^2(u_{l+1,m+1} + u_{l+1,m-1} + u_{l-1,m+1} + u_{l-1,m-1}) \end{aligned} \quad (2)$$

$$-\mu 2(u_{ln,m+2} + u_{ln,m-2} + u_{ln+2,m} + u_{ln-2,m}) - u_{ln,m-1}$$

Gdzie parametr schematu μ jest definiowany jako zależność:

$$\mu = \frac{\kappa k}{h^2} \quad (3)$$

Gdzie: k – krok
czasowy (s)

h – odstęp siatki

Aby spełnić warunek stabilności von Neumanna, parametr μ musi spełniać kryterium:

$$\mu < \frac{1}{4} \quad (4)$$

Zastosowana implementacja metody różnic skończonych zapewnia symulację drgań cienkiej płyty z tłumieniem, interpolacją zerowego rzędu i wzbudzeniem impulsowym. Kod modelu został więc zmodyfikowany, aby lepiej oddawać stanowisko pomiarowe i warunki eksperymentu. Na modyfikacje te złożyło się dostosowanie parametrów fizycznych płyty (takich jak wymiary i właściwości materiałowe), co umożliwiło wyznaczenie odstępów w siatkach przestrzennych i czasowych.

Wzbudzenie impulsowe zostało przybliżone za pomocą sygnału typu podniesiony cosinus (ang. *raised cosine*) w punkcie na siatce o określonej szerokości. Dla scenariusza, gdzie płyta była wzbudzona sygnałem akustycznym, kolejne próbki sygnału są podawane w lokalizacji wzbudzenia, gdy wyliczane są kolejne wartości odczytu sygnału wyjściowego w czasie trwania symulacji.

Następną modyfikacją było odzwierciedlenie rzeczywistego stanowiska pomiarowego poprzez dostosowanie warunków brzegowych w modelu. Zamocowanie płyty do ramy za pomocą haków w dwóch górnych narożnikach zostało przybliżone poprzez warunki brzegowe swobodnie podparte w dwóch punktach. Nieciągłość w postaci wywierconych w płycie otworów, aby zamocować haki została pominięta. W przypadku tego modelu zostało to zrealizowane poprzez wymuszenie stałej wartości przemieszczenia dla krańcowych indeksów pierwszego rzędu siatki przestrzennej:

$$u = \sigma_{xx}u = 0 \quad (5)$$

Jako że omawiany model różnic skończonych operuje na przemieszczeniach, dodane zostały obliczenia prędkości przy pomocy aproksymacji pochodnych przemieszczeń względem czasu.

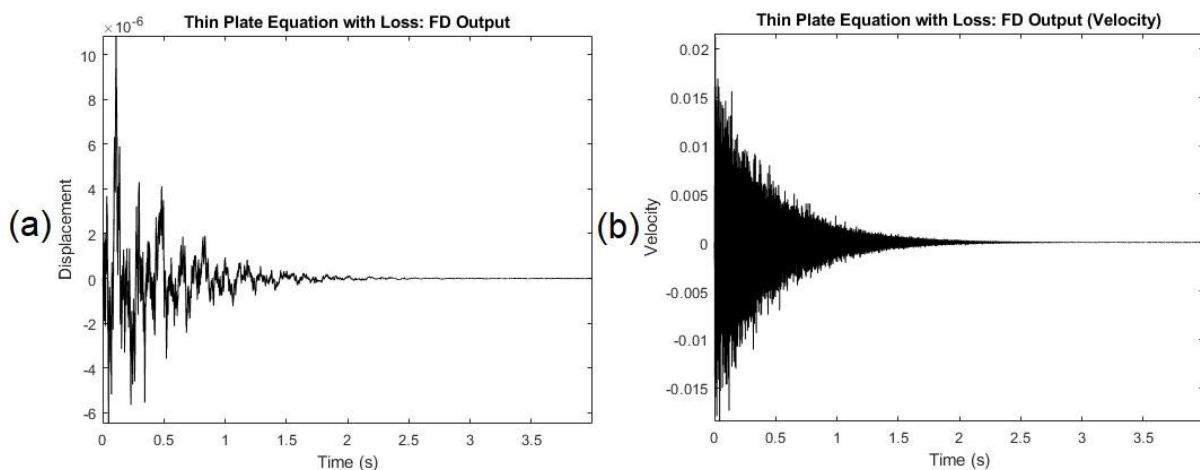
Pozwoliło to na porównanie zarówno przemieszczeń jak i prędkości z rzeczywistymi danymi pomiarowymi i przeprowadzenie analizy działania modelu z dwóch różnych perspektyw.

WYNIKI

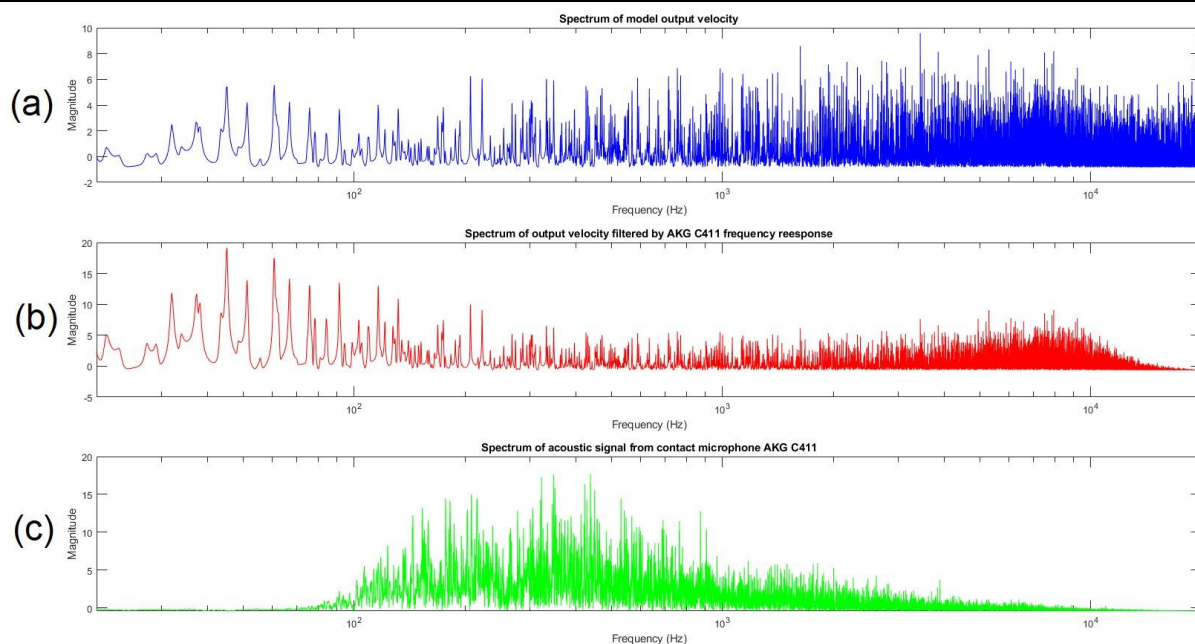
Przebieg wyjściowy modelu wyliczony dla przemieszczeń cechuje niemal szumowa charakterystyka, co jest typowe dla modeli różnic skończonych dla płyt pogłosowych (Rys. 6 a, b). Właściwość ta widoczna jest również na widmach prędkości (Rys. 7a), w których pojawia się wiele składowych częstotliwościowych, zwłaszcza w górnym paśmie. Przebieg prędkości wyliczony z modelu został poddany filtracji dolnoprzepustowej (Rys. 7b), w której filtr został zaprojektowany, aby przypominać charakterystykę częstotliwościową zastosowanego mikrofonu AKG C411[11] (Rys. 7c). Operacja ta jest konieczna ze względu na wysokoprzepustową charakterystykę przebiegu przyspieszeń, która jest wynikiem różniczkowania przebiegu przemieszczeń i konsekwencją usunięcia składowej stałej sygnału. Sygnał po filtracji jest bardziej zbliżony rozkładem i brzmieniem do nagrania zarejestrowanego przez mikrofon, niż surowy wynik z modelu.

Porównanie przemieszczeń wyliczonych w modelu (Rys. 8a) do wyników pomiaru (8b) jest prostsze. Otrzymanych z modelu wyników nie trzeba filtrować, aby ocenić dopasowanie do wyników fizycznego eksperymentu i jego odzwierciedlenie rzeczywistości. Ponadto, przebiegi przemieszczeń są znacznie mniej zaszumione w porównaniu do prędkości. Załączone wykresy dla przebiegów przemieszczeń przedstawiają wyłącznie niskie pasmo częstotliwości 20-250Hz, ponieważ zarówno model jak i pomiar zawierają koncentrację widma w tym przedziale. Udział wyższych częstotliwości jest w tych sygnałach marginalny.

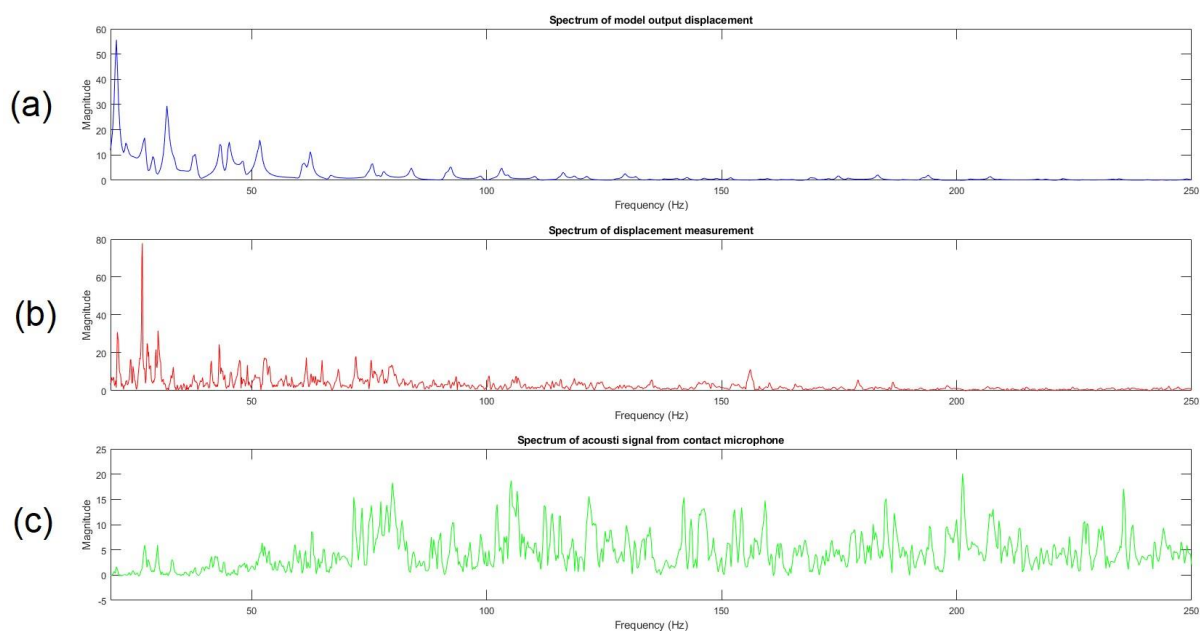
Pod względem dopasowania modelu do rzeczywistości, model dość dobrze odzwierciedla rzeczywistość, szczególnie pod kątem rezonansów, które są zlokalizowane w zbliżonych częstotliwościach (z niewielkimi przesunięciami o ułamki herców). Największe rozbieżności dotyczą amplitudy poszczególnych rezonansów, które nie w pełni pokrywają się z pomiarami.



Rysunek 6. Porównanie przebiegów wyjściowych modelu w czasie dla wzbudzenia impulsowego, punkt wzbudzenia $x = 0.1$ m i $y = 0.4$ m od lewego górnego rogu, punkt odczytu przebiegu $x = 0.3$ m, $y = 0.3$ m od prawego dolnego rogu (a) Przebieg przemieszczenia (b) Przebieg prędkości



Rysunek 7. Porównanie widm prędkości odpowiedzi impulsowej płyty w paśmie 20-20000Hz (a) Widmo prędkości wyliczonych przez model (b) Widmo prędkości wyliczonych przez model po filtracji dolnoprzepustowej (c) Widmo sygnału akustycznego zarejestrowanego przez mikrofon kontaktowy



Rysunek 8. Porównanie widm przemieszczeń odpowiedzi impulsowej płyty w paśmie niskich częstotliwości (0-250Hz) (a) Widmo przemieszczeń wyliczonych przez model (b) Widmo laserowego pomiaru przemieszczeń (c)

Widmo sygnału akustycznego zarejestrowanego przez mikrofon kontaktowy

DYSKUSJA

Na podstawie przedstawionych wyników, do przygotowania i dostrojenia modelu różnic skończonych łatwiej było korzystać z pomiaru przemieszczeń, niż zarejestrowanego mikrofonem sygnału akustycznego. Dzięki pomiarom laserowym udało się uzyskać model, który dobrze odzwierciedla rzeczywistość i rozkład rezonansów badanej płyty. Drobne rozbieżności można wytłumaczyć niedoskonałością materiałową fizycznej płyty w porównaniu do wyidealizowanego komputerowego modelu, a także przybliżeniem, jakie zostało zastosowane w symulacji warunków brzegowych przez pominięcie otworów w płycie. Wielką zaletą pomiaru przemieszczeń w kontekście dostosowywania modelu okazała się precyzja i nieduże zaszumienie, a także brak konieczności filtracji wyniku. Przyspiesza to znacznie pracę nad modelem i zwiększa wygodę w porównaniu do stosowania prędkości. Niweluje to również problem doboru charakterystyki filtra dolnoprzepustowego do tej operacji. Według Bilbao [10] im cieńsza jest płyta, tym mniejsza jest możliwość kontroli wyników modelu różnic skończonych, co szczególnie istotne jest dla płyt pogłosowych, typowo charakteryzujących się niewielką grubością. Powoduje to jednak, że wierność symulacji w wysokich pasmach może być zmniejszona w stosunku do niższych rejestrów. Zjawisko to może być więc potęgowane, gdy operujemy na prędkościach. Widmo sygnału przemieszczenia, jak i gęstość widmowa mocy otrzymana z modelu mają znacznie wyższe wartości dla niskich częstotliwości. Pozwala to na precyzyjne dopasowanie modelu do rzeczywistości. Jest to szczególnie korzystne, gdy zestawimy te przebiegi z zarejestrowanym mikrofonem sygnałem, który ze względu na charakterystykę urządzenia nie jest w stanie tak dobrze oddać częstotliwości w dolnym paśmie słyszalności. W badaniach płyt pogłosowych cenne są informacje o drganiach w pasmach niesłyszalnych przez człowieka, co modele są w stanie przewidzieć, a miernik przemieszczeń zmierzyć w odróżnieniu od standardowych mikrofonów.

Rejestracja odpowiedzi impulsowej płyty pogłosowej za pomocą mikrofonu pojemnościowego, choć łatwo dostępna, nie jest w pełni odpowiednia do eksperymentów polegających na strojeniu modelu różnic skończonych. Po pierwsze, sygnał zarejestrowany przez mikrofon zawsze będzie w pewnym stopniu zaszumiony, ponieważ oprócz odpowiedzi płyty mikrofon rejestruje również tło oraz inne dźwięki z otoczenia. Po drugie, mikrofon nie mierzy bezpośrednio ani przemieszczeń, ani prędkości, co utrudnia kalibrację modelu na podstawie takich danych. W porównaniu z mikrofonem, laserowy miernik przemieszczeń jest znacznie bardziej miarodajnym narzędziem, zapewniającym dokładniejsze i bardziej precyzyjne pomiary przemieszczeń, które są kluczowe dla dokładnego strojenia modelu różnic skończonych. W przyszłych eksperymentach należałoby zestawzić więc skuteczność pomiarów przemieszczeń z pomiarem przyspieszeń akcelerometrem przytwierdzonym bezpośrednio do płyty. Pozwoli to na porównanie skuteczności obu tych metod.

LITERATURA

- [1] Paulus, J., Uhle, C., Herre, J., & Höpfel, M. (2016, January). A study on the preferred level of late reverberation in speech and music. In Audio Engineering Society Conference: 60th International Conference: DREAMS (Dereverberation and Reverberation of Audio, Music, and Speech). Audio Engineering Society.
- [2] The Remarkable EMT140 Plate Reverb from 1957. <https://www.vintagedigital.com.au/emt-140-platereverb/> (access 07 VI 2024)
- [3] EMT Plate Reverberation Technical Instructions; Miscellaneous Sound Equipment – Section 1: Reverberation Plate EMT140; [EMT140.pdf \(bbceng.info\)](#), (accessed on 2023.04.16)

-
- [4] Michele Ducceschi. Digital plate reverb models. Conference presentation in: PON Seminars, Dept of Mathematics, University of Bologna, May 2022.
 - [5] Riccardo Russo. Physical Modeling and Optimisation of a EMT 140 Plate Reverb. Master's Thesis, Aalborg University, June 2021.
 - [6] S. Bilbao, K. Arcas and A. Chaigne; A Physical Model of Plate Reverberation;. In Proceedings of the IEEE Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Toulouse, France, 2006.
 - [7] S. Bilbao, A Digital Plate Reverberation Algorithm;. Journal of the Audio Engineering Society, 55(3):135–144, 2007.
 - [8] Michele Ducceschi, Craig J. Webb. Plate reverberation: Towards the development of a real-time physical model for the working musician. In: Proceedings of the 22th International Congress on Acoustics, Buenos Aires, 5-9 September 2016.
 - [9] M. Sohn, K. Kim, S. Hong, J. Kim; Dynamic Mechanical Properties of Particle-Reinforced EPDM Composites; Journal of Applied Polymer Science, 2002, 87(10); DOI: 10.1002/app.11577
 - [10] S. Bilbao; Numerical Sound Synthesis: Finite Difference Schemes and Simulation in Musical Acoustics, 10.1002/9780470749012.ch8., 2009
 - [11] AKG; C411 Owner's Manual; https://www.akg.com/on/demandware.static/-/Sites/masterCatalog_Harman/default/dwa203570d/pdfs/AKG_C411_Manual.pdf

A FINITE DIFFERENCE MODEL OF PLATE REVERBATOR BASED ON DISPLACEMENT MEASUREMENTS AND USING DIFFERENT TYPES OF EXCITATION

Finite difference modeling is commonly used in many fields, for example electroacoustics, where it is important to have accurate models due to the need to predict experimental results. Thus, accurate modelling has great implications for the design and analysis of sound systems. Traditional modeling methods, such as the finite difference method, are widely used to predict the acoustic behavior of plate structures. However, accurate selection of model parameters based on experimental data is challenging due to the complexity of the phenomena affecting the plate's impulse response. This paper focuses on the problem of selecting the parameters of finite difference models based on displacement measurements. This method is compared with the results of recording the impulse response of the plate using a microphone. Moreover, two excitation methods were analyzed: impulse by shock and by means of an electrodynamic exciter. The experiment shows that taking into account displacement measurements allows for the simplification of the procedure for tuning the finite difference model to a physical equivalent.

Passive vibration reduction of triangular plate by means of neodymium magnets

Romuald KURAS

Laboratory of Acoustics, Department of Electrical and Computer Engineering Fundamentals, Rzeszow University of Technology, Wincentego Pola 2, 35-959 Rzeszow, Poland, ORCID: 0000-0002-7862-6252

Corresponding author: Romuald KURAS, email: r.kuras@prz.edu.pl

Abstract A complete vibration reduction system should consist of active system for the reduction of low frequency vibrations and passive system for the control of higher frequency vibrations. This paper deals with the passive vibration reduction of simply supported triangular plate. The passive elements were neodymium magnets which, when attached to

the structure, changed its frequency response. The research consisted of finding optimum placement of magnets on the surface of the plate and verifying results experimentally. Numerical calculations were used to find an indicator which, when minimised, gave the most effective reduction in plate vibration with the least impact on structural stiffness. The optimisation algorithm found, at each iteration, the position of magnets that best shifted the frequency response of the plate, thus reducing the vibration at initial resonant frequency. Numerical results were verified experimentally.

Keywords: passive vibration reduction, triangular plate, neodymium magnets

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF TUNING THE SELECTED THREE TYPES OF ACOUSTIC HELICOIDAL RESONATORS WITH 90 DEGREE DUCT ELBOW

Wojciech ŁAPKA

Institute of Applied Mechanics, Faculty of Mechanical Engineering, Poznań University of Technology, Jan Paweł II 24 Street, 60-965 Poznań, Poland, ORCID: 0000-0001-7330-4644, email: wojciech.lapka@put.poznan.pl

Abstract

The work presents the results of numerical and experimental analyzes regarding the tuning of selected three acoustic helicoidal resonators using a 90-degree el-bow in a cylindrical duct. The elbow was placed directly at the end of the resonators, which were additionally rotated in the duct axis at a specific angle (45° angle change in numerical analysis and 90° angle change in experiment). Three resonators with the same helicoid pitch to duct diameter ratio of $s/d = 1.976$ but with different numbers of turns n of 0.671, 0.695 and 1.0 were selected for analysis. They represent three different transmission loss characteristics in the frequency domain. In the considered system of helicoidal resonators and a 90-degree duct elbow, it turned out that it is possible to tune the selected resonators by rotating them almost within the entire range of their characteristic sound attenuation caused by acoustic resonance.

Keywords: helicoidal resonator, duct acoustics, experiment, numerical analysis.

LINGWISTYCZNA JĘZYKA RUSIŃSKIEGO ZA POMOCĄ MODELU OPENAI WHISPER

Paweł MAŁECKI ¹

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki,
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Artykuł przedstawia analizę lingwistyczną języka rusińskiego, skupiając się na jego złożonych i zmieniających się aspektach, takich jak wymowa oraz różnice indywidualne, regionalne i historyczne. Do analizy i kategoryzacji tego języka wykorzystano sztuczną sieć neuronową opartą na modelu OpenAI Whisper. Model ten, choć szkolony na danych z większości państwowych języków urzędowych, nie był bezpośrednio trenowany na bazach próbek języka rusińskiego ze względu na lokalny i mniejszościowy/etniczny charakter tego języka. Stąd próbki mowy tego języka klasyfikowane były przy użyciu najbardziej zbliżonych dostępnych etykiet co pozwoliło na wyznaczenie podobieństwa języka rusińskiego do innych słowiańskich języków. Badanie objęło różnorodność użytkowników pod względem płci, wieku i lokalizacji (Polska, Ukraina, Słowacja, Serbia), wykazując znaczące podobieństwa do dominujących języków w tych krajach oraz zależności między wyznaczonym podobieństwem językowym, a wiekiem mówców.

ZASTOSOWANIE SYGNAŁU ZMODULOWANEGO CZĘSTOTLIWOŚCIOWO PRZY WYMUSZENIU TONALNYM W POMIARACH IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ OD DŹWIĘKÓW POWIETRZNYCH

D. Mleczo, M. Czapla, T. Wszolek, J. Bińkowski, J. Hyla, W. Kotala, D. Muzyk, M. Połuszny, W. Potoniec, A. Sawczuk

Izolacyjność akustyczna od dźwięków powietrznych jest zwykle wyznaczana przy wykorzystaniu szerokopasmowego sygnału pobudzającego, takiego jak szum lub impuls. Jednak w niektórych przypadkach, aby lepiej odwzorować rzeczywiste warunki, stosuje się wymuszenie sygnałem bardziej zbliżonym do tych warunków. Taka sytuacja ma miejsce, gdy analizuje się hałas tonalny, jak na przykład ten generowany przez transformatory, pompy czy wentylatory.

Pobudzenie tonalne wiąże się jednak z problemem powstawania fal stojących w komorze pogłosowej. Taka sytuacja prowadzi z kolei do dużej nierównomierności pola akustycznego, a w konsekwencji do znacznych błędów w określaniu mocy padającej i wypromieniowanej przez próbkę. W celu złagodzenia niekorzystnych skutków powstawania fal stojących, w ramach niniejszej pracy zastosowano cykliczne odstrojenia częstotliwości tonalnej sygnału pobudzającego, czyli modulację częstotliwości FM.

W pierwszej kolejności przeprowadzono weryfikację eksperymentalną wpływu parametrów modulowanego sygnału – głębokości i częstotliwości modulacji – na poprawę jednorodności rozkładu ciśnienia akustycznego i czasu pogłosu. Następnie przeprowadzono badania izolacyjności akustycznej w zespole komór pogłosowych z zastosowaniem wymuszenia tonalnego z dobranymi eksperymentalnie parametrami modulacji FM. Uzyskane wyniki zostały porównane z danymi uzyskanymi podczas pomiarów przeprowadzonych z wykorzystaniem wymuszenia szumem oraz wymuszenia sygnałem harmonicznym bez modulacji.

Wstępne wyniki badań wskazują, że odpowiednie zastosowanie sygnałów FM znacząco zmniejsza niejednorodność pola akustycznego (w stosunku do sygnału niezmodulowanego) w komorach nadawczej i odbiorczej oraz czasu pogłosu w komorze odbiorczej. To w rezultacie poprawia jakość pomiarów izolacyjności akustycznej, redukując rozrzut (niepewność) wyników i zwiększając ich „wierność” w odniesieniu do warunków rzeczywistych.

Słowa kluczowe: izolacyjność akustyczna, zespół komór pogłosowych, sygnały tonalne zmodulowane częstotliwościowo, niepewność pomiarowa.

QUESTIONNAIRES AND ACOUSTIC MEASUREMENTS IN SUMMER SEASON IN LONGYEARBYEN AREA

Dorota MŁYNARCZYK¹, Paweł MAŁECKI², Janusz PIECHOWICZ³, Jerzy WICIAK⁴

1 AGH University of Krakow, 30-059 Krakow, al. Mickiewicza 30, 0000-0002-1288-8057

2 AGH University of Krakow, 30-059 Krakow, al. Mickiewicza 30, 0000-0001-5050-2111

3 AGH University of Krakow, 30-059 Krakow, al. Mickiewicza 30, 0000-0002-1435-4673 4 AGH

University of Krakow, 30-059 Krakow, al. Mickiewicza 30, 0000-0002-3932-6513

Corresponding author: Dorota MŁYNARCZYK, email: dorota.mlynarczyk@agh.edu.pl

Abstract Svalbard is a Norwegian province in the Arctic, encompassing the Svalbard archipelago located between 71°–81° N latitude and 10°–35° E longitude. Longyearbyen, the largest town in Svalbard, is the administrative centre with a population of approximately 2,100 residents. The objective of this paper is to present the results of acoustic measurements conducted in summer season at various selected sites in Longyearbyen and the surrounding area. These sites were chosen based on a survey that identified tourism activity preferences during the summer season in Longyearbyen. Based on the responses, three groups of tourist activities were identified: (1) Activities in Longyearbyen, (2) Trips using various modes of transport, and (3) Nature hikes. Acoustic measurements were conducted at locations corresponding to the mentioned categories. Acoustic analyses included the analysis of time courses of A-weighted equivalent continuous sound level, spectra, and spectrograms.

Keywords: Environmental Measurements, Soundscape Studies, Sound Pressure Level, Noise

MATERIAŁY WŁÓKNISTE JAKO WYPEŁNIENIE LABIRYNTOWEGO ABSORBERA AKUSTYCZNEGO O WYSOKIEJ KRĘTOŚCI

Michał NIEDZIELCZYK¹ Marie-Annick GALLAND² Tomasz G. ZIELIŃSKI¹

1Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Adolfa Pawińskiego 5B, 02-106

Warszawa mniedz@ippt.pan.pl

tzielins@ippt.pan.pl

² Ecole Centrale de Lyon, Guy de Collongue 36 Av., 69-134 Écully, marie-annick.galland@ec-lyon.fr

W ostatnim czasie pokazano, że materiały labiryntowe, ze względu na ich wysoką krętość, posiadają niezwykle korzystne właściwości akustyczne. Takie materiały, często produkowane przy użyciu zaawansowanych technologii, takich jak druk 3D, charakteryzują się wysoką skutecznością w pochłanianiu dźwięku przy niższych częstotliwościach. Obecnie prowadzone są badania nad kolejnym etapem rozwoju tego typu rozwiązań akustycznych, w których cienki materiał labiryntowy wypełniony jest materiałem włóknistym. Zastosowanie takiego połączenia może korzystnie wpłynąć na charakterystykę pochłaniania dźwięku poprzez poszerzenie zakresu pochłaniania oraz przesunięcie go w niższe częstotliwości. Wykonane próbki opisywanych materiałów kompozytowych zostały przetestowane w rurze impedancyjnej. Wyniki wykazały oczekiwaną poprawę, ale także istotne zmiany w pochłanianiu dźwięku. Właściwości akustyczne materiałów włóknistych, istotne dla modelowania

akustycznego, zostały scharakteryzowane oraz pokazano relatywnie prosty sposób modelowania akustycznych kompozytów labiryntowych z wypełniaczami włóknistymi.

PROPOZYCJA ZMIAN PRZEPISÓW DOTYCZĄCYCH OCHRONY PRZED HAŁASEM W BUDOWNICTWIE Z UWZGLĘDNIENIEM ASPEKTU HISTORYCZNEGO

Elżbieta Nowicka, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa

Przedstawiono propozycję aktualizacji przepisów dotyczących ochrony przed hałasem w budownictwie mieszkalnym i użyteczności publicznej w kontekście zmian historycznych w przepisach oraz w normalizacji. Obecnie podane w obowiązujących przepisach prawa wymagania mają charakter zbyt ogólny i odwołują się do wymagań szczegółowych określonych w Polskich Normach. Niestety takie rozwiązanie powoduje, że w Polsce często nie są spełniane wymagania akustyczne. Przedstawiona propozycja opiera się na klasyfikacji akustycznej budynków oraz wprowadzeniu do przepisów prawa standardu podstawowego AQ-0 jako wymagania akustycznego.

UKŁAD AKWIZYCJI I PRZETWARZANIA SYGNAŁÓW UZYSKIWANYCH Z MOBILNEJ MACIERZY MIKROFONÓW

Dawid Nowicki, Ireneusz Czajka, Katarzyna Suder-Dębska

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Niniejsza praca prezentuje nowoczesny system akwizycji i przetwarzania sygnałów z mobilnej macierzy mikrofonów, zaprojektowany z myślą o przyszłym montażu na bezzałogowym statku powietrznym (BSP). Aktualnie system jest wykorzystywany w stanowisku badawczym, co pozwala na dokładne testowanie i optymalizację przed jego finalnym zastosowaniem w BSP. Architektura omawianego systemu oparta jest na układzie FPGA (Field-Programmable Gate Array). Rozwiązanie to zapewnia niewielkie wymiary, niską wagę oraz mały pobór prądu. Wymienione cechy są kluczowymi w zastosowaniach lotniczych. Głównym atutem opisywanego rozwiązania jest możliwość przetwarzania sygnałów w czasie rzeczywistym, co jest niezbędne w skutecznym monitoringu akustycznym prowadzonym w trakcie lotu.

Niniejsza praca szczegółowo przedstawia projekt architektury systemu oraz jego zalety, wśród których jako najważniejsze wymienić można konfigurowalność liczby czujników pomiarowych (do maksymalnie 80) oraz parametrów akwizycji danych. Prezentowany system umożliwia rejestrację danych oraz realizację zaawansowanych algorytmów przetwarzania sygnałów w szczególności czasowo-częstotliwościową analizę dźwięku, detekcję źródeł akustycznych z wykorzystaniem autorskich jak i literaturowych metod. Dzięki zastosowaniu FPGA, przetwarzanie sygnałów odbywa się bez potrzeby dodatkowych jednostek obliczeniowych, co minimalizuje wagę i zużycie energii.

Niniejsza praca przedstawia wyniki testów przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych, które potwierdzają skuteczność i niezawodność systemu.

Prezentowane wyniki stanowią solidną podstawę do dalszych badań i optymalizacji przed integracją systemu z bezzałogowym statkiem powietrznym, gdzie będzie mógł w pełni wykorzystać swoje możliwości w rzeczywistych scenariuszach operacyjnych.

ACTIVE VIBRATION CONTROL OF PIPE-SHAPED ROBOT ARM

Marcin Pater¹, Lucyna Leniowska¹, and Marcin Grochowina¹

¹ Department of Mechatronics and Control Engineering, University of Rzeszów, ul. Pigonía 1, 35-310 Rzeszów, Poland

Robotic systems, because of their construction, are susceptible to vibrations that have a significant effect on the robot's accuracy. Therefore, many efforts are made to eliminate vibrations and stabilize the structure as effectively as possible through the use of various solutions. This article presents the results of research on the use of piezoelectric elements (MFC) to reduce vibrations of a thin-walled tube, which serves as a model of a lightweight robot arm. MFC elements were used to fulfill a dual role: as sensors and actuators. The object model was obtained based on measurements taken on a laboratory stand using an acquisition card and the xPC Target (Matlab) environment. Based on the obtained data, an ARX-type object model was developed and an optimal controller was selected, which was applied in the designed active vibration reduction system. The article includes the results of tests carried out for several different vibration-inducing signals, which confirm the effectiveness of the applied vibration-reduction method.

OCENA DOKUCZLIWOŚCI HAŁASU TURBIN WIATROWYCH W WARUNKACH LABORATORYJNYCH I TERENOWYCH

Małgorzata PAWLACZYK-ŁUSZCZYŃSKA¹, Adam DUDAREWICZ¹,
Małgorzata ZAMOJSKA-DANISZEWSKA¹, Robert GOGOL²

¹Instytut Medycyny Pracy im. prof. dr med. J. Nofera, ul. Św. Teresy 8, 91-348 Łódź
malgorzata.pawlaczyk@imp.lodz.pl, adam.dudarewicz@imp.lodz.pl,
malgorzata.zamojska@imp.lodz.pl

²Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Wydział Fizyki, Katedra Akustyki, ul. Uniwersytetu
Poznańskiego 2, 61-614 Poznań robert.gogol@uam.onmicrosoft.com

Hałas jest uznanym stresorem środowiskowym powodującym dokuczliwość, złe samopoczucie oraz niekorzystne skutki pozasłuchowe. Turbiny wiatrowe są specyficznym źródłem hałasu, który oddziałuje na duże obszary. Hałas ten posiada specyficzne cechy takie jak modulacja amplitudowa, tonalność oraz obecność w widmie składowych niskoczęstotliwościowych.

Badanie to stanowi część większego przedsięwzięcia, którego ogólnym celem była analiza subiektywnej oceny ocena dokuczliwości hałasu turbin wiatrowych. Pięćdziesięciu ochotnikom (32 kobietom i 18

mężczyznom), w wieku $38,6 \pm 10,6$ lat, odtwarzano przez słuchawki (DT-150) w losowej kolejności 5 próbek hałasu turbin wiatrowych o poziomie dźwięku A równym 45, 50, 55, 60 i 65 dB, a po wysłuchaniu każdej próbki trwającej 10 s, osoby badane proszono o ocenę ich dokuczliwości na skali liczbowej od 0 do 10.

Przed przystąpieniem do właściwej części badania uczestnikom zaprezentowano nagrania treningowych próbek dźwięków wraz ze średnią oceną ich dokuczliwości. Wyniki subiektywnej oceny dokuczliwości hałasu w warunkach laboratoryjnych porównano z wynikami uzyskanymi w warunkach rzeczywistych.

Do badań włączano osoby z dobrym słuchem, które nigdy wcześniej nie słyszały dźwięków towarzyszących pracy farm wiatrowych. Komisja Bioetyczna przy Instytucie Medycyny Pracy w Łodzi wyraziła pozytywną opinię nt. przebiegu eksperymentu i stosowane metody badań.

Analiza statystyczna wykazała, że subiektywna ocena dokuczliwości w warunkach laboratoryjnych nie była uzależniona ani od płci, ani od wieku ochotników. Stwierdzono natomiast istotny statystycznie wpływ poziomu dźwięku A - im wyższy poziom hałasu tym wyższa ocena jego dokuczliwości. Ponadto okazało się, że istotnie statystycznie mniejszy odsetek osób ocenił hałas, o poziomie ok. 45 dB, jako dokuczliwy (przypisując jego ocenie wartość ≥ 5 na skali 0-10) w warunkach laboratoryjnych w porównaniu do warunków rzeczywistych (21vs 50%, $p < 0,05$).

Praca finansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Fundusze Norweskie - projekt nr NOR/POLNOR/Hetman/0073/2019-00 pt. „Healthy society – towards optimal management of wind turbines’ noise (HETMAN)”

METODY MINIMALIZACJI ZNIEKSZTAŁCEŃ KIERUNKOWOŚCI DŹWIĘKU ZA POMOCĄ ZWROTNICY CYFROWEJ W ZESTAWIE GŁOŚNIKOWYM

Tomasz PIWOWARSKI¹ Bartłomiej CHOJNACKI²

¹Politechnika Łódzka, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź 254225@edu.p.lodz.pl

²Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kra-ów

Kierunkowość zestawu głośnikowego jest parametrem zmiennym i zależnym od wielu czynników. Jedną z przyczyn jego zmienności jest obecność mnogiej liczby przetworników elektroakustycznych rozmieszczonej najczęściej wzdłuż obudowy głośnikowej. Dla pasm częstotliwości, w których sygnał odtwarzany jest przez więcej niż jeden głośnik, istnieje prawdopodobieństwo występowania interferencji fal wygaszających, zwłaszcza poza osią główną głośnika. Na przestrzeni lat, wielu badaczy prowadziło prace nad zmniejszeniem występowania wspomnianych zniekształceń, poprzez wykorzystanie odpowiednich technik projektowania zwrotnic cyfrowych, jednak różnorodny sposób prowadzenia dotychczas badań uniemożliwia porównanie proponowanych metod.

W ramach niniejszej pracy przeprowadzono analizę porównawczą różnych metod kontroli kierunkowości zestawu za pomocą zwrotnicy. Przeprowadzono implementację wybranych rozwiązań minimalizacji zniekształceń kierunkowości zestawu głośnikowego za pomocą zwrotnicy, zachowując podczas wykonywania prac jednakowe warunki akustyczne, tę samą aparaturę pomiarową oraz

wykorzystując jeden zestaw głośnikowy. W referacie przedstawiono założenia poszczególnych technik wraz z opisem ich realizacji oraz wyniki pomiarów odpowiedzi zestawu z zaimplementowanymi zwrotnicami. Rezultaty badań zostały zestawione z zaprojektowaną zwrotnicą referencyjną i omówione za pomocą zaproponowanych metod porównawczych, w celu doboru najskuteczniejszego rozwiązania. Omówiono wady i zalety poszczególnych rozwiązań, wskazując na najlepsze techniki redukcji zniekształceń kierunkowości za pomocą zwrotnicy.

METHODS OF MINIMIZING SOUND SOURCE DIRECTIVITY DISTORTIONS WITH A DIGITAL CROSSOVER IN A SPEAKER SET

The directivity of a loudspeaker set is a variable parameter and depends on many factors. One reason for its variability is the presence of many electro-acoustic transducers, most often located along the loudspeaker enclosure. For frequency bands in which the signal is reproduced by more than one loudspeaker, there is a possibility of interference from reflected waves, especially outside the loudspeaker's central axis. Over the years, many re-searchers have worked on reducing the occurrence of the mentioned distortions by using appropriate digital cross-over design techniques, but the diverse research methods so far make it impossible to compare the proposed methods. As part of this work, a comparative analysis of various methods of controlling the directivity of the set using a crossover was carried out. Selected solutions for minimizing directivity distortions of the loudspeaker set using a crossover were implemented, maintaining the same acoustic conditions during the work, using the same measuring equipment, and using one loudspeaker set. The paper presents the assumptions of individual techniques, a description of their implementation, and the results of response measurements of the set with implemented crossovers. The research results were compared with the designed reference crossover and discussed using the proposed comparative methods to select the most effective solution. The advantages and disadvantages of individual solutions are discussed, indicating the best techniques for reducing directivity distortions using a crossover.

BEZPIECZEŃSTWO PRACY NA WYBRANYCH JEDNOSTKACH ŻEGLUGI ŚRÓDLĄDOWEJ ZE WZGLĘDU NA HAŁAS I DRGANIA MECHANICZNE – WYNIKI BADAŃ PILOTAŻOWYCH

Dariusz Pleban, Jan Radosz, Piotr Kowalski, Jacek Zając, Adrian Alikowski

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

Statki, w tym jednostki pływające żeglugi śródlądowej, są szczególnymi miejscami pracy z dwóch zasadniczych powodów: funkcjonują one w nietypowym środowisku i charakteryzują się ograniczoną przestrzenią. W związku z tym warunki pracy na jednostkach żeglugi śródlądowej należą do specyficznych. Na bezpieczeństwo pracy załóg tych jednostek mają wpływ m.in. zagrożenia związane z eksploatacją jednostek i ruchem innych statków oraz warunki pogodowe. Według danych literaturowych hałas i drgania mechaniczne dominują w grupie negatywnych czynników środowiska pracy na jednostkach pływających. W ramach realizowanego projektu, którego celem jest przeprowadzenie kompleksowej oceny zagrożeń i uciążliwości środowiskowych na wybranych jednostkach pływających, zrealizowano badania pilotażowe warunków pracy na jednostkach żeglugi śródlądowej. Badania te obejmowały pomiary i ocenę fizycznych czynników środowiskowych, w tym hałasu, hałasu infradźwiękowego oraz drgań mechanicznych na następujących jednostkach żeglugi śródlądowej: na łodzi policyjnej, na łodzi ratowniczej i na statku turystycznym. Z badań wynika, że wartości poziomu ekspozycji na hałas odniesionego do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy w zależności od badanej jednostki były w przedziale od 58,3 do 84,8 dB i nie przekraczały dopuszczalnej

wartości określonej w Rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Także na żadnej z badanych jednostek nie zostały przekroczone dopuszczalne wartości drgań działających w sposób ogólny oraz drgań działających przez kończyny górne. Największe wartości poziomów hałasu oraz przyspieszeń drgań zmierzono na łodzi policyjnej. W artykule przedstawiono szczegółowe wyniki pomiarów i oceny hałasu, hałasu infradźwiękowego oraz drgań mechanicznych na badanych jednostkach żeglugi śródlądowej.

MOŻLIWOŚCI KSZTAŁTOWANIA PARAMETRÓW AKUSTYCZNYCH SCHRONIENIA DLA PSA O PODWYŻSZONEJ IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ

Adam Pilch, AGH, Kraków

Nadmierny hałas tworzy poważne zagrożenie dla psów, wpływając na ich zdrowie i zachowanie. Problem jest szczególnie istotny w okresie świąteczno-noworocznym, kiedy to zwierzęta zmuszone są poszukiwać schronienia przez hałasem generowanym przez wybuchy sztucznych ogni. W referacie przedstawiono propozycję schronienia dla psa, które dzięki odpowiedniej budowie i zastosowanym materiałom pozwala na znaczącą redukcję hałasu, a tym samym ochronę zwierząt znajdujących się wewnątrz. Parametry akustyczne budy wyznaczone zostały z wykorzystaniem metody elementów skończonych, a następnie zweryfikowane na podstawie pomiarów w polu swobodnym, gdzie został określony udział poszczególnych przegród w transmisji energii akustycznej. Badania w polu rozproszonym pozwoliły na określenie wskaźników jednoliczbowych skuteczności proponowanego rozwiązania, a tym samym porównanie różnych wariantów proponowanej konstrukcji. Wnioski wyciągnięte z pomiarów pozwolą na kolejne modyfikacje konstrukcji, a także dostosowanie jej do różnych ras psów.

FLUKTUACJE I SZORSTKOŚĆ WYNIKAJĄCE Z DUDNIEŃ MIĘDZY SKŁADOWYMI WIDMA JAKO ŹRÓDŁO KONTROLOWALNYCH EFEKTÓW DŹWIĘKOWYCH W SYNTYZIE ADDYTYWNEJ

Marek PLUTA¹

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Mechaniki i Wibroakustyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków pluta@agh.edu.pl

Addytywna synteza dźwięku operuje parametrami poszczególnych składowych widmowych generowanego sygnału, co daje jej szczególnie duże możliwości w zakresie precyzyjnej kontroli jego cech związanych z atrybutem barwy. Wcześniejsze prace pokazały możliwość wpływania na tak złożone zjawisko jak percepcja dysonansowości akordu bez przestrajania tworzących go dźwięków. Wykorzystano w tym celu analizę współbrzmień składowych spektralnych i selektywne tłumienie części z nich celem redukcji wywołującej dysonansowość szorstkości będącej efektem dudnień o określonym zakresie częstotliwości. Niniejsza praca prezentuje szersze spojrzenie na tę tematykę wskazując inne efekty barwowe potencjalnie osiągalne poprzez manipulację dudnieniami w brzmącym akordzie. Dudnienia o małych częstotliwościach, wywołujące wrażenie fluktuacji, jak i szybsze – wywołujące wrażenie szorstkości, są częścią licznych zjawisk fizycznych powiązanych m.in. z systemami dźwiękowymi, intonacją oraz technikami instrumentalnymi i wielogłosowymi. Praca przedstawia próby implementacji wybranych efektów w oparciu o obserwację danego zjawiska i odpowiednie dopasowanie charakteru występujących w akordzie dudnień.

INTRA-COMPONENT BEATING-BASED FLUCTUATION AND ROUGHNESS AS A SOURCE OF CONTROLLABLE SOUND EFFECTS IN ADDITIVE SYNTHESIS

The additive sound synthesis deals with parameters of individual spectral components of generated signal, which gives it particularly large capabilities in the area of precise control over qualities related to the attribute of sound timbre. Prior studies indicated a possibility to impact such a complex phenomenon as the perception of dissonance within a chord, without adjusting frequencies of its component sounds. It involved an analysis of simultaneously sounding spectral components, and damping selected components in order to reduce roughness that would cause the sensation of dissonance as the effect of beating within particular frequencies. The current study presents a broader view of the subject. It indicates other timbral effects that can be obtained through manipulation of beating in a sounding chord. Both, low frequency beatings that cause fluctuations, as well as faster ones, causing a sensation of roughness, are present in numerous physical phenomena related, among others, to sound systems, tuning intonation, as well as instrumental or multiple-voice techniques. The study presents attempts at implementation of selected effects on the basis of the observation of a particular phenomenon and the following adjustment of the character of beatings present within a chord.

BADANIE WYMAGAŃ OBLICZENIOWYCH GŁĘBOKICH MODELI NEURONOWYCH ZDOLNYCH DO ROZPOZNAWANIA MOWY W JĘZYKU POLSKIM

Karolina Pondel-Sycz, Politechnika Warszawska

Przedmiotem badań jest ocena wymagań obliczeniowych czterech głębokich modeli neuronowych służących do automatycznego rozpoznawania mowy w języku polskim. Modele te przetestowano pod kątem możliwości uruchomienia w środowisku Google Colab oraz na dwóch serwerach lokalnych. Celem badań jest porównanie wyników uzyskanych podczas testów z dokumentacją dostarczoną przez twórców modeli. Badania obejmowały analizę wydajności modeli pod względem zużycia zasobów obliczeniowych oraz stabilności działania w różnych środowiskach. Wyniki porównano z zaleceniami twórców modeli, aby ocenić ich zgodność z oczekiwaniami. W rezultacie badań uzyskano szczegółowe informacje na temat warunków uruchomienia każdego z modeli, co może być przydatne dla badaczy planujących implementację rozwiązania do rozpoznawania sygnału mowy w praktycznych zastosowaniach.

DOKUCZLIWOŚĆ TURBIN WIATROWYCH

Anna Preis, UAM, Poznań

Dokuczliwość różnych źródeł hałasu zwykle kojarzona jest z miarą głośności. Zakłada się, że im większa głośność danego hałasu tym większe wrażenie dokuczliwości taki hałas wywołuje. To stwierdzenie jest prawdziwe dla takich źródeł hałasu jak samolot, samochód czy kolej. W przypadku turbin wiatrowych ta zależność nie występuje. Przy tych samych wartościach poziomu dźwięku, hałas turbin wiatrowych okazuje się bardziej dokuczliwy od wymienionych wcześniej źródeł hałasu. Przyczyny tego zjawiska zostaną wyjaśnione w wystąpieniu. Dodatkowo przedstawię wyniki 3-letniego projektu (którego byłam kierownikiem), którego tytuł brzmi "Zdrowe społeczeństwo - w kierunku optymalnego zarządzania hałasem turbin wiatrowych".

ASSESSMENT OF ROTARY SUBWOOFER EFFICIENCY FOR LOW FREQUENCY AND INFRASOUND GENERATION AND PROPAGATION

Grzegorz Pyda¹ Paweł Małecki²

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
gpyda@agh.edu.pl

²AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
Pawel.Malecki@agh.edu.pl

Traditional methods for generating infrasound, such as using speakers with voice-coil activated diaphragms, magneto-resistive sheets, or piezoelectric resonators, face limitations in sound pressure level and frequency response. These limitations arise from small dimensions and vibratory displacement, resulting in inadequate radiation resistance. A rotary subwoofer, despite its relatively small radiating dimensions, overcomes these limitations by converting the radiation impedance from mass-loading reactance to fluid displacement resistance through increased particle velocities.

This study introduces a design of a rotary subwoofer, examining its features and limitations in low-frequency signal generation. The propagation of infrasound within a building and its surroundings was investigated. The study explored the effects of rotary speed, test signal levels, phase and harmonic distortions, room volume, and the impact of closed versus open spaces on the efficiency of infrasound generation.

The results indicate that the rotary subwoofer provides adequate sound pressure levels and low-frequency response, making it suitable for the reproduction of not only simple pregenerated sinusoidal and noise test signals but also prerecorded industrial signals, such as wind farm, road, and aircraft noise.

BADANIA EKSPERYMENTALNE WPŁYWU LUZU MIĘDZYZĘBNEGO NA REJESTROWANE SYGNAŁY WIBROAKUSTYCZNE PRZEKŁADNI KIEROWNICZEJ Z JEDNYM ZĘBNIKIEM

mgr inż. Krzysztof RESZUTA¹

dr hab. inż. Ireneusz Czajka, prof. AGH²

¹Nexteer Automotive Poland Sp. z o.o., ul. Towarowa 6, 43-100 Tychy
krzysztof.reszuta@nexteer.com

²AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków iczajka@agh.edu.pl

W artykule przedstawiono wpływ luzu międzyzębnego w zazębieniu listwy zębatej oraz zębika na zachowanie wibroakustyczne przekładni kierowniczej wspomaganej elektrycznie z pojedynczym zębikiem (Single Pinion EPS). Powstawanie luzu międzyzębnego jest związane ze zjawiskiem zużycia powierzchni zębów podczas regularnej pracy przekładni. Następstwem wytarcia zazębienia są nadmierne drgania listwy zębatej co prowadzi do generowania hałasu typu grzechotanie (rattle noise). Tego typu hałas jest zjawiskiem niepożądanym w szczególności w samochodach z napędem elektrycznym ze względu na brak elementów mogących zagłuszyć ten typ hałasu, takich jak np. silnik spalinowy.

W poniższej pracy, badaniom eksperymentalnym w komorze bezechovej zostały poddane przekładnie kierownicze w których zostały ustawione wybrane poziomy luzu międzyzębnego odpowiadające różnym poziomom wytarcia zazębienia. Podczas testów zbierane były sygnały wibroakustyczne w postaci sygnałów drganiowych z akcelerometrów oraz natężenie pola akustycznego z mikrofonu. Testy fizyczne zostały przeprowadzone dla złożenia całej przekładni jak i przekładni bez wybranych komponentów. Taki sposób przeprowadzenia testów miał na celu zebranie danych eksperymentalnych w celu budowy oraz korelacji modelu numerycznego z testem fizycznym dla zjawiska hałasu typu grzechotanie. Przetawiono oraz poddano analizie przebiegi drgań oraz poziomu głośności wg ISO 532-3:2017 dla różnych przypadków testowych.

Opracowanie technologii produkcji wieloelementowych liniowych głowic ultrasonograficznych

Włodzimierz Roguski ¹, Krzysztof J. Opieliński ^{1,2}, Andrzej Wiktorowicz ¹

¹ DRAMIŃSKI S.A., ul. Steffena 21, 11-036 Sząbruk

² Katedra Akustyki, Multimediów i Przetwarzania Sygnałów, Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów, Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Mimo, iż technologia produkcji głowic USG w różnych firmach jest podobna, uzyskanie oczekiwanych przez rynek parametrów tkwi w wielu szczegółach technicznych, które są chronione w postaci nieopatentowanego *know-how*. Dotyczy to sposobu nakładania warstw, kombinacji używanych materiałów, sposobu cięcia płytek, itp. Firma DRAMIŃSKI S.A. uruchomiła pierwszą i jak dotychczas jedyną w Polsce linię technologiczną do produkcji ultrasonograficznych liniowych głowic wieloelementowych do diagnostyki medycznej i weterynaryjnej. W ramach testowania tej technologii opracowano 128-elementową głowicę rektalną z kompozytowych przetworników piezoceramicznych. Dzięki dobraniu odpowiednich materiałów i specjalistycznym sposobom ich obróbki, opracowana głowica generuje krótkie impulsy z dużą skutecznością, co zapewnia wysoką rozdzielczość obrazowania i umożliwia zwiększenie zasięgu wnikania fali do tkanki. Parametry opracowanej głowicy rektalnej są co najmniej porównywalne, a dla niektórych modeli lepsze od parametrów uznanych w świecie producentów. Ze względu na zastosowanie w charakterze przednich warstw głowicy materiałów nie spełniających dokładnie podstawowych kryteriów dopasowania ich impedancji akustycznej do tkanki miękkiej, dokonano odpowiednich modyfikacji grubości warstw w stosunku do kryterium

ćwierćfalowego, na podstawie obliczeń z wykorzystaniem funkcji przenoszenia przetwornika. Uzyskano bardzo dobrą zgodność obliczonej funkcji przenoszenia z pomiarami opracowanej głowicy. Świadczy to o możliwości wykorzystywania opracowanej metody doboru materiałów oraz obliczeń do projektowania warstw dopasowujących przetworniki ultradźwiękowe do pracy w różnych ośrodkach.

Prace zrealizowane zostały w ramach projektu POIR.01.01.01-00-1462/19 finansowanego przez NCBiR ze środków Unii Europejskiej pt.: „Zaawansowany technologicznie ultrasonograf ultramobilny z rozbudowanymi metodami obrazowania i wieloelementową głowicą ultradźwiękową”.

SUITABILITY OF AUDIO POWER AMPLIFIERS IN UNDERWATER COMMUNICATION SYSTEMS

Aleksander M. Schmidt, Jan H. Schmidt, Iwona Kochańska, aleksander.schmidt@pg.edu.pl,
jan.schmidt@pg.edu.pl, iwona.kochanska@pg.edu.pl

Gdańsk University of Technology Faculty of Electronics, Telecommunications and Informatics,
Department of Signals and Systems, ul. Narutowicza 11/12, 80-233, Gdańsk, Poland

Abstract:

Power amplifier is important element of the underwater communication system, which is one of the blocks of the transmitting path. Its main task is to gain the generated signals to voltage values, and thus power levels, that allow the connected transducer to produce an acoustic wave with the desired parameters. One of the basic conditions for the proper implementation of underwater communication is the possibility of smooth regulation of the output power. This is possible thanks to the selection of a power amplifier operating in a wide dynamic range of the transmitting power. The article presents the measurement results of amplitude and phase characteristics as a function of frequency and the dynamics of output signals for selected audio amplifiers.

APPLICATION OF VIBRATION DIAGNOSTICS TO MONITOR THE PROGRESSION OF PARKINSON'S DISEASE

Karolina SERGIEL¹, Maciej KŁACZYŃSKI², Karolina PORĘBSKA³, Małgorzata DEC-ĆWIEK⁴

1 AGH University of Science And Technology, Biomedical Engineering Graduate Student,
ORCID: 0009-0000-2813-0884

2 AGH University of Science And Technology, Department of Mechanics and Vibroacoustics,
ORCID: 0000-0002-2009-1216

3 Jagiellonian University Medical College, Department of Neurology, ORCID: 0000-0003-2494-4703

4 Jagiellonian University Medical College, Department of Neurology, ORCID: 0000-0002-9829-3301

Corresponding author: Maciej KŁACZYŃSKI, email: maciej.klaczynski@agh.edu.pl

Abstract The paper presents the results of a pilot study to determine the applicability and feasibility of using a method for processing and analyzing acceleration signals of upper limb

tremors in the context of screening and objectively monitoring the progression of Parkinson's disease (PD) treatment using a smartphone-embedded accelerometer. The study involved 28 individuals diagnosed with PD at various stages of the disease as determined by the Hoehn-Yahr scale, and 15 healthy individuals as the control group. The study analyzed hand tremors by recording accelerations in three directional components: x, y, and z, applying appropriate normalization and parameterization. The analyzed quantities were maximum value (MV), root mean square (RMS), crest factor (CF), and peak-to-average ratio (PAPR). The statistical analysis using the Student's t-test showed that CF is the least differentiating parameter for disease states, while PAPR is the most differentiating. The obtained study results and conducted analyses demonstrate the significant potential of vibrational diagnostics of the upper limbs in diagnosing PD, and the possibility of facilitating the specialist doctor's work in the context of objectively monitoring treatment progress, not only in a contact manner but also remotely.

Keywords: Parkinson's disease, vibration diagnostics, signal analysis, accelerometer, parameterization

SUBJECTIVE QUALITATIVE EVALUATION OF THE SOUND OF FACTORY-MADE AND LUTHIER-CRAFTED GUITARS

Ewa SKRODZKA¹, Eryk KOZŁOWSKI², Joanna NIZIO³

¹ Department of Acoustics, Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University in Poznań, 2 University of Poznań Street, 61-614 Poznań, Poland, ORCID: 0000-0002-2000-0468

² Department of Acoustics, Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University in Poznań, 2 University of Poznań Street, 61-614 Poznań, Poland, ORCID: 0000-0002-8479-4009

³ Department of Acoustics, Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University in Poznań, 2 University of Poznań Street, 61-614 Poznań, Poland

Corresponding author: Eryk KOZŁOWSKI, email: eryk.kozlowski@amu.edu.pl

Abstract

The subjective qualitative evaluation of factory-made and luthier-crafted guitars is an experimental study aimed at presenting research on instrument sound evaluation. The study included both factory and luthier guitars of varying construction, age, and price class. Recordings were made at the recording studio of the Department of Acoustics, Adam Mickiewicz University. In the recording process, a professional guitarist maintained maximum performance consistency while playing short fragments of "Fantasie Dramatique Le Depart" Op. 31 by N. Coste. Fifty-seven listeners, including 29 musicians and 28 non-musicians, participated in the sound evaluation, tasked with choosing the preferred guitar from pairs and selecting subjectively the "best" and the "worst" instrument. The primary goal was to test the common belief that luthier guitars are rated highest, regardless of evaluators' professional backgrounds. The experimental evaluation revealed that both luthier and factory guitars were chosen, with the bracing being the most critical factor affecting guitar sound quality.

Keywords: sound, timbre, subjective assessment, classical guitar, factory guitar, luthier guitar, musicians, non-musicians

SUBJECTIVE DESCRIPTIVE EVALUATION OF INSTRUMENT TIMBRE - FACTORY-MADE AND LUTHIER-CRAFTED GUITARS USING THE SEMANTIC DIFFERENTIAL METHOD

Ewa SKRODZKA¹, Eryk KOZŁOWSKI², Joanna NIZIO³

¹ Department of Acoustics, Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University in Poznań, 2 University of Poznań Street, 61-614 Poznań, Poland, ORCID: 0000-0002-2000-0468

² Department of Acoustics, Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University in Poznań, 2 University of Poznań Street, 61-614 Poznań, Poland, ORCID: 0000-0002-8479-4009

³ Department of Acoustics, Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University in Poznań, 2 University of Poznań Street, 61-614 Poznań, Poland

Corresponding author: Eryk KOZŁOWSKI, email: eryk.kozlowski@amu.edu.pl

Abstract

This study aimed to experimentally and subjectively evaluate the timbre of factory-made and luthier-crafted guitars using the semantic differential method based on auditory stimuli. Eleven guitars of different constructions, ages, and price classes, both factory and luthier, were included. For each instrument, three short fragments of "Fantasie Dramatique Le Depart" Op. 31 by N. Coste were recorded. The listening experiment involved 57 participants, including 29 musicians and 28 non-musicians, who assessed the instruments in pairs of timbral

descriptors. The recordings were made at the recording studio of the Department of Acoustics, Adam Mickiewicz University in Poznań. The guitarist performed the fragments on each guitar as consistently as possible. A program was developed to evaluate the timbre using the semantic differential method. The primary goal was to confirm the hypothesis that participants, regardless of education, would most frequently choose guitars with a warm timbre and prominently sounding bass strings.

MODELOWANIE ILFN GENEROWANEGO PRZEZ TURBINY WIATROWE

Bartłomiej STĘPIEŃ¹

Tadeusz WSZOŁEK¹

Dominik MLECZKO¹

Paweł MAŁECKI¹ Paweł

PAWLIK¹

Maciej KŁACZYŃSKI¹

Marcjanna CZAPLA¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
Bartlomiej.Stepien@agh.edu.pl

Turbiny wiatrowe są źródłem hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego (ILFN). Dźwięki te są źródłem uciążliwości dla osób mieszkających w pobliżu farm wiatrowych. Z tego powodu propagacja ILFN powinna być modelowana na etapie prognozowania oddziaływania akustycznego turbin wiatrowych na środowisko.

Hałas generowany przez turbiny wiatrowe zaliczany jest do hałasu przemysłowego. Najczęściej stosowanymi metodami prognozowania hałasu przemysłowego są ISO 9613-2 oraz CNOSSOS-EU, natomiast w krajach skandynawskich (Dania, Finlandia, Norwegia i Szwecja) stosowana jest metoda Nord2000. Metody ISO 9613-2 i CNOSSOS-EU pozwalają na obliczenia w pasmach oktaowych o częstotliwościach środkowych od 63 Hz do 8 kHz, natomiast metoda Nord2000 w pasmach tercjowych od 25 Hz do 10 kHz.

Z tego względu w artykule tym przeprowadzono analizę przydatności ww. modeli propagacji dźwięku do prognozowania ILFN generowanego przez turbiny wiatrowe w zakresie częstotliwości od 4 Hz do 250 Hz. Wyniki obliczeń zostały porównane z wynikami pomiarów, które przeprowadzono na jednej z farm wiatrowych zlokalizowanej w centralnej części Polski. Przeprowadzono nieparametryczne testy statystyczne na poziomie istotności $\alpha = 0.05$ w celu zbadania czy istnieją różnice istotne statystycznie pomiędzy wynikami pomiarów i prognoz. Przeprowadzone analizy wykazały, że przy wykorzystaniu metody Nord2000 otrzymujemy najdokładniejsze wyniki prognoz, ale zgromadzenie wymaganych danych meteorologicznych, które należy wprowadzić do modelu może być problematyczne. W przypadku metody ISO 9613-2 zgromadzenie wymaganych danych meteorologicznych nie powoduje dużych problemów, ale wyniki prognoz są mniej dokładne niż w przypadku metody Nord2000. Badania zostały dofinansowane z funduszy norweskich na lata 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (projekt nr NOR/POLNOR/Hetman/0073/2019-00) oraz przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego - projekt nr 16.16.130.942.

PHONATION TYPE IDENTIFICATION AND VOICE QUALITY ANALYSIS USING A NON-INVASIVE METHOD

Krzysztof Szklanny, Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych, Warszawa

Phonation type identification and voice quality analysis are often performed using invasive methods. The aim of this work is to determine whether such results can be reproduced by using acoustic analysis, which is a non-invasive method. The research is composed of two experiments conducted on two groups of about 20 people working with voice every day to calculate values of voice quality parameters (i.e. PS, NAQ, CPP, HNR). One experiment focuses on recording voice in sound studio, while another focuses on collecting data using a dedicated mobile app. Samples are then analyzed to examine the effects of vocal exhaustion on voice quality, as well as the differences between distinct groups of test subjects. Additionally, study answers a question whether hydration or working with voice professionally impacts voice quality.

MODELLING OF THE ACOUSTIC PROPERTIES OF FOAMED POLYPROPYLENE PANELS

Patrycja Świrk, Lucyna Leniowska

University of Rzeszów, Aleja Rejtana 16c, Rzeszów, Poland

The article presents research on modelling baffles with the desired properties of the sound absorption coefficient (SAC). The aim of the research is to compare theoretical methods for determining the SAC with experimental results for panels based on foamed polypropylene. The sound-absorbing properties of the modelled panels determined on the basis of theoretical models were compared with the results

of real measurements for selected material configurations, using the technique of two microphones in an impedance tube. This allowed us to choose the model that shows the smallest discrepancy from the actual results. The results can be used to improve the SAC and efficiency of acoustic panels whose basic material is foamed polypropylene.

METODY AKUSTYCZNE W DIAGNOZOWANIU CHOROBY PARKINSONA

Filip Ulmaniec, Maciej Kłaczyński

AGH - Akademia Górniczo Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Karolina Porębska, Małgorzata Dec-Ćwiek

Uniwersytet Jagielloński – Collegium Medicum w Krakowie

Wydział Lekarski, Katedra i Klinika Neurologii

Niniejszy referat dotyczy określenia przydatności i możliwości wykorzystania sygnału mowy w kontekście badań przesiewowych lub obiektywnego monitorowania postępu leczenia chorób neurodegeneracyjnych. Zespół AGH stworzył aplikację na urządzenie mobilne (smartfon), która wykorzystuje wbudowany w urządzenie mikrofon do rejestracji przebiegu poziomu ciśnienia akustycznego podczas wypowiedzianego przez pacjenta testu fonetycznego. Stawianym zadaniem badawczym jest znalezienie parametrów estymowanych z przebiegów czasowych sygnału mowy które w obiektywny i potwierdzony statystycznie sposób różnicują stany choroby Parkinsona. Badania są przeprowadzane w ramach pozwolenia Komisji Bioetycznej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie nr 1072.6120.271.2019 u chorych w różnym stadium zaawansowania choroby Parkinsona (wg skali Hoehn & Yahr) w Poradni Przyklinicznej Kliniki Neurologii Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie.

Praca powstała w ramach realizacji subwencji badawczych AGH i CMUJ w Krakowie

ACOUSTIC METHODS IN THE DIAGNOSIS OF PARKINSON'S DISEASE

This paper is concerned with determining the usefulness and feasibility of using speech signals in the context of screening or objective monitoring of the progress of treatment of neurodegenerative diseases. The AGH team has developed an application for a mobile device (smartphone) that uses the device's built-in microphone to record the sound pressure level waveform during a patient's spoken phonetic test. The research task at hand is to find parameters estimated from the time waveforms of the speech signal that objectively and statistically validatedly differentiate Parkinson's disease states. The research is carried out under the permission of the Bioethics Committee of the Jagiellonian University in Cracow No. 1072.6120.271.2019 in patients with different stages of Parkinson's disease (according to the Hoehn & Yahr scale) in the Outpatient Clinic of the Department of Neurology at the University Hospital in Cracow.

The work was created as part of the realization of research grants from AGH and CMUJ in Cracow.

VISUALIZATION OF COHERENT AND PERTURBED VECTOR STRUCTURES OF ACOUSTIC FLOWS IN OPEN-ENDED WAVEGUIDES

Stefan Weyna, West Pomeranian University of Technology in Szczecin (Poland).

This paper describes methods for visualizing the 2D and 3D acoustic structures that form in acoustic flow fields under free or confined conditions. Images of sound intensity fluxes in circular and square waveguides are created in 2D and 3D forms. The recorded spatial forms of acoustic structures studied using the SI_AOD+AI method (sound intensity_acoustic orthogonal

decomposition + acoustical imaging), proposed by the author, show how these methods can help researchers to understand the complex flow of acoustic energy in real confined fields and how strongly acoustic flows are related to fluid mechanics and new sound theory - Vortex Sound Theory. The visualized results are presented either as a moving acoustic wave front or as iso surfaces of intensity changing in 3D space. Such forms of graphical wave imaging are not available in conventional acoustic metrology. In conventional acoustic metrology, acoustic field analysis refers only to the distribution of sound pressure levels. In a real acoustic field, both the scalar effect (sound pressure) and the vector effect (acoustic particle velocity) are closely related to each other and are expressed in terms of sound intensity - a vector acoustic wave parameter representing the energy flux in the acoustic field. The author highlighted the value of using vector acoustics to study acoustic phenomena such as reflection, refraction and scattering of acoustic waves occurring at obstacles introduced into acoustic flow fields. The imaging of flows in waveguides also explains the importance but so far under-recognized phenomena associated with disturbed flow in duct systems.

In article are described a new in acoustic research methods based on measurement sound intensity (SI) and laser anemometry techniques (PIV, LDA) in combination with graphical presentation as acoustical imaging (AI) of the field distribution of acoustic wave flows. SI analyses are supported by acoustic orthogonal decomposition (AOD) of disturbed acoustic vector fields with a turbulent structure. The new method proposed by the author for investigating perturbed acoustic flows, provides a full range of possibilities for interpreting the energy effects occurring in real acoustic fields. Combined with acoustical imaging of the results, allows a comprehensive interpretation of noise causes, and becomes a highly effective tool for noise abatement on living and industrial are. With its new, holistic approach to explaining the mechanism of material and airborne sound penetration into interiors, it allows noise analyses to assess the acoustic power balance of local noise sources, which is the basis for selecting optimal noise reduction methods. The author will present the results of tests and analyses carried out using the SI_AOD+AI method on the example of experimental studies of acoustic flows in open-ended acoustic waveguides with circular and square cross-sections, the results of which can be related to acoustic phenomena occurring in industrial HVAC (hitventilation-air conditioning) installations.

In the conclusion of the article, the author points out that the new sound theory VST, together with vector acoustics images, changes the paradigm of classical acoustics, suggesting a shift from pressure acoustics to particle velocity acoustics.

ACOUSTIC PROPERTIES OF THE MICRO-PERFORATED SILENCERS IN THE AIR-FLOW

Kamil WÓJCIAK¹, Joanna Maria KOPANIA², Patryk GAJ³

¹ Institute of Power Engineering, Mory 8, 01-330 Warsaw, Poland, ORCID: 0000-0002-3672-1788

² Lodz University of Technology, Żeromskiego 116, 90-924 Lodz, Poland, ORCID: 0000-0001-9162-6479

³ Institute of Power Engineering, Mory 8, 01-330 Warsaw, Poland, ORCID: 0000-0001-6436-3466

Corresponding author: Kamil WÓJCIAK, email: kamil.wojciak@itc.edu.pl

Micro-perforated panels (MPPs) are known as thin sheets. There are perforated thickness through hole with sized in the sub-millimeter range. With holes on such a small scale, the panels alone can provide high acoustic resistance and low acoustic reactance, conducive to effective sound absorption. Micro-perforated liners can be useful for attenuation in the low-frequency noise in ducted. The main objective of the paper is to compare the influence of testing facilities on the measured aeroacoustic performance of tested prototype silencers under an airflow between 2 and 12 m/s. This standard specifies the methods of ISO 7235 for determining the sound power level of the flow noise generated by silencers, the total pressure of silencers, and the insertion loss of silencers with and without airflow by using the substitute object. In this work, we focused on the correlation between the size of the hole in the studied silencers and its acoustic parameters, and also its relation to the insertion loss of silencers.

Keywords: silencer, insertion loss, experimental test, aeroacoustic

ZMIANY PARAMETRÓW AKUSTYCZNYCH BETONU W RÓŻNYCH ETAPACH PROCESU JEGO DOJRZEWANIA

Piotr Wrzeciono¹, Hydayatullah Bayat², Michał Szymański¹

¹ Instytut Informatyki Technicznej SGGW w Warszawie

² Instytut Inżynierii Lądowej SGGW w Warszawie

Artykuł prezentuje badania związane z pomiarami parametrów akustycznych dokonywanych w procesie twardnienia. Analizowano przede wszystkim współczynnik pochłaniania dźwięku. Pomiary były realizowane z wykorzystaniem falowodu okrągłego oraz gaussowskich paczek falowych, dla częstotliwości od 200 Hz do 1400 Hz. Próbkę betonu zostały wykonane w postaci zatyczek falowodów. Podczas testów wykorzystano próbki o następujących grubościach: 3cm, 6cm oraz 9 cm. Podczas prac związanych z przeprowadzaniem eksperymentem udoskonalono algorytmy detekcji akustycznych paczek falowych. Wyniki eksperymentów umożliwiają rozpoznanie stanu dojrzwania betonu wyłącznie metodami akustycznymi w pasmie słyszalnym.

3D SPATIAL DISTRIBUTION OF ACOUSTIC PARAMETERS IN THE SOUND RECORDING STUDIO AT THE WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Jan ŻERA¹, Tadeusz FIDECKI², Maciej JASIŃSKI¹, Aleksandra DUDEK¹, Paulina GOLUCH¹

¹ Warsaw Institute of Technology, Faculty of Electronics and Information Technology, Institute of Radioelectronics and Multimedia Technology, Nowowiejska 15/19, 00-665, ORCID: 0000-0000-00000000

² AUDIOVID FF, ul. Edwarda Dembowskiego 3/10, 02-784 Warszawa

Since the opening of the Faculty of Electronics and Information Technology building in the 1960s, the acoustics laboratory has been equipped with a sound recording studio, with a volume of approximately 300 m³. Recently, this studio underwent a complete redesign, remodelling, and refurbishment. Given the relatively small volume of the room, its interior was designed not only to achieve the desired reverberation time but also to ensure proper diffusiveness of the sound field. To accomplish this, the acoustical system within the 6-meter high room was divided into three horizontal layers. The bottom layer features Schroeder diffusers with a fractal structure, the middle layer consists of random blocks with diffusive wall shapes, and the upper layer contains soundabsorbing material to control the final reverberation time. This paper reports measurements of the reverberation time (RT), early decay time (EDT), clarity (C80), and interaural cross-correlation (IACC) coefficients to assess the sound field diffusiveness, which is particularly important for a room of this volume. Measurements were taken at standard heights of 1.5 meters (sound source) and 1.3 meters (microphone) above the floor, as well as at 3.4 meters (mid-layer) and 5.5 meters (top layer) above the floor. This approach extended the commonly used room acoustics measurement techniques to test the entire volume of the room, which was justified by its intended use for a 3D sound reproduction system with loudspeakers placed on the floor and about 3.4 meters above the floor. The results demonstrated a proper and highly uniform distribution of all measured parameters both horizontally and vertically. This finding is supported by positive evaluations from sound engineers and music performers who have worked in the studio.