

XXII KONFERENCJA INŻYNIERII AKUSTYCZNEJ I BIOMEDYCZNEJ



XXII CONFERENCE ON ACOUSTIC AND BIOMEDICAL ENGINEERING

Janusz Piechowicz

Kraków – Zakopane, 10–13 kwietnia 2018

Honorowy Patronat:

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Kozaczka
Przewodniczący Komitetu Akustyki Polskiej Akademii Nauk

Prof. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz
Dziekan Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej

Organizatorzy:

Polskie Towarzystwo Akustyczne Oddział w Krakowie
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki – WIMiR AGH
Akademia Muzyczna w Krakowie
Komitet Akustyki Polskiej Akademii Nauk
Vitberg

Komitet naukowy:

Przewodniczący: Prof. dr hab. inż. Jerzy Wiciak

Dr hab. inż. Adam Brański prof. PRz
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Dąbrowski
Dr hab. Barbara Gambin, prof. IPPT PAN
Prof. dr hab. inż. Grażyna Grelowska
Dr hab. Tadeusz Kamisiński, prof. AGH
Dr hab. Janusz Kompała, prof. GIG
Prof. dr hab. inż. Piotr Kleczkowski
Dr hab. inż. Marek Kozień prof. PK
Dr hab. inż. Lucyna Leniowska, prof. UR
Dr hab. inż. Dariusz Pleban, prof. CIOP-PIB
Dr hab. inż. Leszek Radziszewski, prof. PŚw
Prof. dr hab. inż. Wojciech Rdzanek
Dr hab. Ewa Skrodzka, prof. UAM
Dr hab. inż. Tadeusz Wszolek, prof. AGH
Dr hab. inż. Wiesław Wszolek, prof. AGH

Komitet organizacyjny:

dr hab. inż. Janusz Piechowicz
dr inż. Bartłomiej Borkowski
dr inż. Ireneusz Czajka
dr inż. Dorota Czopek
dr inż. Katarzyna Suder-Dębska
dr Marek Pluta
dr inż. Andrzej Uhryński
mgr inż. Roman Trojanowski

Redakcja merytoryczna: Janusz Piechowicz (AGH)

Skład i redakcja techniczna: Bartłomiej Borkowski (AGH), Ireneusz Czajka (AGH)

Spis treści

AKUSTYKA BUDOWLI	9
OCENA DOKŁADNOŚCI ODTWARZANIA DŹWIĘKÓW IMPULSOWYCH W MAŁYCH POMIESZCZENIACH PROSTOPADŁOŚCIENNYCH ACCURACY ASSESSMENT OF SOUND BURST REPRODUCTION IN SMALL RECTANGULAR ROOMS	9
ANALIZA BUDŻETU NIEPEWNOŚCI W POMIARACH TERENOWYCH IZOLACYJNOŚCI PRZEGRÓD BUDOWLANYCH OD DŹWIĘKÓW POWIETRZNYCH. ANALYSIS OF THE BUDGET OF UNCERTAINTY IN THE FIELD MEASUREMENTS OF INSULATION OF BUILDING PARTITIONS FROM AIRBORNE SOUNDS.	10
AKUSTYKA I MUZYKA	11
MUZYKA METALOWA PO CYFROWEJ REWOLUCJI – OD INŻYNIERII AKUSTYCZNEJ DO TECHNO-ESTETYKI METAL MUSIC AFTER DIGITAL REVOLUTION - FROM ACOUSTIC ENGINEERING TO TECHNO-AESTHETICS	11
O MOŻLIWOŚCIACH ZASTOSOWANIA TECHNIK WYSZUKIWANIA INFORMACJI W STYLOMETRYCZNEJ ANALIZIE MUZYKI ON THE CAPABILITIES OF THE INFORMATION RETRIEVAL TECHNIQUES AS APPLIED TO THE STYLOMETRIC ANALYSIS OF MUSIC	12
1, 2, 3... TEMPO	13
KORPUS AUTOMATYCZNEGO SYNTEZATORA FRAZY DLA INSTRUMENTÓW DĘTYCH ORKIESTRY SYMFONICZNEJ THE CORPUS OF THE AUTOMATIC PHRASE SYNTHESIZER FOR WIND INSTRUMENTS OF THE SYMPHONY ORCHESTRA	14
WYBRANE ASPEKTY IMPLEMENTACJI METODY RÓŻNIC SKOŃCZONYCH W SYNTEZIE DŹWIĘKU SELECTED ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE FINITE DIFFERENCE METHOD IN SOUND SYNTHESIS	15
ALTERNATYWNE ŹRÓDŁA DŹWIĘKU W POMIARACH AKUSTYCZNYCH – ANALIZA I ZASTOSOWANIE SELECTED ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE FINITE DIFFERENCE METHOD IN SOUND SYNTHESIS	16

AKUSTYKA MOWY, SŁYSZENIA I AUDIOLOGIA	17
PROGOWA ZROZUMIAŁOŚĆ MOWY MASKOWANEJ SZUMEM W POLSKICH TESTACH JĘZYKOWYCH. SPEECH RECEPTION THRESHOLD FOR POLISH SPEECH TESTS PRESENTED IN MASKING CONDITIONS.	17
OCENA PARAMETRYCZNA TORU GŁOSOWEGO OSÓB PO ZABIEGU LARYNGEKTOMII PARAMETRIC ASSESSMENT OF POST LARYNGECTOMY VOCAL TRACT . .	18
WIBROAKUSTYCZNE OBRAZOWANIE MOWY ZDEFORMOWANEJ	19
KRAJOBRAZY DŹWIĘKOWE	20
KRAJOBRAZ DŹWIĘKOWY SPITSBERGENU – ZREALIZOWANE I PRZYSZŁE BADA DANIA	20
KRAJOBRAZY DŹWIĘKOWE OSAD ARKTYCZNYCH SPITSBERGENU	21
ANALIZA KRAJOBRAZU DŹWIĘKOWEGO WYBRANYCH MIEJSC W OBSZARZE ZARZĄDZANIA 10 NA SPITSBERGENIE	22
INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA	23
STABILIZACJA TEMPERATURY ORGANU PODCZAS ZABIEGU TRANSPLANTACJI UTWARDZANIE MATERIAŁU DETNTYSTYCZNEGO CLEARFIL F2 OPISANE PRZEZ KOMPOZYTOWY MODEL REOLOGICZNY SOLIDIFICATION OF DENTAL MATERIAL CLEARFIL F2 DESCRIBED BY COMPOSITE RHEOLOGICAL MODEL	23
EFEKTYWNOŚĆ HIPERTERMII ULTRADŹWIĘKOWEJ W AGAROWYCH WZORCACH TKANKI MIĘKKIEJ DOMIESZKOWANYCH RÓŻNYMI SKŁADNIKAMI .	24
POWIĄZANIE PARAMETRÓW STRUKTURY Z WŁAŚCIWOŚCIAMI SYGNAŁÓW WSTECZNIE ROZPROSZONYCH POPRZEZ UPRZEPROWADZENIE BADAŃ NA WZORCACH NITKOWYCH LINKING OF STRUCTURAL PARAMETERS TO PROPERTIES OF ULTRASOUND BACKSCATTERED SIGNALS BY THE THREADS PHANTOMS STUDY. .	26
ULTRADŹWIĘKOWE POMIARY WŁAŚCIWOŚCI TKANKO-PODOBNYCH MATE RIALÓW KOMPOZYTOWYCH W CELU OSZACOWANIA WPŁYWU RÓŻNYCH SKŁADNIKÓW NA SPRĘŻYSTOŚĆ, IMPEDANCJĘ AKUSTYCZNĄ I ABSORPCJĘ TYCH MATERIAŁÓW. ULTRASONIC MEASUREMENTS OF TISSUE-LIKE COMPOSITE MATERIALS PROPERTIES APPLIED TO QUANTIFY THE INFLUENCE OF DIFFERENT COMPONENTS ON THE DYNAMIC ELASTICITY, ACOUSTIC IMPEDANCE AND ULTRASOUND ABSORPTION IN THIS MATERIALS	27
WPŁYW ZABIEGÓW Z WYKORZYSTANIEM WIBRACJI OSCYLACYJNO- CYKLOIDALNEJ NA PROFIL LIPIDOWY KRWI U KOBIET W WIEKU POST- MENOPAUZALNYM EFFECT OF OSCILLATING-CYCLOID VIBRATION THERAPY ON LIPID PROFILE IN POSTMENOPAUSAL WOMEN	28

OCENA WPŁYWU TRENINGU DRGANIAMI OGÓLNYMI (WBV) 3,2 Hz NA PARAMETRY FUNKCJONALNE ORGANIZMU CZŁOWIEKA EFFECT OF OSCILLATING-CYCLOID VIBRATION THERAPY ON LIPID PROFILE IN POSTMENOPAUSAL WOMEN	29
MECHANIZMY WPŁYWU DRGAŃ I WIBRACJI NA ORGANIZM CZŁOWIEKA	30
PARAMETRY STYMULACJI DRGANIAMI W ŁAGODZENIU DOLEGLIWOŚCI BÓLOWYCH PARAMETERS OF VIBRATION STIMULATION IN PAIN TREATMENT	31
PODSTAWY FIZYCZNE ULTRADŹWIĘKOWEJ METODY HIFU LECZENIA MIĘŚNIĄKÓW PHYSICAL BASIS OF THE ULTRASOUND HIFU METHOD OF TREATMENT OF MYOMA	32
METODY NUMERYCZNE I NARZĘDZIA PROGRAMOWE W AKUSTYCE	34
MODELOWANIE HAŁASU WENTYLATORA OSIOWEGO	34
BIONICZNA DŁOŃ – NARZĘDZIE DO SYMULACJI GRY CZŁOWIEKA NA GITARZE AKUSTYCZNEJ BIONIC HAND - A TOOL TO SIMULATE A HUMAN PLAYING ON AN ACOUSTIC GUITAR	35
WIRTUALNA WYCIECZKA DŹWIĘKOWA VIRTUAL SOUND TOUR	36
BADANIA NUMERYCZNE WPŁYWU PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH WENTYLATORA PROMIENIOWEGO NA GENEROWANY HAŁAS NUMERICAL INVESTIGATIONS OF THE INFLUENCE OF DESIGN PARAMETERS ON THE RADIAL FAN GENERATED NOISE	37
WPŁYW POŁOŻENIA I WIELKOŚCI WARSTWY WEWNĘTRZNEJ NA SKUTECZNOŚĆ 2-WARSTWOWYCH AKTUATORÓW PIEZOELEKTRYCZNYCH. THE INFLUENCE OF THE POSITION AND SIZE OF THE INNER LAYER ON THE EFFECTIVENESS OF 2-LAYER PIEZOELECTRIC ACTUATORS.	37
WIBROAKUSTYKA W TECHNICIE I ŚRODOWISKU	39
PROMIENIOWANIE DŹWIĘKU TŁOKA KOŁOWEGO UMIESZCZONEGO NA DNIE OTWARTEJ PROSTOKĄTNEJ WNEKI - WSTĘPNE WYNIKI DOŚWIADCZALNE SOUND RADIATION BY A CIRCULAR PISTON LOCATED AT THE BOTTOM OF AN OPEN RECTANGULAR CAVITY - PRELIMINARY EXPERIMENTAL RESULTS	39
ANALIZA SKUTECZNOŚCI ZAKOŃCZENIA BEZECHOWEGO TUBY CYLINDRYCZNEJ ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE TERMINATION OF THE ANECHOIC CYLINDRICAL TUBE	40
DROGOWE EKRANY AKUSTYCZNE – WYBAWIENIE CZY PRZEKLEŃSTWO EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE EFFECT OF PROPAGATION PATH ON THE SELECTED PARAMETERS OF HIGHLY IMPULSIVE NOISE	41

ANALIZA WPŁYWU WARUNKÓW PRACY NA PARAMETRY DIAGNOSTYCZNE W WIBROAKUSTYCE MASZYN ANALYSIS OF THE IMPACT OF WORKING CONDITIONS ON DIAGNOSTIC PARAMETERS IN VIBROACOUSTICS OF MACHINES	42
ZASTOSOWANIE RÓŻNYCH SYGNAŁÓW POMIAROWYCH DO POMIARÓW LA- BORATORYJNYCH IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ OD DŹWIĘKÓW PO- WIETRZNYCH THE USE OF VARIOUS MEASUREMENT SIGNALS FOR LABORATORY ME- ASUREMENT OF AIRBORN SOUND INSULATION	43
WPŁYW ZAŁOŻEŃ DOTYCZĄCYCH ROZKŁADU PRAWDOPODOBIEŃSTWA DŁU- GOOKRESOWYCH WSKAŹNIKÓW HAŁASU NA NIEPEWNOŚĆ	45
NARAŻENIE NA HAŁAS W ZAKŁADACH OPAKOWAŃ METALOWYCH NOISE EXPOSURE IN METAL PACKAGING	45
BADANIA IZOLACYJNOŚCI PRZEMYSŁOWYCH EKRAŃÓW AKUSTYCZNYCH W WARUNKACH POLA POGŁOSOWEGO ACOUSTIC INSULATION TESTS OF INDUSTRIAL NOISE SCREENS IN THE REVERBERANT FIELD CONDITIONS	46
ZINTEGROWANY WIELOKANALOWY SYSTEM POMIAROWY DO BADANIA PARA- METRÓW POLA AKUSTYCZNEGO W POMIESZCZENIU INTEGRATED MULTI-CHANNEL MEASUREMENT SYSTEM FOR DETERMI- NING THE SOUND FIELD PARAMETERS IN A ROOM	47
SEKCJA PRAC STUDENCKICH – KONKURS IM. WŁA- DYŚŁAWA BOGUSZA	48
BADANIA DOŚWIADCZALNE WPŁYWU DROGI PROPAGACJI NA WYBRANE PA- RAMETRY HAŁASU WYSOKOIMPULSOWEGO EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE EFFECT OF PROPAGATION PATH ON THE SELECTED PARAMETERS OF HIGHLY IMPULSIVE NOISE	48
WPŁYW DUDNIEŃ BINAURALNYCH NA WYBRANE PARAMETRY PSYCHOMO- TORYCZNE CZŁOWIEKA BINAURAL BEATS INFLUENCE ON HUMAN PSYCHOMETRIC PARAMETERS	49
OCENA JAKOŚCI KOMORY POGŁOSOWEJ W BADANIACH MODELOWYCH Z WYKORZYSTANIEM METOD OBLICZANIA STOPNIA ROZPROSZENIA POLA AKUSTYCZNEGO EVALUATION OF THE REVERBERANT CHAMBER QUALITY IN MODELING TESTS BY USING THE DIFFUSENESS ESTIMATION METHODS	49
OBLICZANIE MOCOWEGO WSPÓŁCZYNNIKA TŁUMIENIA NA POTRZEBY PO- MIARÓW CHŁONNOŚCI AKUSTYCZNEJ PRÓBEK WYKONANYCH W SKALI THE CALCULATION OF SOUND INTENSITY ATTENUATION COEFFICIENT FOR THE NEEDS OF SOUND ABSORPTION MEASUREMENTS IN SCALE MODELS	51
ROBOPERKUSISTA - NARZĘDZIE DO ANALIZY DŹWIĘKU WYDOBYWANEGO Z INSTRUMENTU MEMBRANOWEGO ROBODRUMMER - TOOL FOR SOUND CHARACTERISTICS ANALYSIS OF A MEMBRANE INSTRUMENT	52

<hr/>	
GITARA MODUŁOWA – NOWA KONCEPCJA BADANIA INSTRUMENTÓW MUZYCZNYCH MODULAR GUITAR – A NEW METHOD OF MUSICAL INSTRUMENTS MEASURING	53
SYSTEM STEROWANIA RAMIENIEM MIKROFONÓW POMIAROWYCH A SYSTEM FOR MEASUREMENT MICROPHONE ARM STEERING	54
MODELOWANIE SPRĘŻENIA POŁA AKUSTYCZNEGO I POŁA PRZEPIYU NA PRZYKŁADZIE FLETU ZE ZBIORÓW MUZEUM ŚLĄSKA CIESZYŃSKIEGO . .	55
PRACE KONKURSOWE	56
BADANIA DOŚWIADCZALNE WPŁYWU DROGI PROPAGACJI NA WYBRANE PARAMETRY HAŁASU WYSOKOIMPULSOWEGO EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE EFFECT OF PROPAGATION PATH ON THE SELECTED PARAMETERS OF HIGHLY IMPULSIVE NOISE	56
WPŁYW DUDNIEŃ BINAURALNYCH NA WYBRANE PARAMETRY PSYCHOMOTORYCZNE CZŁOWIEKA BINAURAL BEATS INFLUENCE ON HUMAN PSYCHOMETRIC PARAMETERS	65
OCENA JAKOŚCI KOMORY POGŁOSOWEJ W BADANIACH MODELOWYCH Z WYKORZYSTANIEM METOD OBLICZANIA STOPNIA ROZPROSZENIA POŁA AKUSTYCZNEGO EVALUATION OF THE REVERBERANT CHAMBER QUALITY IN MODELING TESTS BY USING THE DIFFUSENESS ESTIMATION METHODS	73
OBLICZANIE MOCOWEGO WSPÓŁCZYNNIKA TŁUMIENIA NA POTRZEBY POMIARÓW CHŁONNOŚCI AKUSTYCZNEJ PRÓBEK WYKONANYCH W SKALI THE CALCULATION OF SOUND INTENSITY ATTENUATION COEFFICIENT FOR THE NEEDS OF SOUND ABSORPTION MEASUREMENTS IN SCALE MODELS	81
ROBOPERKUSISTA - NARZĘDZIE DO ANALIZY DŹWIĘKU WYDOBYWANEGO Z INSTRUMENTU MEMBRANOWEGO ROBODRUMMER - TOOL FOR SOUND CHARACTERISTICS ANALYSIS OF A MEMBRANE INSTRUMENT	88
GITARA MODUŁOWA - NOWA KONCEPCJA BADANIA INSTRUMENTÓW MUZYCZNYCH MODULAR GUITAR – A NEW METHOD OF MUSICAL INSTRUMENTS MEASURING	96
SYSTEM STEROWANIA RAMIENIEM MIKROFONÓW POMIAROWYCH A SYSTEM FOR MEASUREMENT MICROPHONE ARM STEERING	104
MODELOWANIE SPRĘŻENIA POŁA AKUSTYCZNEGO I POŁA PRZEPIYU NA PRZYKŁADZIE FLETU ZE ZBIORÓW MUZEUM ŚLĄSKA CIESZYŃSKIEGO . .	112

AKUSTYKA BUDOWLI

Opiekunowie sesji:
JANUSZ PIECHOWICZ

MIROŚLAW MEISSNER

OCENA DOKŁADNOŚCI ODTWARZANIA DŹWIĘKÓW IMPULSOWYCH W MAŁYCH POMIESZCZENIACH PROSTOPADŁOŚCIENNYCH ACCURACY ASSESSMENT OF SOUND BURST REPRODUCTION IN SMALL RECTANGULAR ROOMS

MIROŚLAW MEISSNER

IPPT PAN

W zakresie małych częstotliwości wzbudzone mody akustyczne mają duży wpływ na jakość odtwarzania dźwięku w małych pomieszczeniach prostopadłościennych. O ile problem oddziaływania modów akustycznych na odpowiedź częstotliwościową pomieszczenia jest dobrze rozpoznany, to nadal brak dostatecznej wiedzy jaki wpływ mają te mody na odpowiedź czasową pomieszczenia. W pracy problem ten został przeanalizowany od strony teoretycznej przy wykorzystaniu twierdzenia o splocie oraz odpowiedzi impulsowej pomieszczenia uzyskanej za pomocą metody dekompozycji modalnej. Aby określić wpływ częstotliwości na czasową odpowiedź pomieszczenia, do wzbudzenia dźwięku w pomieszczeniu wykorzystano prostokątny impuls sinusoidalny o długości n okresów. Do oceny dokładności odtwarzania takiego impulsu wykorzystano nową metrykę. Bazuje ona na porównaniu obwiedni oryginalnego impulsu z obwiednią ciśnienia zarejestrowanego w różnych punktach pomieszczenia. Obwiednię ciśnienia wyznaczono za pomocą metody wykorzystującej dyskretną transformatę Hilberta. Wyniki dotyczące dokładności odtwarzania impulsu tonalnego porównano z rozkładem przestrzennym ciśnienia akustycznego w stanie ustalonym, aby określić związek pomiędzy odpowiedziami pomieszczenia dla stanu przejściowego i stanu ustalonego.

In the low-frequency range, a sound reproduction in small rectangular rooms is strongly influenced by acoustic modes of a room. While the spectral impact of acoustic modes on a room response is well understood, there is less information on how modes alter the temporal response of a room. In the work this issue has been examined theoretically using the convolution theorem and a modal description of the room impulse response. To determine the effect of a sound frequency on the temporal room response, the usual tone burst was used as an acoustic excitation of a room. Consequently, the tone burst was modeled by the n -cycle continuous sine wave multiplied by the rectangular window. To evaluate an accuracy of the tone burst reproduction, a new metric was

introduced. It compares the energy envelope of a source signal and the envelope of a pressure signal at different receiver positions. The pressure envelope was predicted by applying the discrete Hilbert transform. An accuracy of the tone burst reproduction was compared to the spatial distribution of a sound pressure at steady-state to determine a connection between the transient and steady-state room responses.

ANALIZA BUDŻETU NIEPEWNOŚCI W POMIARACH TERENOWYCH IZOLACYJNOŚCI PRZEGRÓD BUDOWLANYCH OD DŹWIĘKÓW POWIETRZNYCH.

ANALYSIS OF THE BUDGET OF UNCERTAINTY IN THE FIELD MEASUREMENTS OF INSULATION OF BUILDING PARTITIONS FROM AIRBORNE SOUNDS.

TADEUSZ WSZOLEK; TYTUS STRYCNIEWICZ

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Wyznaczenie izolacyjności przegród budowlanych od dźwięków powietrznych, należy do kluczowych aspektów oceny klimatu akustycznego wewnątrz pomieszczeń. Jednoliczbowy wskaźnik izolacyjności oraz widmowe wskaźniki adaptacyjne, zależą od szeregu czynników, które mają wpływ na jego wynik. Należą do nich między innymi poziomy ciśnienia akustycznego wewnątrz komory nadawczej i odbiorczej, czas pogłosu, powierzchnia badanej przegrody oraz objętość pomieszczenia. Opracowanie oraz analiza obszernego budżetu niepewności dotyczącego tego procesu jest celem referatu. Na potrzeby pracy wykonano pomiary izolacyjności przegród budowlanych od dźwięków powietrznych zgodnie z normą PN-EN ISO 16283-1:2014-05, w wybranych budynkach mieszkalnych na terenie miasta Krakowa. Kolejno, wykonano analizę budżetu niepewności, wskazując czynniki mające największy wpływ na wynik niepewności pomiarowej. Ukazano także szczegółową problematykę towarzyszącą temu procesowi.

Determination of the insulation of building partitions from airborne sounds is one of the key aspects of the assessment of the indoor climate. The single-number insulation index and the spectral adaptive factors depend on a number of factors that affect its result. These include, among others, sound pressure levels inside the transmitting and receiving chamber, reverberation time, surface of the tested partition and the volume of the room. The elaboration and analysis of a extensive budget of uncertainty regarding this process is the goal of the paper. For the needs of the work, insulation measurements of building partitions from airborne sound were carried out in accordance with the PN-EN ISO 16283-1: 2014-05 standard, in selected residential buildings in the city of Cracow. Subsequently, the uncertainty budget analysis was performed, indicating the factors having the greatest impact on the measurement uncertainty result. It also presents the detailed problems accompanying this process.

AKUSTYKA I MUZYKA

Opiekunowie sesji:

MAREK PLUTA

MATEUSZ BIEŃ

MUZYKA METALOWA PO CYFROWEJ REWOLUCJI – OD INŻYNIERII AKUSTYCZNEJ DO TECHNO-ESTETYKI METAL MUSIC AFTER DIGITAL REVOLUTION - FROM ACOUSTIC ENGINEERING TO TECHNO-AESTHETICS

ANDRZEJ MĄDRO

Akademia Muzyczna w Krakowie

Przesterowane brzmienie gitary stało się dla muzyki rockowej i metalowej nie tylko znakiem rozpoznawczym, ale i jakością fundamentalną. Inżynieria owego brzmienia – i jego najrozmaitszych wariantów – od początku opierała się na znajdowaniu i wykorzystaniu coraz to nowych urządzeń analogowych (wzmacniaczy i przetworników) oraz ich konfiguracji, ale po cyfrowej rewolucji zyskała także szansę na zaistnienie i rozwój w domenie cyfrowej. Z jednej strony pozwoliło to na przekroczenie ograniczeń hardware'u i nieskrępowaną wirtualizację brzmienia, z drugiej zaś umożliwiło wyabstrahowanie i modelowanie barwy za pomocą interaktywnych interfejsów graficznych.

Rewolucja w procesie nagrywania domowego, a później dystrybuowania i promocji, pozwoliła już u progu XXI wieku zaistnieć nowym scenom muzycznym, spośród których na największą uwagę zasługuje djent. Dla wielu twórców i muzyków-producentów związanych z podobnymi, zwłaszcza progresywnymi nurtami muzyki metalowej, zdigitalizowany i zwirtualizowany proces reżyserii i produkcji dźwiękowej staje się nie tylko ważnym elementem kompozycji muzycznej, ale i aktem twórczym samym w sobie. W perspektywie estetycznej dochodzi tu do swego rodzaju przewartościowania: brzmienie przesterowane, z natury swej szumowe, szorstkie, „brudne”, ma stać się wyraziste, wyrafinowane, piękne – choć w nieco innym już tego słowa znaczeniu.

**O MOŻLIWOŚCIACH ZASTOSOWANIA TECHNIK WYSZUKIWANIA
INFORMACJI W STYLOMETRYCZNEJ ANALIZIE MUZYKI
ON THE CAPABILITIES OF THE INFORMATION RETRIEVAL TECH-
NIQUES AS APPLIED TO THE STYLOMETRIC ANALYSIS OF MUSIC**

MARCIN STRZELECKI

Akademia Muzyczna w Krakowie

Zagadnienie tak zwanego „stylu muzycznego” jest powszechnie dyskutowane w świecie muzyków. Jest częścią codziennej teorii i praktyki muzycznej. Jest też, jednocześnie, różnorako definiowane (historycznie, geograficznie, gatunkowo, jako styl indywidualny kompozytora, itd). Z punktu widzenia psychologii muzyki, styl jest pewną uchwytną percepcyjnie i poznawczo jakością. Dzięki zaawansowanym technikom pozyskiwania danych muzycznych możliwe jest modelowanie pewnych aspektów procesów natury psychoakustycznej i psychologicznej prowadzących do powstania wrażenia określonego stylu lub stylistycznego podobieństwa. Ponadto, dostęp do dużych baz danych muzycznych umożliwia wyszukiwanie zbliżonych jakościowo „formuł muzycznych” pomiędzy różnymi stylami historycznymi i indywidualnymi, tzw. szkołami kompozytorskimi, oraz – szerzej – kulturami i subkulturami muzycznymi. Możliwości zastosowań tego typu technik są szerokie, od badań etnograficznych i historycznych, przez praktykę kompozytorską, włącznie z kompozycją interaktywną i algorytmiczną, do zastosowań komercyjnych w systemach rekomendacji muzycznych. Wydaje się jednak, że taka optymistyczna perspektywa badawcza jest możliwa do realizacji jedynie dzięki badaniom interdyscyplinarnym. W ramach nauk empirycznych i formalnych (współczesnej akustyki, psychologii i cybernetyki) możliwe jest wypracowanie niezwykle zaawansowanych i subtelnych modeli (przedstawiony zostanie przegląd najważniejszych współcześnie zdobytych technicznych i tendencji rozwoju tej dziedziny. Jednak to muzycy – dzięki edukacji i doświadczeniu szczególnie uwrażliwieni na kwestie stylu – stanowią będą ostateczną ich weryfikację. Stąd, już na etapie projektowania i realizacji owych modeli, warto podjąć taką interdyscyplinarną współpracę.

The question of so called „musical style” is commonly discussed among the world of musicians. It is the matter of everyday music theory and practice. At the same time, it is defined in various ways (historically, geographically, as an individual composer’s style, etc.). From a point of view of psychology, musical style is a particularly perceptible cognitive quality. Thanks to advanced techniques of music information retrieval it is today possible to model some of aspects of those processes of psychoacoustical and psychological nature, which result in sensation of particular style or stylistic similarity. Moreover, with the use of large music databases, it is possible to search for closely related „musical formulas” between different historical and individual styles, „composer’s schools”, and – even wider – between different musical cultures and subcultures. A field of possible applications of such the technology is vast, from ethnography and history of music, through musical composition (including interactive and alghorhytmic composition), to commercial applications in music recommendation

systems. However, it seems obvious, that such the optimistic perspective is only possible to realize through interdisciplinary oriented research. Within empirical and formal sciences (today's acoustics, psychology and cybernetics) it is possible to design advanced and subtle models (the review of most important contemporary achievements and tendencies within this field will be presented). However, it is musicians who – thanks to their education and particular sensitivity of musical style nuances – are playing the role of ultimate verification of such the models. The interdisciplinary collaboration is important right at the stage of designing of those research projects.

1, 2, 3... TEMPO

MATEUSZ BIEŃ

Akademia Muzyczna w Krakowie

Czym jest tempo w muzyce? Wydaje się, że każdy zna odpowiedź na to pytanie. Najbardziej typowa będzie brzmiała prawdopodobnie tak: „Tempo mówi o tym jak szybko jest grany jakiś utwór”. Jeżeli spróbujemy być nieco bardziej dociekliwi usłyszymy, że chodzi o szybkość grania rytmu. Czy tak jest w istocie? Czym różni się tempo od rytmu? I czy pojęcie szybkość jest tu odpowiednie? W teorii muzyki tempo i rytm to dwa oddzielne elementy. Na tempo i jego zmiany używa się pojęcia agogika. Szybkość grania jest więc informacją rytmiczno-agogiczną. Z kolei słowo szybkość jest w polskim języku potocznym stosowane zamiennie ze słowem prędkość. Może właściwszym jest to właśnie określenie (prędkość)? Jednak przy okazji opisywania dźwięku używamy także pojęcia częstość (częstotliwość). Czy tempo jest częstotliwością? No i czego szybkość, prędkość lub częstotliwość powinna być brana pod uwagę? Kolejnych pojedynczych zjawisk (nut) czy ich grup tworzących rytm?

Te z pozoru banalne pytania mogą stać się kluczowe w komputerowych systemach analizy nagrań muzycznych. Dziś rozbicie dowolnego dźwięku na częstotliwości składowe wydaje się być proste. Nowoczesne oprogramowanie (także darmowe) pozwala na swobodną manipulację w zakresie pojedynczego tonu. Jednak właściwa identyfikacja tempa nie jest w praktyce dostępna. Oferowane współcześnie programy DAW (Digital Audio Workstation) dokonują jakiegoś rodzaju analizy rytmiczno-agogicznej, jednak przy naturalnych zmianach tempa występujących podczas gry na instrumencie lub śpiewie programy te popełniają bardzo poważne błędy. W praktyce proces analizy, wymaga wsparcia człowieka, który wskazuje gdzie zaczyna się i kończy fraza. Człowieka, który wskazuje metrum utworu, dzięki czemu program może łatwiej identyfikować takty, będące niejako bardziej ogólnym poziomem grupowania rytmicznego.

Muzyka poprzez epoki rozwinęła bardzo zaawansowane formy zjawisk rytmiczno-agogicznych. Jeżeli wyłączymy z analiz utwory, tworzone w oparciu o prymitywne i w jakimś sensie „sztuczne” i „schematyczne” struktury rytmiczne, wszystko inne: muzyka ludowa, rozrywkowa, klasyczna, jazzowa będzie dla systemu analizy poważnym wyzwaniem. Może więc należy przyjrzeć się jak wykonawcy rozpoznają tempo? Jak się nimi kieruje i sugeruje zmiany agogiczne? Czy ma to coś wspólnego z samym dźwiękiem, a może jest informacją wizualną np. dostarczaną przez dyrygenta? Może bez takiej wzrokowej podpowiedzi nie da się właściwie „odgadnąć” tempa? Możliwe też, że wyko-

nawcy nie są w stanie grać „równo” i „w tempie” bo nie pozwala im na to fizyczność ich ciała i zmysłów? Czy system analizy powinien uwzględniać „humanistyczną” poprawkę na niedoskonałość odwzorowania tempa tak jak robi to ważąc poziomy ciśnienie akustycznych?

The question of so called „musical style” is commonly discussed among the world of musicians. It is the matter of everyday music theory and practice. At the same time, it is defined in various ways (historically, geographically, as an individual composer’s style, etc.). From a point of view of psychology, musical style is a particularly perceptible cognitive quality. Thanks to advanced techniques of music information retrieval it is today possible to model some of aspects of those processes of psycho-acoustical and psychological nature, which result in sensation of particular style or stylistic similarity. Moreover, with the use of large music databases, it is possible to search for closely related „musical formulas” between different historical and individual styles, „composer’s schools”, and – even wider – between different musical cultures and subcultures. A field of possible applications of such the technology is vast, from ethnography and history of music, through musical composition (including interactive and algorithmic composition), to commercial applications in music recommendation systems. However, it seems obvious, that such the optimistic perspective is only possible to realize through interdisciplinary oriented research. Within empirical and formal sciences (today’s acoustics, psychology and cybernetics) it is possible to design advanced and subtle models (the review of most important contemporary achievements and tendencies within this field will be presented). However, it is musicians who – thanks to their education and particular sensitivity of musical style nuances – are playing the role of ultimate verification of such the models. The interdisciplinary collaboration is important right at the stage of designing of those research projects.

KORPUS AUTOMATYCZNEGO SYNTEZATORA FRAZY DLA INSTRUMENTÓW DĘTYCH ORKIESTRY SYMFONICZNEJ THE CORPUS OF THE AUTOMATIC PHRASE SYNTHESIZER FOR WIND INSTRUMENTS OF THE SYMPHONY ORCHESTRA

MAREK PLUTA

Akademia Muzyczna w Krakowie

Artykuł omawia założenia, strukturę oraz zawartość korpusu automatycznego syntezy frazy (ASF) z próbek wielonutowych. ASF jest rozwinięciem metody syntezy samplingowej o elementy metody konkatenacyjnej. Podobnie jak synteza konkatenacyjna generuje naturalne przejścia między dźwiękami, nie wymaga jednak stosowania wielu charakterystycznych dla niej algorytmów i technik – transpozycji próbek, dynamicznej transformacji skali czasu, czy relacyjnych baz danych. W zamian wykorzystuje specjalnie skonstruowany korpus obejmujący kompletny zestaw próbek jedno i wielonutowych, nagranych na potrzeby syntezy. Korpus ten umożliwia syntezę partii instrumentów dętych orkiestry symfonicznej składających się z dowolnych sekwencji wysokości, z zachowaniem naturalnych stanów przejściowych pomiędzy dźwiękami.

Słowa kluczowe: synteza samplingowa, synteza konkatenacyjna, próbki dźwiękowe

The paper presents the assumptions, structure and content of the corpus used in the multi-pitch sample automatic phrase synthesizer (APS). APS is a development of the sampling synthesis method with elements of the concatenative method. Similarly to concatenative synthesis APS produces natural note transitions between sounds, though it does not require the use of many algorithms and techniques characteristic for it, such as the transposition of samples, the dynamic time warping, or relational databases. Instead, it utilises a corpus that includes a complete set of single and multi-pitch samples recorded for the sole purpose of the synthesizer. The corpus allows the synthesis of parts of wind instruments of a symphony orchestra, composed of any sequence of pitches, while preserving natural transitional states between notes.

Keywords: sampling synthesis, concatenative synthesis, sound samples

WYBRANE ASPEKTY IMPLEMENTACJI METODY RÓŻNIC SKOŃCZONYCH W SYNTYZIE DŹWIĘKU

SELECTED ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE FINITE DIFFERENCE METHOD IN SOUND SYNTHESIS

MAREK PLUTA

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Metoda różnic skończonych jest jedną z podstawowych i lepiej poznanych metod stosowanych w syntezie dźwięku opartej na modelowaniu fizycznym. Postępujący na przestrzeni ostatnich kilku lat rozwój innych niż procesory ogólnego przeznaczenia (CPU) jednostek obliczeniowych umożliwił budowanie bardziej skomplikowanych i interesujących z muzycznego punktu widzenia modeli, wykazujących bardziej złożone zachowania w odpowiedzi na określone zmiany charakteru pobudzenia. W pracy przedstawiono przykłady działających modeli i przedyskutowano wybrane aspekty związane z ich implementacją.

Słowa kluczowe: synteza dźwięku metodą modelowania fizycznego, metoda różnic skończonych

Finite difference method is one of the fundamental and better understood methods used in physical modeling sound synthesis. The development of processing units other than general purpose processors (CPUs), which has been progressing over the last few years, allowed to design more sophisticated and musically appealing models that display more complex behaviors in response to specific changes in the nature of excitation mechanism. The paper presents examples of working models and discusses selected aspects related to their implementation.

Keywords: physical modelling sound synthesis, finite difference method

ALTERNATYWNE ŹRÓDŁA DŹWIĘKU W POMIARACH AKUSTYCZNYCH – ANALIZA I ZASTOSOWANIE

KATARZYNA SOCHACZEWSKA; PAWEŁ MAŁECKI; JERZY WICIAK;

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Najpopularniejsze metody pomiaru odpowiedzi impulsowych pomieszczeń, jednocześnie sugerowane przez ISO, charakteryzują się dużą dokładnością oraz powtarzalnością. Jednak wymagania aparaturowe sprawiają, że nie w każdych warunkach możliwe jest ich zastosowanie. Problemem może być m.in. rozmiar i ciężar głośnika, brak dostępu do elektryczności czy utrudniony transport (lotniczy, pieszy). W publikacji znalazł się przegląd metod badawczych stosowanych dotychczas w pomiarach akustyki trudno dostępnych przestrzeni, a także zestawienie wyników dla dwóch proponowanych alternatywnych źródeł dźwięku. Zaproponowano również wytyczne do określania sposobu mierzenia odpowiedzi impulsowych z wykorzystaniem metod alternatywnych, z głównym założeniem optymalizacji rozmiaru źródła, uzyskania możliwie największej powtarzalności i określeniem niepewności pomiarowej wyników. Pod tym kątem przebadano dwa różne źródła – balony (jako źródło impulsowe) oraz głośnik bezprzewodowy (generując sygnał testowy - sinus przestrajany liniowo). Wyniki prezentowanych badań znajdują obecnie zastosowanie podczas pomiarów akustycznych jaskiń.

AKUSTYKA MOWY, SŁYSZENIA I AUDIOLOGIA

Opiekun sesji:
WIESŁAW WSZOŁEK

PROGOWA ZROZUMIAŁOŚĆ MOWY MASKOWANEJ SZUMEM W POLSKICH TESTACH JEZYKOWYCH. SPEECH RECEPTION THRESHOLD FOR POLISH SPEECH TESTS PRESENTED IN MASKING CONDITIONS.

ANNA SCHELENZ

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Celem pracy było porównanie parametru SRT (Speech Reception Threshold – progowa zrozumiałość mowy), wyznaczonego w oparciu o różne polskie testy językowe. Materiał wykorzystany w badaniach obejmował test słowny - Nowe Listy Artykulacyjne w wersji z 2011 roku (NLA), oraz dwa testy zdaniowe - Polski Test Zdaniowy (PTZ) oraz Polski Test Matrycowy (PTM). W testach zastosowano różne sygnały zakłócające mowę, test słowny maskowany był szumem speech noise, natomiast w testach zdaniowych użyto szumu babble noise. Analizę przeprowadzono w trzech etapach: 1) w teście słownym - sprawdzono czy możliwe jest otrzymanie metodą skróconą wyników równoważnych z uzyskanymi klasyczną metodą pomiarową, 2) w testach zdaniowych – wyznaczono parametr SRT dla dwóch wybranych list każdego z testów, 3) dokonano analizy porównawczej testów oraz uzyskanych za ich pomocą rezultatów. W badaniach udział wzięło 10 słuchaczy o słuchu prawidłowym. Analiza wyników badań wykazała, że PTZ jest najbardziej jednorodnym spośród stosowanych testów, największy rozrzut wyników uzyskano natomiast dla NLA. Za najważniejszą przyczynę zróżnicowania SRT między testami dla tych samych słuchaczy uznano odmienną redundancję poszczególnych materiałów językowych. Otrzymane wartości SRT porównano następnie z przedstawionymi w literaturze wartościami referencyjnymi dla testów w języku polskim oraz zagranicznych testów językowych. W PTZ, wynik SRT odpowiadał wartościom wyznaczonym przez autorów testu, był również zbliżony do rezultatów uzyskanych dla języka Francuskiego czy Niemieckiego. W teście PTM, parametr SRT okazał się większy niż wyznaczony przez innych autorów dla polskiego oraz większości europejskich testów matrycowych (w tym Włoskiego, Niemieckiego czy Fińskiego). W teście NLA, różnica w wielkości SRT wynosiła ok. 2dB w stosunku do wartości podanej w literaturze. Jednocześnie, parametr ten był ok. 9dB mniejszy niż uzyskany w podobnym teście dla języka angielskiego. Rozbieżności między wynikami przedstawionego badania a danymi literaturowymi wynikać mogły z różnych czynników, takich jak odmienne metody badania, głos lektora czy zastosowany szum mowopodobny.

The aim of this study was to compare the SRT (Speech Reception Threshold) parameter, determined based on various Polish speech tests. The presented material comprised word test – The New Articulation Lists (NAL - 2011) and two sentence tests – the Polish Sentence Test (PST) and the Polish Sentence Matrix Test (PSMT). Three different masking signals were used in the study. There were speech noise for word test and two babble noises for sentence tests. The analysis was conducted in three steps: 1) for word test – it was examined whether fixed stimuli method and short method provide the same results, 2) for sentence tests – the SRT parameter was determined for two lists of each test, 3) a comparative analysis was conducted based on the results. 10 listeners with normal hearing took part in the examination. According to the analysis, the PST turned out to be the most homogeneous test. The biggest statistical dispersion was obtained for the NAL test. The differences in the SRT in aforementioned tests were due to the amount of redundant information in each material. The obtained SRT parameters were then compared to the reference values in literature for Polish as well as for foreign speech tests. In PST, the SRT parameter was similar to proposed by authors both for Polish and some European (French and German) sentence tests. In the PSMT, there were differences in the SRTs between presented study and reference values for Polish as well as for Italian, German or Finnish matrix tests. There was 2dB difference for the NAL comparing to the literature value for Polish word test and 9dB difference comparing to the WIN test. Various factors could contribute to these results, including remote test methods, differences in speaker or interfering noise.

OCENA PARAMETRYCZNA TORU GŁOSOWEGO OSÓB PO ZABIEGU LARYNGEKTOMII

PARAMETRIC ASSESSMENT OF POST LARYNGECTOMY VOCAL TRACT

HANNA PAMUŁA; MATEUSZ GAWLIK; WIESŁAW WSZOŁEK; MONIKA PRZYSIĘŻNY¹

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

¹ -

Część pacjentów po operacji laryngektomii jest w stanie zmienić swój generator fal dźwiękowych, dzięki specjalistycznemu treningowi. Jednym ze sposobów komunikacji takich osób jest tzw. mowa przelykowa, gdzie rolę kanału głosowego przejmują przelyk i mięsień pierścienno-gardłowy biorący udział w wytworzeniu pseudo-głosni. W artykule przedstawiono charakterystykę mowy przelykowej zarejestrowanej u 30 pacjentów po usunięciu krtani, o różnym stopniu zaawansowania procesu rehabilitacyjnego. Podczas badań skupiono się na poszukiwaniu optymalnego zestawu parametrów, opisujących ten rodzaj wytwarzania dźwięku. Wyliczono standardowe parametry analizy częstotliwościowej, stosowane w przetwarzaniu mowy, jak również kilka mniej popularnych oraz porównano je z mową niezdeformowaną. Podjęto także próbę wyznaczenia parametrów akustycznych sygnału które mogą być użyteczne w ocenie jakościowej mowy przelykowej. Pierwszym nasuwającym się wnioskiem po przeprowadzonej analizie jest konieczność modyfikacji sposobu wyznaczania standardowych parametrów cyfrowej

analizy sygnału mowy z racji większego zaszumienia badanych sygnałów, wynikające ze sposobu jego wytwarzania. Otrzymane wyniki wskazują potencjalne kierunki dalszych badań w tej tematyce.

WIBROAKUSTYCZNE OBRAZOWANIE MOWY ZDEFORMOWANEJ

WIESŁAW WSZÓLEK

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

W prezentowanej monografii przedstawiono wybrane wyniki badań, prowadzonych przez zespół od kilkunastu lat, dotyczących oceny przydatności wybranych metod przetwarzania sygnału mowy zdeformowanej patologicznie, prezentacji tych wyników z punktu widzenia ich przydatności w diagnostyce i terapii medycznej w zadaniach analizy i oceny mowy zdeformowanej. W przypadku wad wymowy nie ma ścisłych przesłanek pozwalających na w pełni algorytmiczne odwzorowanie sygnału mowy na wielkość liczbową, będącą miarą stopnia jej psychoakustycznej akceptowalności. Nieprawidłowa forma mowy generowanej przez określoną osobę, która dawniej mogła być uważana za niewielką uciążliwość towarzyską, obecnie może być poważnym kalectwem społecznym, prowadzącym w skrajnych przypadkach wręcz do zjawiska społecznego wykluczania. W efekcie problem niepoprawnej wymowy staje się bardzo poważnym problemem społecznym, a to zmusza do podejmowania bardziej energicznych, niż to miało miejsce uprzednio, działań zmierzających do terapii mowy patologicznej. W niniejszej pracy zaproponowano nową metodykę badań a także oryginalne parametry sygnału akustycznego mowy, które wnoszą dodatkowe informacje dotyczące zmian parametrów kanału głosowego (jako źródła dźwięku), objawiających się w postaci deformacji sygnału mowy (mowa patologiczna, wady wymowy). Metody przetwarzania, analizy, klasyfikacji i rozpoznawania sygnału mowy pozornie są znane od wielu lat, ponieważ bez trudu można znaleźć bardzo wiele pozycji literatury, które do tych pojęć się odwołują i prezentują wyniki zarówno badań podstawowych jak i wielu prac aplikacyjnych. W badaniach wykonanych w ramach niniejszej pracy wykorzystywano fakt, że sygnał akustyczny mowy oprócz informacji semantycznych oraz osobniczych zawiera także takie parametry, które mogą być wykorzystane, jako nośniki informacji dotyczącej funkcjonowania całego kanału głosowego oraz organów współpracujących w tym procesie. Przedmiotem badań jest sam proces artykulacji mowy oraz wszelkie jego patologiczne deformacje, co determinuje zarówno używane narzędzia analizy sygnału jak i techniki rozpoznawania wybranych obiektów, którymi są formy zniekształcenia mowy konkretnego człowieka chorego w stosunku do mowy całej populacji ludzi zdrowych

KRAJOBRAZY DŹWIĘKOWE

Opiekunowie sesji:
JERZY WICIAK

JANUSZ PIECHOWICZ

KRAJOBRAZ DŹWIĘKOWY SPITSBERGENU – ZREALIZOWANE I PRZYSZŁE BADANIA

JERZY WICIAK; DOROTA CZOPEK; PAWEŁ MAŁECKI JANUSZ
PIECHOWICZ;

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Poszukując miejsc, w których występują unikalne dźwięki i jednocześnie nie prowadzono jeszcze kompleksowych badań klimatu i krajobrazu akustycznego uznano, że należy eksplorować archipelag Svalbard a w szczególności wyspę Spitsbergen. Na większości kontynentów z Antarktydą włącznie prowadzono lub prowadzi się badania akustyczne, zaś Arktyka pozostała ostatnim niezbadanym akustycznie terenem.

Do badań zjawisk akustycznych występujących na wyspie Spitsbergen zastosowano dwie metody: metodę klasyczną oraz metodę krajobrazu dźwiękowego. Do oceny środowiska akustycznego zastosowano metodologię klasyczną oraz metodę krajobrazu dźwiękowego.

Do długookresowych, wieloletnich badań postawiono hipotezę o wpływie zmian klimatu arktycznego na środowisko akustyczne. W pewnym zdefiniowanym krajobrazie istnieje określone środowisko akustyczne. Człowiek poprzez zagospodarowanie terenu i zmianę struktury warstwy wierzchniej wpływa na krajobraz a tym samym wpływa na naturalne źródła dźwięków. Jednocześnie występujące zmiany klimatyczne wpływają na źródła dźwięku pochodzenia naturalnego i ludzkiego jak wpływa na krajobraz.

Na podstawie analizy topograficznej wytypowano cztery główne lokalizacje nagrań i badań, stanowiące kombinację różnorodności krajobrazów lodowcowych, przybrzeżnych i miejskich w okolicach Longyearbyen i Piramid. Były to doliny, lodowce, miasta i szczyty górskie. W celu uchwycenia dynamicznego zakresu dźwięków w wybranych siedliskach w Spitsbergen latem w różnych porach doby.

Uzyskana baza pomiarowa pozwoliła na przeprowadzanie szeregu szczegółowych analiz porównawczych, między innymi na: analizę porównawczą krajobrazów dźwiękowych pięciu dolin w lecie, analizę porównawczą środowisk akustycznych osad, analizę porównawczą krajobrazów dźwiękowych dolin w okresie letnim i zimowym, ocenę oddziaływania hałasu skuterów śniegowych na miasto Longyearbyen i okolice górskie.

Możliwe dalsze trasy badań: nagrania i archiwum krajobraz dźwiękowy dla przyszłych pokoleń; ocena wpływu skuterów śnieżnych na środowisko - propozycje regulacji; oznaczenie dróg w celu zminimalizowania wpływu na środowisko, długoterminowe

monitorowanie akustyczne kolonii gniazd, wpływ turystyki na komfort akustyczny w Longyearbyen.

KRAJOBRAZY DŹWIĘKOWE OSAD ARKTYCZNYCH SPITSBERGENU

JANUSZ PIECHOWICZ; DOROTA CZOPEK; PAWEŁ MAŁECKI; JERZY WICIAK

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Badania składników krajobrazów dźwiękowych dwóch osad arktycznych Longyearbyen i Pyramiden były przedmiotem prowadzonych pomiarów akustycznych. Longyearbyen to największa osada i administracyjne centrum Spitsbergenu, jedno z najbardziej wysuniętych na północ miast świata. W krajobrazie dźwiękowym osady można wskazać trzy główne komponenty krajobrazu dźwiękowego: odgłosy przyrody nieożywionej, dźwięki pochodzenia biologicznego i hałas antropogeniczny. Dźwiękami przyrody nieożywionej są: szum rzeki płynącej z lodowców, niewielki wodospad na rzece i wiatr. Źródła biofoniczne to: odgłosy ptaków, szczekanie psów. Wśród antropogenicznych źródeł można wyróżnić: hałas drogowy, hałas lotniska i hałas ruchu lotniczego, hałas portu morskiego, obiekty energetyczne (elektrownia, stacje transformatorowe, wymiennikownie ciepła), maszyny i urządzenia na budynkach (wentylatory, pompy), kroki i rozmowy ludzi itp. Zimą niektóre źródła dźwięku znikają: rzeka, strumienie i wodospady zamarzają; odlatują ptaki, ale pojawiają się nowe: skutery śnieżne, pługi śnieżne, psie zaprzęgi. Identyfikację źródeł dźwięków w mieście przeprowadzono pomiarami dźwięku bezpośrednio przy każdym ze źródeł, a także przez 24-godzinne obserwacje zmian poziomu ciśnienia akustycznego w wybranych punktach miasta Longyearbyen w porze letniej i w porze zimy.

Druga osada - Pyramiden jest miastem widmem. Jest to opuszczona rosyjska osada, pozostałość po osiedlu górniczym na Spitsbergenie. W Pyramiden nie ma stałych mieszkańców, kilku pracowników utrzymuje zachowaną infrastrukturę miasta, prowadzi hotel i obsługuje ruch turystyczny. Zidentyfikowano cztery źródła hałasu różnego pochodzenia: szum wiatru, krzyki mew, budynek generator prądu i odgłosy mieszkańców hotelu. Pomiary hałasu w Pyramiden zostały wykonane tylko w lecie.

Cisza jest jedną z najcenniejszych wartości krajobrazu. Rosnący wpływ cywilizacji na Spitsbergenie powoduje, że trzeba teraz zastanowić się nad zmniejszeniem wpływu hałasu, który jest powodowany przez człowieka i jego działalność.

ANALIZA KRAJOBRAZU DŹWIĘKOWEGO WYBRANYCH MIEJSC W OBSZARZE ZARZĄDZANIA 10 NA SPITSBERGENIE

DOROTA CZOPEK; PAWEŁ MAŁECKI; JANUSZ PIECHOWICZ; JERZY
WICIAK;

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Spitsbergen to największa wyspa archipelagu Svalbard leżącego poza kołem podbiegunowym północnym. Ze względu na swoje położenie w Arktyce jest miejscem interesującym dla badaczy wielu specjalności od geologów i glaciologów przez biologów po badaczy kultury – antropologów. Wyspa jest też interesująca ze względu na swoje walory akustyczne oraz fakt, że stanowi jeden z ostatnich obszarów na ziemi, który do nie dawna nie został poddany kompleksowym badaniom akustycznym. W latach 2016 – 2018 w ramach 3 wypraw wykonano szereg badań akustycznych obejmujących monitoring akustyczny stolicy – Longyearbyen, pomiary hałasu na potrzeby map akustycznych osad ludzkich, nagrania ambisoniczne oraz analizy krajobrazu dźwiękowego ciekawych turystycznie rejonów oraz pomiary parametrów akustycznych jaskiń lodowcowych. W niniejszej pracy przedstawiono analizę porównawczą krajobrazu dźwiękowego wybranych miejsc atrakcyjnych pod względem turystycznym, usytuowanych w sąsiedztwie miasta Longyearbyen w obszarze zarządzania 10 (Management Area 10). Analiza ta umożliwiła wykazanie zmienności oraz cech charakterystycznych krajobrazów dźwiękowych występujących w Arktyce.

INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA

Opiekunowie sesji:
ANDRZEJ UHRYŃSKI
BARBARA GAMBIN

STABILIZACJA TEMPERATURY ORGANU PODCZAS ZABIEGU TRANSPLANTACJI

ILONA KORCZAK; BARBARA GAMBIN; ELEONORA KRUGLENKO

IPPT PAN

Słowa klucze: hipotermia, transplantacja nerki, urządzenie do chłodzenia narządów
Według danych statystycznych Centrum „Poltransplant” w roku 2017 w Polsce wykonano 1531 zabiegów transplantacji w tym 1004 przeszczepy nerki. Praca badawcza ma na celu udoskonalenie warunków hipotermii narządu podczas zabiegu transplantacji. Ochrona organu przed uszkodzeniem spowodowanym niedokrwieniem jest zależna od odpowiedniego schłodzeniem organu w czasie od pobrania od dawcy do wczepienia biorcy. Niedokrwienie spowodowane jest ograniczeniem lub przerwaniem dopływu krwi do tkanek narządów,

co skutkuje niedoborem tlenu w komórkach organu. Proces ten ma znaczący wpływ na martwicę obszarów komórkowych w narządzie, co skutkuje opóźnieniem podjęcia funkcji przez przeszczep lub nawet prowadzi do jego odrzucenia. Okres niedokrwienia „zimnego” jak i „ciepłego” powinien być zminimalizowany do jak najkrótszego czasu. Najistotniejszym czynnikiem wpływającym na zapobieganie skutkom niedokrwienia jest prawidłowe przechowywanie organów. Celem optymalnej procedury przechowywania organu jest takie maksymalne spowolnienie metabolizmu aby zachować zdolność przeszczepu do podjęcia czynności po odtworzeniu krążenia u biorcy. Możliwe jest to dzięki odpowiedniemu schłodzeniu tkanki do temperatury od 0-4C. Używane przez transplantologów metody, które służą do obniżenia/utrzymania temperatury organu, to tzw. hipotermia prosta lub ciągła oraz perfuzja pulsacyjna. Powyższe techniki nie gwarantują jednorodnego chłodzenia narządu oraz nie utrzymują stabilnej temperatury podczas zabiegu transplantacji.

W tym celu zaprojektowano innowacyjne urządzenie chłodzące mające za zadanie utrzymać równomierny rozkład temperatury wewnątrz transplantowanego organu. W doświadczeniu odtworzono termiczne warunki panujące w trakcie przeszczepu i pomierzono zmiany temperatury narządu (nerki świńskiej ex vivo) włożonego w urządzenie chłodzące w trakcie symulacji transplantacji. Urządzenie było chłodzone solą fizjologiczną o temperaturze 4C. Pozwoliło to na utrzymanie niskiej temperatury organu w zakresie 10-15C w czasie 30 minut.

UTWARDZANIE MATERIAŁU DENTYSTYCZNEGO CLEARFIL F2 OPISANE PRZEZ KOMPOZYTOWY MODEL REOLOGICZNY SOLIDIFICATION OF DENTAL MATERIAL CLEARFIL F2 DESCRIBED BY COMPOSITE RHEOLOGICAL MODEL

JAROSŁAW DROZD

ASPEKTY, Fundacja na rzecz rozwoju językoznawstwa komputerowego, logiki i badań nad językiem

Processes of polymerization, crystallization and phase changes in viscoelastic materials are accompanied by a change of material parameters. In particular, viscoelastic properties of dental restorations made from Clearfil F2 evolve from viscid, almost liquid substance, to solid material during a short time of photo-polymerization. Below, a new rheological model is used for description of curing of Clearfill F2. The model consists of system of parallel and series connected springs and dashpots, which may adapt to the degree of cure of the material. A method of the system adaptation to the curing process bases on the concept of the „composite rheological models”. In this concept, the elastic moduli and viscous coefficients are given as functions of two groups of new parameters. The first group is called as inner structure coefficients, and the second group as the base material properties. Relations (functions) between the new introduced parameters and elastic moduli and viscosity coefficients are built using information of the model structure. It is assumed that at each time step of the process, the inner structure coefficients are changing, while the base material parameters remain constant. In the proposed model the relaxation curve is available for each moment of the process. It is shown that the numerical simulation of the model response is consistent with the published description of the experimental polymerization of dental material Clearfil F2.

EFEKTYWNOŚĆ HIPERTERMII ULTRADŹWIĘKOWEJ W AGAROWYCH WZORCACH TKANKI MIĘKKIEJ DOMIESZKOWANYCH RÓŻNYMI SKŁADNIKAMI

ELEONORA KRUGLENKO; ILONA KORCZAK; BARBARA GAMBIN

Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk

Lokalna hipertermia, czyli podwyższenie temperatury tkanki w określonym miejscu do temperatury około 44°C, spowodowana absorpcją dostarczonej z zewnątrz energii, jest wykorzystywana np. w leczeniu nowotworów. Hipertermia może być wywołana przez naświetlanie skoncentrowaną wiązką ultradźwiękową lub zmienne pola magnetyczne o określonych mocach i częstotliwościach. Procedury hipertermii powinny być wstępnie kalibrowane na wzorcach tkankowych, czyli na materiałach tkanko-podobnych,

aby zapewnić bezpieczeństwo termiczne żywych tkanek. W przypadku hipertermii ultradźwiękowej materiały te powinny posiadać podobne do tkanek właściwości fizyczne, w szczególności powinny w podobny sposób tłumić i rozpraszać ultradźwięki. Najprostsze w przygotowaniu i najczęściej wykorzystywane w doświadczeniach ultradźwiękowych są wzorce na bazie żelu agarowego. Domieszkowanie wzorców agarowych, na przykład, szklanymi kulkami o rozmiarach mikrometrów, jest niezbędne do uzyskania właściwości akustycznych zbliżonych do właściwości tkanek miękkich. W pracy zbadano wpływ na efektywność hipertermii ultradźwiękowej domieszkowania wzorców agarowych nanocząstkami magnetycznymi w porównaniu do innych cząstek o rozmiarach mikrometrycznych.

W tym celu zostały wyprodukowane trzy typy wzorców agarowych: z dodatkiem mikrocząsteczek grafitowych o wymiarach mniejszych niż $20\ \mu\text{m}$ oraz mikro i nanocząstek magnetycznych tlenku żelaza, odpowiednio o rozmiarach $50\text{-}100\ \mu\text{m}$ oraz $50\text{-}100\ \text{nm}$. Do nagrzewania wzorców wiązką ultradźwiękową stosowano głowicę ogniskującą o częstotliwości $2.2\ \text{MHz}$ z różną mocą sygnału nadawczego od $1\ \text{W}$ do $4\ \text{W}$. Użyto specjalnie zbudowanego stanowiska pomiarowego, pozwalającego na bardzo precyzyjne ustawienie głowicy i kontrolowanie zmian temperatury wewnątrz wzorca wzdłuż osi wiązki. Rejestracja temperatury w ciągu $5\ \text{min}$ naświetlania z częstotliwością co $1\ \text{s}$ odbywała się przy użyciu modułu USB-TEMP i 7 termopar.

Analiza zarejestrowanych danych pomiarowych pokazała, że najefektywniejszym dodatkiem do agarowych wzorców przy hipertermii ultradźwiękowej wśród badanych typów domieszek są nanocząstki tlenku żelaza. Ich obecność wpływa mocniej na wzrost temperatury podczas działania ultradźwięków, niż obecność domieszek z mikronowych cząstek z tego samego materiału lub grafitu. Obliczono współczynnik absorpcji właściwej (ang. specific absorption rate, SAR), który mierzy efektywność hipertermii. Wartości SAR są najwyższe dla wzorców domieszkowanych nanocząstkami ze wszystkich próbek przy założeniu znajomości ciepła właściwego każdego składnika.

POWIĄZANIE PARAMETRÓW STRUKTURY Z WŁAŚCIWOŚCIAMI SYGNAŁÓW WSTECZNIE ROZPROSZONYCH POPRZEC UPRZEPROWADZENIE BADAŃ NA WZORCACH NITKOWYCH
LINKING OF STRUCTURAL PARAMETERS TO PROPERTIES OF ULTRASOUND BACKSCATTERED SIGNALS BY THE THREADS PHANTOMS STUDY.

OLGA DOUBROVINA; RYSZARD TYMKIEWICZ¹; HANNA PIOTRZKOWSKA-WRÓBLEWSKA¹; BARBARA GAMBIN¹

Senior lecturer, Belarussian State University

¹ IPPT PAN

The soft tissue structure possess the multi-scale anatomical inhomogeneities. There are many types of tissues, where one can recognize at least two main scales: millimeter scale and micrometer scale which are the basic scattering structures for an ultrasound wave of the diagnostic frequency range penetrating the tissue . The millimeter scale is due to the existence of quasi-periodic blocks of cells forming semi-regular lobules e.g.in the anatomical units of the liver tissue, and the micrometer scale is formed with many small scatterers like cell walls or large cell nuclei. The breaking of anatomical structure is often caused by the beginning of the cancer process. It is very important and unresolved problem to find any tools in qualitative ultrasound to recognize this two type of scattering. To this end some phantom experiment were performed. 3D thread structure in the form of nylon threads with a thickness of 0.1 mm (or of 0.35 mm) placed at regular periodic structure with distances of 1 mm (or of 1.5 mm) was immersed in the water. This threads structure was used as a model to analyse the properties of ultrasound signal echoes registered with the use of different transducers, both focusing and plane ones. The range of carried frequencies for used transducers were of 1MHz to 15 MHz. Additionally, the threads structure with threads of of 0.35 mm thickness and located in distances of 1.5 mm, immersed in an oil and starch gel instead of the water were .was used to analyse the influence of the background medium properties on the ultrasound backscattering signals. Having measured pulse properties of a transducer and applied the wavelet analysis to the registered signals the identification of the threads positions in space, namely MSS (Mean Scatterer Spacing) was calculated and some aspects of the differences between scattering and reflection phenomena were discussed as a function of ratio between pulse length and geometrical parameters, i.e. threads thickness and distances between them.

**ULTRADŹWIĘKOWE POMIARY WŁAŚCIWOŚCI TKANKO-
PODOBNYCH MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH W CELU OSZA-
COWANIA WPŁYWU RÓŻNYCH SKŁADNIKÓW NA SPREŻYSTOŚĆ,
IMPEDANCJĘ AKUSTYCZNĄ I ABSORPCJĘ TYCH MATERIAŁÓW.
ULTRASONIC MEASUREMENTS OF TISSUE-LIKE COMPOSITE MA-
TERIALS PROPERTIES APPLIED TO QUANTIFY THE INFLUENCE
OF DIFFERENT COMPONENTS ON THE DYNAMIC ELASTICITY,
ACOUSTIC IMPEDANCE AND ULTRASOUND ABSORPTION IN THIS
MATERIALS**

BARBARA GAMBIN; ELEONORA KRUGLENKO; RYSZARD TYMKIEWICZ;
JERZY LITNIEWSKI

IPPT PAN

We used 7 types of samples, "pure agar-gel" sample (AG), agar-gel doped with graphite micro-particles (GMP), agar-gel doped with magnetic micro-particles (MMP) and agar-gel doped with magnetic nanoparticles (MNP) with every doping in two different proportion of ingredients, namely of weigh percentage of 0.8 and 1.6 of the added particles. In the series of experiments we registered RF echoes of backscattered signals emitted by single-element transducer with focus posed on the metal reflector and in the focus posed inside the samples. From this data the speed of sound, the frequency dependent attenuation and backscatterinig coefficient were obtained for every sample. Additionally, densities of sample materials were determined, and the elasticity coefficient and acoustical impedance of every material were calculated under the assumption of linear propagation. From the differences between attenuation and scattering the estimation of absorption were performed. The measurements demonstrated that adding the nanoparticles increased the density of the material compare to adding microparticles made from the same magnetic material. The elasticity coefficient and impedance are proportional to the fraction of particles and the elasticity of phantom components. The most interesting conclusion concerns in comparison of difference in ultrasonic absorption. The absorption of agar-gel with NMP exhibited the largest value in between all studied cases. This allows us to assume that the local heating of the medium by the ultrasonic beam should be more efficient in this case, and dopes of iron oxide nanoparticles can be considered as "sono-sensitizers" in performing ultrasonic hyperthermia. It is worth noting, that this result was independently confirmed by the measuring of temperature rise during the heating of phantoms by the focused ultrasound beams of different powers. This result is presented in another paper at this conference.

**WPLYW ZABIEGÓW Z WYKORZYSTANIEM WIBRACJI
OSCYLACYJNO–CYKLOIDALNEJ NA PROFIL LIPIDOWY KRWI
U KOBIET W WIEKU POSTMENOPAUZALNYM
EFFECT OF OSCILLATING–CYCLOID VIBRATION THERAPY ON
LIPID PROFILE IN POSTMENOPAUSAL WOMEN**

ANNA PIOTROWSKA; WANDA PILCH; OLGA CZERWIŃSKA-LEDWIG;
MONIKA BIGOŚIŃSKA¹; HALINA POTOK²; URSZULA CISOŃ-
APANASEWICZ²; ŁUKASZ TOTA³; ROXANA ZUZIAK; TOMASZ PAŁKA³

Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie, Polska

¹ Wydział Wychowania Fizycznego, Instytut Wychowania Fizycznego, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu, Polska

² Zakład Pielęgniarstwa Internistycznego i Socjalnego, Instytut Zdrowia, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu, Polska

³ Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie, Polska

Wstęp: Zabiegi wibracyjne są ciekawą alternatywą dla osób z przeciwwskazaniami do wykonywania aktywności fizycznej lub wykazujących kinezofofobię. Wibracja może znaleźć zastosowanie w leczeniu pod warunkiem aplikacji bodźca o określonych parametrach takich jak: częstotliwość, amplituda, czas oraz jego propagacji w ściśle określone miejsca. W przedstawianych badaniach dokonana została ocena wpływu wprowadzenia zabiegów wibracyjnych przez okres 21 dni z wykorzystaniem urządzenia do masażu generującego wibracje oscylacyjno-cykloidalne Vitberg RAM+ na profil lipidowy.

Metoda: Grupa ochotniczek w wieku 66,9 lat (56-77) została losowo podzielona na 2 podgrupy: badaną (n=32) – biorącą udział w zabiegach na materacach generujących wibrację oscylacyjno-cykloidalną oraz kontrolną (n=19) – zabiegi z wykorzystaniem materacy placebo (niewibrujących). Wszystkie badane osoby poddawane były dwóm 30-minutowym zabiegom 5x w tygodniu, przez okres 21 dni. Przed rozpoczęciem oraz po zakończeniu serii wykonano badanie składu ciała. Krew żylna do badań biochemicznych pobierana była przed rozpoczęciem zabiegów, w 10 dniu oraz rano, dzień po ich zakończeniu.

Wyniki: Po 21 dniach zaobserwowano istotne statystycznie obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego oraz cholesterolu LDL tylko u osób poddawanych wibracji oscylacyjno-cykloidalnej, u których wyjściowy poziom był wysoki (powyżej wartości referencyjnych). Nie wykazano istotnych statystycznie zmian w poziomach cholesterolu HDL, ani w stężeniach trójglicerydów. W grupie kontrolnej wyniki lipidogramu pozostawały bez zmian.

Wnioski: Wibracja oscylacyjno-cykloidalna stosowana regularnie i w sposób długotrwały korzystnie wpływa na obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego i cholesterolu LDL u osób z hipercholesterolemią.

Słowa kluczowe:

Zastosowanie terapeutyczne wibracji, hipercholesterolemia, LDL cholesterol

Introduction: Vibration treatments is an interesting alternative for people with

contraindications to physical activity or burdened with kinesiophobia. Vibration can be beneficial provided the application of a stimulus with specific parameters such as frequency, amplitude, time and its propagation in strictly defined places. In the presented studies, an assessment of the impact of vibration treatments over a period of 21 days was made using the device generating the oscillating vibrations (Vitberg RAM +) on the lipid profile.

Method: A group of volunteers aged 66.9 (56-77) was randomly divided into two subgroups: test group (n = 32) - involved in the treatment with device that generate oscillating-cycloidal vibration, and control group (n = 19) - using placebo mattresses (non-vibrating). All subjects were subjected to two 30-minute treatments 5x a week, for a period of 21 days. The composition of the body was analyzed before and after the 3-week treatment. Venous blood for biochemical tests was taken before, on the 10th and morning after the 21-st day of vibration therapy.

Results: After 21 days, a statistically significant reduction in total and LDL cholesterol levels was observed only in subjects from active group in which the initial level was high (above the reference values). There were no statistically significant changes in HDL cholesterol levels or in triglyceride concentrations. In the control group, lipidogram results remained unchanged.

Conclusions: Oscillating-cycloid vibration, used regularly and in a long-term manner, has a beneficial effect on lowering the level of total cholesterol and LDL cholesterol in people with hypercholesterolemia.

Key words:

therapeutic use of vibration, hypercholesterolemia, LDL cholesterol

OCENA WPŁYWU TRENINGU DRGANIAMI OGÓLNYMI (WBV) 3,2 HZ NA PARAMETRY FUNKCJONALNE ORGANIZMU CZŁOWIEKA

ANDRZEJ UHRYŃSKI

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Praca przedstawia efekty badań nad wpływem treningu drganiami ogólnymi WBV (wibracja całego ciała) 3,2 Hz na wybrane parametry funkcjonalne organizmu człowieka (porównania z grupą kontrolną).

Badanie przeprowadzono w dwóch etapach: grupa eksponowana drganiami oraz grupa kontrolna. Grupa eksponowana (28 kobiet) uczestniczyła w 19-stu dwudziestominutowych treningach drganiami ogólnymi niskiej częstotliwości (pozycja stojąca, częstotliwość około 3,2 Hz) o stałej porze dnia dla każdej osoby. Przed i po ekspozycji drganiami wykonywano pomiary wybranych parametrów funkcjonalnych. Grupa kontrolna (33 kobiety) uczestniczyła również w 19 codziennych dwudziestominutowych spotkaniach, w czasie których wykonywano pomiary i nie stosowano drgań.

Otrzymane wyniki poddano analizom statystycznym w środowisku Statistica.

W analizach statystycznych przyjęto poziom istotności $p=0,05$, stosowano parametryczny test T lub nieparametryczny test Kołmogorowa-Smirnowa dla dwóch grup zmiennych niezależnych.

Przeprowadzone badania i wykonane analizy wskazują, że niskoczęstotliwościowe wibracje całego ciała WBV (o ściśle określonych parametrach) są ekwiwalentem wysiłku fizycznego pozbawionym niedogodności związanych z przeciążeniem narządu ruchu, co z punktu widzenia trybu życia współczesnego człowieka cierpiącego na chroniczny niedobór ruchu jest (powinno być) interesujące. Można je stosować w zapobieganiu i/lub rehabilitacji wielu chorób cywilizacyjnych m.in.: otyłości (spadek masy ciała i zawartości tkanki tłuszczowej), osteoporozy (wzrost stabilności postawy - zmniejszenie zagrożeń przed upadkiem i złamaniami), nadciśnienia tętniczego i niedoboru ruchu (pozytywny wpływ na układ krwionośny). Ekspozycja drganiami może być nową formą codziennego treningu, który prowadzi do utrzymania organizmu w odpowiedniej kondycji fizycznej (zwłaszcza osoby starsze) i psychicznej (wzrost poziomu aktywacji), a co za tym idzie do poprawy jakości życia człowieka.

Słowa klucze: WBV, low frequency vibration, whole body vibration, human organism, drgania niskoczęstotliwościowe, wibracja całego ciała, ludzki organizm, wibroterapia.

Praca została zrealizowana w ramach działalności statutowej Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Akademii Górniczo-Hutniczej [nr 11.11.130.174].

MECHANIZMY WPŁYWU DRGAŃ I WIBRACJI NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

ANDRZEJ UHRYŃSKI; MARIUSZ RUDZKI¹; ALICJA PASTERCZYK²

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

¹ RER-MED Rehabilitacja Edukacja Rekreacja ul. Ściegienna 16, 98-330 Pajęczno

² Vitberg Borelowskiego 29, 33-300 Nowy Sącz

Ruch falowy jest powszechnie występującym zjawiskiem w organizmie człowieka i w otaczającej go przyrodzie.

Celem artykułu jest przedstawienie na podstawie dostępnej wiedzy (podręczniki, bazy danych, naukowe strony internetowe) możliwych mechanizmów dzięki którym możemy wytłumaczyć niektóre reakcje organizmu człowieka na bodziec wibracyjny. Należą do nich: kumulujące się zjawisko pełzania, na skutek cyklicznego obciążenia włókien kolagenowych, pobudzenie układu alfa gamma w mięśniu prowadzącego do zmiany wzorca napięcia przenoszonego na powięź, ilościowa spójność fazowa powięzi jako macieży tensgracyjnej, nakładanie się zewnętrznych wibracji na endogenne fizjologiczne oscylacje organizmu, toniczny odruch wibracyjny, metafizyczny.

Jak wykazano w publikacji reakcje te są procesem złożonym i wielopłaszczyznowym. W zależności od parametrów bodźca mogą one mieć pozytywny lub negatywny charakter.

Wskazane są dalsze badania i obserwacje reakcji organizmów żywych na drgania aby dzięki nim można było ustalić optymalne parametry bodźca wywołujące maksymalny efekt terapeutyczny przy minimalnym ryzyku negatywnych skutków ubocznych. Pozwoli to wykorzystać wibracje do przywrócenia homeostazy, która leży u podstaw procesu leczenia oraz do wspomagania treningu sportowego.

Słowa klucze: WBV, vibration, whole body vibration, human organism, drgania, wibracja, ludzki organizm, wibroterapia.

PARAMETRY STYMULACJI DRGANIAMI W ŁAGODZENIU DOLEGLIWOŚCI BÓLOWYCH
PARAMETERS OF VIBRATION STIMULATION IN PAIN TREATMENT

ALICJA PASTERCZYK; PAWEŁ POGWIZD; MONIKA BIGOSIŃSKA¹

Vitberg Borelowskiego 29, 33-300 Nowy Sącz

¹ Zakład Wychowania Fizycznego, Instytut Kultury Fizycznej, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu, Polska

Poniższy przegląd literaturowy zawiera wybrane opracowania, w których autorzy próbowali walczyć z bólem. Pomimo, że opisywany ból w każdym z nich był innej etiologii, dotyczył osób zróżnicowanych pod względem wieku, płci, schorzenia, to wszystkie badania posiadały jeden wspólny element. Mianowicie w każdym przypadku, jako środek do walki z bólem zastosowano terapię wibracyjną. Autorzy używali różnych częstotliwości i amplitud bodźca wibracyjnego, miejsca aplikacji do ciała, czasu ekspozycji, czy liczby zabiegów. U znacznej części badanych ból był przewlekły o znacznym stopniu natężenia, przy czym liczba tych osób znacząco rosła wraz z wiekiem badanych. Najczęściej spotykano ból przewlekły, ból dolnego odcinka kręgosłupa, chorobę zwyrodnieniową stawów i nawracające bóle głowy (włączając w to migreny). Parametry bodźca w terapii wibracyjnej powinny być dokładnie przebadane dlatego autorzy za główny cel przeglądu obrali analizę najważniejszych parametrów aplikacji wibracji, które uważa się za odpowiedzialne za osłabianie lub nawet niwelowanie bólu różnego pochodzenia. Słowa kluczowe: ból, stymulacja mechaniczna, wibracja, wibroterapia, biostymulacja, ból przewlekły, ból chroniczny, ból ostry, leczenie, ulga, hipoałgezia

The following literature review contains selected papers in which the authors tried to fight pain. Although the pain described in each of them was of a different etiology, it concerned people diversified in terms of age, sex, disease, all the research had one common element. Namely, in any case, as a means to fight pain, vibration therapy was used. The authors used different frequencies and amplitudes of the vibrating stimulus, the place of application to the body, the time of exposure, and the number of treatments. In the majority of respondents, the pain was chronic with a significant degree of intensity, with the number of these people significantly increasing with the age of the subjects. The most common were chronic pain, lower back pain, osteoarthritis and recurrent headaches (including migraines). The stimulus parameters in vibration therapy should be thoroughly examined, therefore the authors consider the analysis of the most important parameters of the vibration application as the main goal of the review, which is believed to be responsible for weakening or even eliminating the pain of various origins.

Key words: pain, mechanical stimulation, vibration, vibrotherapy, biostimulation, chronic pain, acute pain, treatment, reduction, hypoalgesia

PODSTAWY FIZYCZNE ULTRADŹWIĘKOWEJ METODY HIFU LECZENIA MIĘŚNIAKÓW PHYSICAL BASIS OF THE ULTRASOUND HIFU METHOD OF TREATMENT OF MYOMA

HENRYKA CZYŻ; TADEUSZ JASIŃSKI; ANDRZEJ WŁOCH¹

Katedra Fizyki i Inżynierii Medycznej, Wydział Matematyki i Fizyki Stosowanej, Politechnika Rzeszowska

¹ Zakład Modelowania Matematycznego, Wydział Matematyki i Fizyki Stosowanej, Politechnika Rzeszowska

Celem pracy jest analiza fizycznych podstaw innowacyjnej metody leczenia wykorzystującej zogniskowaną falę ultradźwiękową HIFU (High Intensity Focused Ultrasound) do niszczenia wybranych obszarów komórek. Skoncentrowana wiązka ultradźwiękowa HIFU została użyta po raz pierwszy już w połowie XX wieku lecz rozwój tej metodyki leczenia rozwinął się znacznie później. Obecnie metoda ta, nazywana termoablacją ultradźwiękową jest z sukcesem stosowana w wielu ośrodkach medycznych na świecie, między innymi, do usuwania mięśniaków macicy. Istota termoablacji opiera się na kierowaniu wiązki HIFU na miejsce zmienione chorobowo. Zogniskowana wiązka przenika przez powierzchnie skórne, nie narusza ich struktury, koncentrując się w docelowym miejscu. W komórkach w wyniku nadźwiękawiania następuje znaczący wzrost temperatury spowodowany absorpcją energii wiązki ultradźwiękowej. Konsekwencjami podwyższenia temperatury jest koagulacja tkanek, czyli martwica na skutek odwodnienia, denaturacji białek i topnienia lipidów. Dodatkowym efektem powodującym niszczenie guzów jest kawitacja. Efekt końcowy nadźwiękawiania – to całkowite zniszczenie komórki zmienionej chorobowo. Wiązka jednorazowo może nagrzać obszar o określonych wymiarach. Jeśli zmiana jest większa wymaga kilkukrotnej sonikacji. Nagrzewanie komórek jest monitorowane w czasie rzeczywistym, co pozwala na precyzyjną kontrolę nad prowadzonym zabiegiem. Zapewnia to pacjentkom komfort i poczucie bezpieczeństwa. Na takie rozwiązanie pozwala zintegrowanie metody HIFU oraz rezonansu magnetycznego. Odczyty poszczególnych parametrów, przede wszystkim temperatury pozwalają optymalizować wysyłaną wiązkę. To innowacyjne rozwiązanie pozwala na nieinwazyjne usuwanie mięśniaków, przez co nie odbiera się pacjentkom szansy na posiadanie potomstwa (jak w przypadku zabiegu chirurgicznego). Według prowadzonych badań po około sześciu miesiącach od zabiegu ustępują uciążliwe objawy, które powodował guz. Skuteczność metody oceniana jest na około 90%. System do termoablacji ultradźwiękowej został zaprezentowany po raz pierwszy w roku 2008. Obecnie metoda ta stosowana jest w prawie dwustu ośrodkach medycznych na świecie, w tym w USA, Wielkiej Brytanii, Francji oraz Niemczech. Jedyną placówką w Polsce oraz Europie Centralnej i Wschodniej, w której wykonywana jest termoablacja ultradźwiękowa, jest Specjalistyczny Szpital PRO-FAMILIA w Rzeszowie. W planach otwartego Centrum Badawczo-Rozwojowego Szpitala Specjalistycznego PRO-FAMILIA jest też prowadzenie badań dotyczących wykorzystania termoablacji ultradźwiękowej w leczeniu guzów piersi. Zainteresowanie tą metodą jest duże, ze względu na nieinwazyjność i skuteczność.

Wymaga to dalszych, szczegółowych badań wpływu wiązek ultradźwięków HIFU

na tkanki ludzkie w zależności od ich parametrów i czasu ekspozycji, rodzaju nadźwiękowanych komórek oraz zjawisk związanych z absorpcją, kawitacją i koagulacją ultradźwiękową. Innowacyjne rozwiązanie wymaga też zintegrowania metody HIFU oraz rezonansu magnetycznego.

The aim of the work is to analyze the physical basis of an innovative method of treatment using the focused HIFU (High Intensity Focused Ultrasound) ultrasonic wave to destroy selected areas of cells. The concentrated HIFU ultrasound beam was used for the first time already in the middle of the twentieth century, but the development of this methodology of treatment developed much later. Currently, this method, called ultrasound thermoablation, has been successfully used in many medical centers around the world, including the removal of uterine fibroids. The essence of thermoablation is based on directing the HIFU beam to the affected area. The focused beam penetrates through the skin surfaces, does not affect their structure, concentrating in the target place. In cells, as a result of sonification, there is a significant increase in temperature caused by the absorption of ultrasonic energy. The consequences of increasing the temperature are tissue coagulation, i.e. necrosis due to dehydration, protein denaturation and lipid melting. An additional effect causing the destruction of tumors is cavitation. The final effect of sonication is the total destruction of a diseased cell. The beam can heat the area with specific dimensions at a time. If the change is greater, it requires multiple sonication. Cell warming is monitored in real time, which allows precise control over the performed procedure. This provides patients with comfort and a sense of security. This solution allows the integration of the HIFU and magnetic resonance methods. Readings of particular parameters, primarily temperature, allow optimization of the beam being sent. This innovative solution allows non-invasive removal of myomas, which prevents patients from being deprived of having a child (as in the case of surgery). According to the study, about six months after surgery, the nuisance symptoms caused by the tumor disappear. The effectiveness of the method is estimated at around 90%. The ultrasonic thermoablation system was presented for the first time in 2008. Currently, this method is used in almost two hundred medical centers in the world, including the USA, Great Britain, France and Germany. The only facility in Poland and Central and Eastern Europe in which ultrasonic thermoablation is performed is the PRO-FAMILIA Specialist Hospital in Rzeszów. The plans of the open Research and Development Center of the PRO-FAMILIA Specialist Hospital also include research on the use of ultrasound thermoablation in the treatment of breast tumors. The interest in this method is high due to its non-invasive nature and effectiveness. This requires further, detailed research on the impact of HIFU ultrasound beams on human tissues depending on their parameters and exposure time, the type of overtone cells and phenomena associated with absorption, cavitation and ultrasound coagulation. The innovative solution also requires the integration of the HIFU method and magnetic resonance.

METODY NUMERYCZNE I NARZĘDZIA PROGRAMOWE W AKUSTYCE

Opiekunowie sesji:

BARTŁOMIEJ BORKOWSKI

IRENEUSZ CZAJKA

KATARZYNA SUDER-DEBSKA

MODELOWANIE HAŁASU WENTYLATORA OSIOWEGO

IRENEUSZ CZAJKA; KATARZYNA SUDER-DEBSKA

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Ponieważ wentylatory są najbardziej rozpowszechnionymi urządzeniami w przemyśle niewielka zmiana ich sprawności czy hałaśliwości da duże efekty dla środowiska.

W związku z tym autorzy podjęli temat modelowania emisji akustycznej wentylatora osiowego.

Do modelowania wykorzystano metodę hybrydową – numeryczne rozwiązanie uśrednionych w czasie równań Naviera–Stokesa prowadziło do uzyskania pola uśrednionych prędkości i ciśnień.

Przyjęty model nieściśliwy płynu. Ze względu na jego dobre zachowanie w obecności dużych wartości gradientu ciśnienia i prędkości wykorzystano model turbulencji $k-\omega$ SST.

Obliczenia aeroakustyczne przeprowadzono metodą SNGR, która polega na wyznaczeniu takiego pola chwilowych prędkości, które ma widmo odpowiadające teorii Kołmogorowa i jednocześnie zachowuje odpowiednią energię kinetyczną turbulencji.

Na podstawie chwilowego pola prędkości i ciśnień wyznaczono źródła akustyczne, a następnie rozwiązano problem propagacji fali generowanej przez te źródła.

Do rozwiązania problemu propagacji wykorzystano metodę elementów skończonych.

**BIONICZNA DŁOŃ – NARZĘDZIE DO SYMULACJI GRY CZŁOWIEKA
NA GITARZE AKUSTYCZNEJ**
**BIONIC HAND - A TOOL TO SIMULATE A HUMAN PLAYING ON
AN ACOUSTIC GUITAR**

DANIEL TOKARCZYK; JERZY WICIAK; MAREK PLUTA

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Na barwę dźwięku wydobywanego z gitary ma wpływ wiele czynników, między innymi: materiał z którego wykonana jest gitara, rodzaj mostka, rozmiar i kształt instrumentu oraz naciąg i rodzaj strun. Wpływ na barwę ma również sposób gry muzyka: ułożenie palców dociskających struny do gryfu, miejsce, siła i kąt szarpnięcia struny oraz rozmiar i materiał elementu szarpiącego.

Podczas badań, których wyniki przedstawiono w tym artykule, podjęto próbę symulacji środowiska powstałego podczas procesu dociskania strun przez muzyka. W tym celu zbudowano stanowisko badawcze wyposażone w prototyp sztucznej dłoni. Jej zadaniem było odwzorowanie działania ludzkiej dłoni w odniesieniu mechanicznym. Stanowisko badawcze wyposażone zostało również w moduł szarpiący strunę gitary. Zastosowany moduł wykorzystano w celu wzbudzenia struny w powtarzalnych odstępach czasowych, co pozwoliło wyeliminować zmienność parametrów związanych z szarpnięciem i ułatwiło automatyzację procesu analizy wyników. Poza próbą odtworzenia mechanicznego działania ludzkiej dłoni w celu późniejszej kontrolowanej symulacji gry na instrumencie strunowym, przeprowadzono również porównanie efektu zastosowania wybranych materiałów do wykończenia elementu dociskającego strunę. Efekt ten porównano pod kątem wskazania materiału o właściwościach najbardziej zbliżonych do palca gitarzysty. W artykule przedstawiono wyniki ze wstępnych badań nad symulacją gry człowieka na instrumencie strunowym przy wykorzystaniu zrobotyzowanego stanowiska badawczego. Uzyskane wyniki posłużą do rozwoju pracy nad mechanizmami potrafiącymi grać na instrumentach, nie tylko strunowych.

Many factors influence the timbre of the sound extracted from the guitar, among others: the material from which the guitar is made, the type of the bridge, the size and shape of the instrument as well as the tension and type of the strings. The way how a musician plays the instrument is also a factor that can shape the obtained sound: the placing of the fingers pressing the strings to the neck, the place, the strength and angle of the string's pluck as well as the size and material of the picking element.

During the research an attempt was made to simulate the environment created during the process of string pressing by the musician. For its purpose, a test stand equipped with a prototype of an artificial hand was built. Its task was to reproduce the operation of the human hand in a mechanical relation. The test stand was also equipped with a guitar plucking string module. The module was used to excite the string at repetitive time intervals, which allowed to eliminate the variability of the parameters associated with the string pluck and simplified the automation of the process of analyzing the results. In addition to reproduce the mechanical action of the human hand and for later controlled simulation of playing the stringed instrument, a comparison of the effect of

using selected materials as endings of the string-pressing element was also performed. This effect was compared for the indication of the material with the properties most similar to the finger skin of the guitarist.

The article presents the results of preliminary research on the simulation of a human play on a stringed instrument using a robotic research stand. The obtained results will be used to develop work on mechanisms able to play instruments, not only stringed ones.

WIRTUALNA WYCIECZKA DŹWIĘKOWA VIRTUAL SOUND TOUR

**BARTŁOMIEJ BORKOWSKI; JERZY WICIAK; BARTOSZ STOLIŃSKI¹;
BARBARA WORSZTYNOWICZ; ANDRZEJ UHRYŃSKI; MAREK PLUTA**

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

¹ Krzysztof Krej Empyrean, Kunickiego 5/209, 30-134 Kraków

W artykule zaproponowana została metodologia rejestracji dźwięku przestrzennego systemem wielomikrofonowym oraz sposób jego implementacji w aplikacjach wirtualnej rzeczywistości. Wykonano serie nagrań w laboratorium akustycznym na terenie AGH, wykorzystując system zbudowany z sześciu mikrofonów, a następnie odtworzono zarejestrowaną przestrzeń dźwiękową laboratorium w silniku gier Unity. W stworzonej aplikacji zaimplementowano technologię VR HTC Vive.

Praca została zrealizowana w ramach działalności statutowej Katedry Mechaniki i Wibroakustyki Akademii Górniczo-Hutniczej [nr 11.11.130.734].

The methodology of spatial sound recording with multi-microphone system and its implementation in virtual reality applications has been proposed in this paper. A series of recordings using six-microphones setup has been performed in AGH's acoustic laboratory and the resulting spatial sound has been reproduced in Unity game engine. The HTC Vive VR technology has been implemented in the application.

This work was supported by the statute resources of the Department of Mechanics and Vibroacoustics of AGH University of Science and Technology [project No. 11.11.130.734]

BADANIA NUMERYCZNE WPŁYWU PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH WENTYLATORA PROMIENIOWEGO NA GENEROWANY HAŁAS
NUMERICAL INVESTIGATIONS OF THE INFLUENCE OF DESIGN PARAMETERS ON THE RADIAL FAN GENERATED NOISE

IRENEUSZ CZAJKA; DAWID ROMIK; KATARZYNA SUDER-DĘBSKA

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

W artykule zamieszczono wyniki obliczeń numerycznych przepływu powietrza przez wentylator promieniowy. Analiza dotyczy zmian kształtu obudowy spiralnej wentylatora promieniowego w okolicy języzka. Zbadano zmiany odległości promieniowej języzka obudowy od wirnika. Przedstawiono wpływ zmian geometrii wentylatora na generowany hałas. Symulacje komputerowe oraz analiza wyników modelu 2D przeprowadzone zostały w programie Ansys Fluent. W obliczeniach wykorzystano model Ffowcs Williams-Hawkings.

The article presents the results of numerical calculations of air flow through a radial fan. The analysis focuses on the shape changes of the radial fan casing in the region of the tongue. Changes in the radial distance of the housing tongue from the rotor were investigated. The influence of fan geometry changes on the generated noise has been presented. Computer simulations and analysis of 2D model results were carried out in the Ansys Fluent program. The Ffowcs Williams-Hawkings model was used in the calculations.

WPŁYW POŁOŻENIA I WIELKOŚCI WARSTWY WEWNĘTRZNEJ NA SKUTECZNOŚĆ 2-WARSTWOWYCH AKTUATORÓW PIEZOELEKTRYCZNYCH.

THE INFLUENCE OF THE POSITION AND SIZE OF THE INNER LAYER ON THE EFFECTIVENESS OF 2-LAYER PIEZOELECTRIC ACTUATORS.

ROMAN TROJANOWSKI; JERZY WICIAK

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

W pracy przedstawiono wyniki analiz numerycznych na temat wpływu położenia i wielkości warstwy wewnętrznej piezoaktuatorów 2-warstwowych na ich skuteczność w redukcji drgań i dźwięków strukturalnych płyty. Stworzono modele numeryczne płyty stalowej utwierdzonej na wszystkich krawędziach z przymocowanymi aktuatorami piezoelektrycznymi. Jeden z piezoaktuatorów wykorzystywany był do pobudzenia płyty do drgań (element o jednorodnym składzie materiałowym i podstawie kwadratu). Drugi, wykorzystywany do redukcji, miał różny skład materiałowy i kształt. Analizy przeprowadzono w programie ANSYS.

The paper presents the results of numerical analyses on the influence of the

position and size of the inner layer of 2-layered piezoactuators on their effectiveness in the reduction of plates' vibrations and structural sounds. Numerical models of a steel plate fixed on all sides with attached piezoelectric actuators were created. One of them was used to excite plates' vibrations (always an element with a homogeneous material composition and a square base). The second one, used for reduction, had a different material composition and shape in each model. The analyses were carried out using ANSYS.

WIBROAKUSTYKA W TECHNICIE I ŚRODOWISKU

Opiekunowie sesji:
JANUSZ PIECHOWICZ

JANUSZ KOMPALA

PROMIENIOWANIE DŹWIĘKU TŁOKA KOŁOWEGO UMIESZCZONEGO NA DNE OTWARTEJ PROSTOKĄTNEJ WŃĘKI - WSTĘPNE WYNIKI DOŚWIADCZALNE

SOUND RADIATION BY A CIRCULAR PISTON LOCATED AT THE BOTTOM OF AN OPEN RECTANGULAR CAVITY - PRELIMINARY EXPERIMENTAL RESULTS

KRZYSZTOF SZEMELA; WOJCIECH ŻYŁKA¹; WOJCIECH RDZANEK¹

Uniwersytet Rzeszowski

¹ Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, ul. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów

Otwarte wnęki o różnych przekrojach bardzo często stanowią elementy konstrukcyjne, maszyn, urządzeń jak również pojazdów. Można je również spotkać w budownictwie jako wyloty kanałów wentylacyjnych lub innych urządzeń. Z tego względu istotne jest zbadanie właściwości akustycznych wnek. Celem badań było doświadczalne określenie promieniowania dźwięku przez otwartą prostokątną wnekę o sztywnych ścianach, której wylot był umieszczony w płaskiej odgradzie. Źródłem dźwięku był kołowy tłok umieszczony na dnie. Wnekę oraz płaską odgradę zbudowano ze sklejk drewnianej. Tłok kołowy został wykonany ze stali co zapewniło mu dużą sztywność podczas drgań. Stnowisko pomiarowe umieszczono w komorze semi-bezechowej, co ograniczyło wpływ fal odbitych jak również zakłóceń zewnętrznych. Drgania tłoka były generowane za pomocą wzbudnika. Sygnałem wymuszający był sygnał świergotowy zmieniający się w granicach od 100 Hz do 1500 Hz. Pozwoliło to określić odpowiedź układu w całym analizowanym zakresie częstotliwości. Zmierzono bezdotykowo zmiany prędkość drgań tłoka w czasie za pomocą wibrometru laserowego. W wybranych punktach pola znajdujących się na zewnątrz wnek mierzone zmiany w czasie ciśnienia akustycznego. Czas trwania pomiaru w każdym punkcie wynosił 30 s, a częstotliwość próbkowania była równa 12.8 kHz. Na podstawie danych pomiarowych oraz wykorzystując dyskretną transformatę Fouriera otrzymano amplitudę ciśnienia dźwięku jak również odpowiadającą jej amplitudę prędkości drgań tłoka jako dyskretną funkcję częstotliwości. Określono rozkłady modułu ciśnienia akustycznego dla wybranych częstotliwości. Ponadto, zbadano zależność modułu ciśnienia dźwięku od częstotliwości dla pewnych punktów pola.

Open cavities with different cross-sections are very often construction elements of machines, devices as well as vehicles. They can also be found in the architecture as outlets of ventilation systems or other devices. Therefore, it is of importance to investigate the acoustic properties of such vibroacoustic systems. The main aim of this study was to determine the sound radiation by an open rectangular cavity with rigid walls whose opening was embedded in a flat baffle. The sound source was a circular piston located at the cavity's bottom. Some chipboards have been used to construct the cavity as well as the flat baffle. The piston was made of steel so that its surface can not deform during vibrations. In order to reduce the influence of reflected wave and other disturbing external factors, the measurement setup was placed inside the semi-anechoic chamber. The piston's vibrations was excited by means of a shaker and with the use of the chirp signal varying from 100 Hz to 1500 Hz. This allows the behavior of system to be determined for whole analyzed frequency range. Using a laser vibrometer, the contactless measurements of piston vibration velocity have been performed. The variations with time of the acoustic pressure have been measured at some chosen field points located outside the cavity. The measurements have been performed with the sampling frequency 12.8 kHz and their duration was equal to 30 s for each measuring point. Based on the measurement data and using DFT (Discrete Fourier Transform), the sound pressure amplitude as well as the corresponding amplitude of the piston vibration velocity have been obtained as the discrete functions of frequency. Some distributions of sound pressure amplitude have been determined for some fixed frequencies. Moreover, the influence of the frequency on the sound pressure amplitude has been investigated at some chosen field points.

ANALIZA SKUTECZNOŚCI ZAKOŃCZENIA BEZECHOWEGO TUBY CYLINDRYCZNEJ

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE TERMINATION OF THE ANECHOIC CYLINDRICAL TUBE

WOJCIECH RDZANEK; KRZYSZTOF SZEMELA; WOJCIECH ŻYŁKA

Uniwersytet Rzeszowski

Zakończenie bezechowe jest często stosowane w pracach eksperymentalnych dotyczących propagacji fal akustycznych w falowodach o przekroju kołowym lub prostokątnym. Rzeczywiste przewody wentylacyjne charakteryzują się względnie dużą długością w porównaniu promienia przekroju poprzecznego. Jednakże wykorzystanie bardzo długich przewodów w komorze bezechowej jest niewygodne lub niemożliwe. Dlatego stosowanie zakończenia bezechowego jest bardzo wygodne. Zwykle na jednym z końców tuby umieszczany jest materiał o dużej chłonności akustycznej. Pojawia się pytanie jaka jest skuteczność takiego zakończenia w symulacji tuby półnieskończonej? Odpowiedź na to pytanie ma szczególnie istotne znaczenie z punktu widzenia wiarygodności prowadzonych prac eksperymentalnych. W tej pracy podjęto próbę odpowiedzi na tak postawione pytanie.

Anechoic terminations are often used in experimental research on propagation

of acoustic waves in waveguides of circular or rectangular cross-section. The actual ventilation ducts are characterized by a relatively long length compared to the radius of the cross-section. However, the use of very long tubes in an anechoic chamber is uncomfortable or impossible. Therefore, applying anechoic terminations is very convenient. Usually, a material of high sound absorption is placed at one end of the tube. The question arises whether such a terminations are effective in the simulation of a semi-infinite tubes? The answer to this question is particularly important from the point of view of the credibility of the experimental research carried out. In this study an attempt was made to answer such a question.

DROGOWE EKRANY AKUSTYCZNE – WYBAWIENIE CZY PRZEKLEŃSTWO

JANUSZ KOMPAŁA

Główny Instytut Górnictwa, Katowice; plac Gwarków 1; 40-166 Katowice; Poland

Hałas niskoczęstotliwościowy jest uznawany jako jeden z istotnych problemów ochrony środowiska bytowego człowieka przed nadmiernym hałasem. Tradycyjne metody oceny uciążliwości hałasu w środowisku są bardzo często niewystarczające w przypadku oddziaływania źródeł sygnałów infradźwiękowych. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że hałas niskoczęstotliwościowy emitowany na poziomie 40 - 100 dB (w zależności od konkretnej częstotliwości) wprawdzie nie wywołuje negatywnych skutków zdrowotnych, jednak może być źródłem dużych uciążliwości. Przykładem mogą być wyniki badań przeprowadzonych w pomieszczeniach mieszkalnych w bezpośrednim sąsiedztwie ekranu akustycznego. Wyniki przeprowadzonych badań i ocen potwierdzają, iż źródłem tego typu uciążliwości w środowisku zewnętrznym są przede wszystkim źródła hałasów przemysłowych, transport drogowy i kolejowy oraz, co nie wszystkim wydaje się oczywiste, obiekty inżynierskie typu ekrany akustyczne stanowiące, bardzo często, wtórne źródło niskoczęstotliwościowych sygnałów wibroakustycznych. Sygnały te powodują, w związku z konstrukcją pomieszczeń powstawanie rezonansów w zakresie niskich częstotliwości. Publikowane badania skutków wywołanych ekspozycją na hałas środowiskowy z zawartością infradźwięków i hałasu niskoczęstotliwościowego bardzo często oparte są o pomiary z zastosowaniem charakterystyki częstotliwościowej A, czyli praktycznie całkowicie pozbawione informacji o zawartości hałasu niskoczęstotliwościowego.

Słowa kluczowe: hałas niskoczęstotliwościowy, infradźwięki, drgania, ocena hałasu w środowisku, ocena hałasu środowisku bytowym

ANALIZA WPŁYWU WARUNKÓW PRACY NA PARAMETRY DIAGNOSTYCZNE W WIBROAKUSTYCE MASZYN
ANALYSIS OF THE IMPACT OF WORKING CONDITIONS ON DIAGNOSTIC PARAMETERS IN VIBROACOUSTICS OF MACHINES

PAWEŁ PAWLIK

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

W diagnostyce wibroakustycznej bardzo często mamy do czynienia z maszynami pracującymi w zmiennych warunkach. Co znacznie utrudnia ich diagnozowanie standardowymi metodami diagnostycznymi, ponieważ wartości wyznaczanych estymat zmieniają się wraz z obciążeniem. W takich przypadkach, w metodach widmowych wymagana jest analiza pasm częstotliwości, które oprócz informacji o diagnozowanym parametrze zawierać mogą inne składowe. Zastosowanie metody analizy rzędów pozwala na zsynchronizowanie sygnału wibroakustycznego z prędkością obrotową, co rozwiązuje ten problem i ułatwia śledzenie amplitud składowych odpowiedzialnych za konkretny element maszyny. Zmienne warunki pracy wpływają również na zmiany amplitud składowych charakterystycznych, co jest przedmiotem tej pracy.

W pracy przedstawiono analizę wpływu obciążenia diagnozowanego układu na wartości parametrów diagnostycznych przekładni planetarnej na stanowisku laboratoryjnym. Przeprowadzono eksperyment diagnostycznych maszyny pracującej w zmiennych zadanych warunkach pracy. Analizowano wartości amplitud rzędów charakterystycznych oraz ich zmiany w zależności od zadawanego obciążenia oraz innych czynników. Przedstawiono metodę eliminacji wpływu zmiany obciążenia na wartości parametrów diagnostycznych, która przystosowana jest do zastosowania w systemach monitorowania.

Praca została zrealizowana w ramach działalności statutowej Katedry Mechaniki i Wibroakustyki Akademii Górniczo-Hutniczej [nr 11.11.130.734].

In vibroacoustic diagnostics we often deal with machines operating in variable conditions. What makes it difficult to diagnose them with standard diagnostic methods, because the values of the estimates change with the load. In such cases, the analysis of frequency bands is required in spectral methods, which in addition to information about the diagnosed parameter may contain other components. The use of the Order Analysis method allows to synchronize the vibroacoustic signal with the rotational speed which solves this problem and makes it easier to track the amplitudes of components responsible for a specific machine part. Variable working conditions also affect changes in characteristic amplitudes, which is the subject of this work.

The paper presents an analysis of the impact of the load of the diagnosed system on the diagnostic parameters of planetary gear in a laboratory stand. A diagnostic experiment of a machine operating in variable predetermined conditions. The amplitudes of characteristic rows and their variations depending on the load and other factors were analysed.

The method of eliminating the influence of load change on the values of diagnostic parameters is presented, which is adapted for use in monitoring systems.

This work was supported by the statute resources of the Department of Mechanics and Vibroacoustics of AGH University of Science and Technology [project No. 11.11.130.734]

ZASTOSOWANIE RÓŻNYCH SYGNAŁÓW POMIAROWYCH DO POMIARÓW LABORATORYJNYCH IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ OD DŹWIĘKÓW POWIETRZNYCH

THE USE OF VARIOUS MEASUREMENT SIGNALS FOR LABORATORY MEASUREMENT OF AIRBORN SOUND INSULATION

DOMINIK MLECZKO; JUSTYNA MAJCHROWICZ

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Zgodnie z normą PN-EN ISO 10140-5:2010 do pomiarów laboratoryjnych izolacyjności akustycznej elementów budowlanych dźwięk wytwarzany w komorze nadawczej powinien być ustalony i powinien mieć widmo ciągłe w rozważanym pasmie częstotliwości. W przypadku zastosowania sygnału szerokopasmowego zaleca się stosowanie szumu białego, jednak jest to jedynie zalecenie, a do pomiarów można wykorzystywać różne sygnały wymuszające. Poza szumami szerokopasmowymi, z których najczęściej stosuje się biały oraz różowy, można wykorzystać wymuszenie sygnałem z przestrajającym sinusem (ang. swept sine), MLS (ang. maximum length sequence) lub wymuszenie jedynie wąskim pasmem szumu (przykładowo o szerokości 1/3 lub 1/1 oktawy). Pojawia się jednak pytanie, czy pomiary z użyciem różnych, wyżej wymienionych sygnałów akustycznych, będą dawały porównywalne wyniki zarówno widma izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych, jak i ważonego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej R_w oraz widmowych wskaźników adaptacyjnych C i Ctr.

W Zespole Komór Pogłosowych Katedry Mechaniki i Wibroakustyki Akademii Górniczo-Hutniczej wykonana została seria pomiarów izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych. Do badań wykorzystano płytę PMMA o grubości 15 mm i wymiarach 1 m x 2 m (szerokość x wysokość). Wykorzystując wcześniej wspomniane sygnały wymuszające, wykonano po 30 pomiarów, każdorazowo zmieniając pozycję odbiorników oraz wykorzystując dwie pozycje źródła dźwięku. Czas próbkowania każdego pomiaru wynosił 30 s. Następnie wyznaczono widma izolacyjności akustycznych oraz, zgodnie z normą PN-EN ISO 717-1, wartości ważonego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej R_w i widmowych wskaźników adaptacyjnych C i Ctr.

Na podstawie uzyskanych wartości widma izolacyjności akustycznej właściwej uzyskanych podczas pomiarów przy wykorzystaniu pięciu rozpatrywanych sygnałów wymuszających (szumu białego, różowego, wąskopasmowego, MLS oraz sinusa przemiatanego) zaobserwowano, iż największe rozbieżności (około 2 – 3 dB) w uzyskiwanych wynikach znajdują się w zakresie niskich częstotliwości (100 – 200 Hz). Dla pasm powyżej 200 Hz różnice nie przekraczają już 2 dB. Największą zbieżność (zwłaszcza dla zakresu powyżej 200 Hz) posiadają wyniki pomiarów uzyskane przy wymuszeniu szumem białym, szumem różowym oraz MLS. Ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej we wszystkich przypadkach uzyskał taką samą wartość (34 dB), natomiast różnice wystąpiły w obliczonych wartościach widmowych wskaźników adaptacyjnych. Wartość wskaźnika C uzyskana przy wykorzystaniu MLS wyniosła -2, a we wszystkich

pozostałych przypadkach -1. Z kolei wskaźnik C_{tr} przy wymuszeniu sinusem przemiata-
nym wyniósł -2, a w przypadku zastosowania pozostałych sygnałów -3.

Praca została zrealizowana w ramach działalności statutowej Katedry Mechaniki
i Wibroakustyki Akademii Górniczo-Hutniczej [nr 11.11.130.734].

According to the PN-EN ISO 10140-5:2010 standard for laboratory measure-
ment of sound insulation of building elements the sound generated in the source room
shall be steady and have a continuous spectrum in the frequency range considered. If
broadband noise is used, white noise is recommended, but it is only a recommendation
and for the measurements you can use different signals. In addition to broadband
noise, where most commonly used are white and pink noise, you can use swept sine,
MLS (maximum length sequence) or narrow band of noise (for example the 1/3 or
1/1 octave band). However, the question arises whether measurements using various,
above-mentioned acoustic signals will give comparable results of both the airborne sound
insulation spectrum as well as the weighted sound reduction index R_w and spectrum
adaptation terms C and C_{tr} .

In the complex of reverberation rooms located in AGH University of Science and
Technology, Department of Mechanics and Vibroacoustics in Kraków, a series of measu-
rements of airborne sound insulation has been made. A PMMA board with a thickness
of 15 mm and dimensions of 1m x 2m (width x height) was used for the tests. Using
the previously mentioned signals, 30 measurements were taken, each time changing the
position of receivers and using two positions of the sound source. The sampling time of
each measurement was 30 s. Next, the spectrum of sound insulation were determined
and, according to PN-EN ISO 717-1 standard, the weighted sound reduction index R_w
and spectrum adaptation terms C and C_{tr} .

Based on results of the airborne sound insulation spectrum obtained during measu-
rements using the five considered signals (white noise, pink noise, narrow band of noise,
MLS and swept sine), it was observed that the biggest discrepancies (about 2 - 3 dB)
in the obtained results are in the low range frequencies (100 - 200 Hz). For bands over
200 Hz, the differences do not exceed 2 dB. The greatest convergence (especially for the
range above 200 Hz) has the results of measurements obtained when forced with white
noise, pink noise and MLS. The weighted sound reduction index in all cases have the
same value (34 dB), while the differences occurred in the calculated spectrum adapta-
tion terms. Index value C obtained using MLS was -2 and in all other cases -1, while the C_{tr}
index using swept sine was -2, and in case of using other signals -3.

This work was supported by the statute resources of the Department of Mechanics and
Vibroacoustics of AGH University of Science and Technology [project No. 11.11.130.734]

WPLYW ZAŁOŻEŃ DOTYCZĄCYCH ROZKŁADU PRAWDOPODOBIEŃSTWA DŁUGOOKRESOWYCH WSKAŹNIKÓW HAŁASU NA NIEPEWNOŚĆ

BARTOSZ PRZYSUCHA; DARIUSZ MAJEREK; AGATA SZELAĞ¹

Politechnika Lubelska, Nadbystrzycka 38D, 20-816 Lublin

¹ Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

Podstawowymi wskaźnikami wykorzystanymi w ocenie hałasu środowiskowego są długookresowe wskaźniki hałasu L_d oraz L_{dwn} . Wskaźniki te obliczane są w większości przypadków w oparciu o próbę pomiarową, która jest zazwyczaj mało liczna. W procesie estymacji wraz z podaniem wartości wskaźnika wyliczonej z takiej próby pomiarowej należy podać również niepewność z jaką wielkość ta została wyznaczona. Niepewność tę podaje się zazwyczaj w postaci przedziału ufności o określonym poziomie ufności. Przedział taki najczęściej wyznaczany jest przy założeniu normalności rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej opisującej wskaźnik lub normalności prawdopodobieństwa zmiennej reprezentującej poziom energii. W przypadku posiadania próby o dużej liczebności można wyznaczyć przedział ufności korzystając z twierdzenia Lindeberga Leviego. Założenia te najczęściej jednak nie są zasadne a próba pomiarowa nie dość liczna, aby skorzystać z granicznych własności Twierdzenia Lindeberga–Leviego. Zazwyczaj rozkład prawdopodobieństwa wskaźnika hałasu oraz poziomu energii jest rozkładem asymetrycznym co wpływa na asymetrię rozkładu wartości średniej i na asymetrię samego przedziału ufności - szczególnie dla małej liczebności próby. Przedziały otrzymane z wykorzystaniem wyżej wymienionych założeń są wtedy przedziałami nie uwzględniającymi asymetrii rozkładów prawdopodobieństw odpowiednich zmiennych.

W pracy przedstawiono metodę konstrukcji przedziału ufności uwzględniającą asymetrię rozkładu prawdopodobieństwa badanych zmiennych. Dokonano analizy porównawczej i analizy błędu jaki można popełnić stosując niezasadne założenia dotyczące rozkładu prawdopodobieństwa zarówno wskaźnika hałasu jak i poziomu energii na szerokość i położenie przedziału ufności.

NARAŻENIE NA HAŁAS W ZAKŁADACH OPAKOWAŃ METALOWYCH NOISE EXPOSURE IN METAL PACKAGING

BOŻENA SMAGOWSKA; DARIUSZ PLEBAN; EMIL KOZŁOWSKI; WITOLD MIKULSKI

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

Wg danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) w Polsce jest ok. 8 tys. zakładów wytwarzających opakowania. W większości są to małe i średnie firmy, wytwarzające opakowania z drewna, z tworzyw sztucznych; z papieru i tektury; z metalu, szkła i materiałów tekstylnych. W niniejszym opracowaniu zamieszczono wyniki pomiarów i oceny narażenia na hałas w zakresie częstotliwości infradźwiękowych, słyszalnych i ultradźwiękowych przeprowadzonych na wybranych stanowiskach pracy w zakładach

produkcujących elementy opakowań lub opakowania z metalu. Podano przykład ograniczenia ekspozycji na hałas na stanowiskach pracy w zakładzie produkującym puszki metalowe poprzez dobór ochronników słuchu oraz omówiono działania organizacyjno-techniczne mających na celu ograniczenie narażenia na hałas w tym środowisku pracy.

According to data of the Central Statistical Office (GUS), there are approx. 8 thousand packaging manufacturing plants in Poland. The majority of them are small and medium-sized companies producing packaging made of wood, plastic; paper and cardboard; metal, glass and textiles. This study contains the measurements results and assessments of exposure to noise in the range of infrasound, audible and ultrasonic frequencies carried out at selected workplaces in plants producing packaging elements or metal packaging. An example of the reduction of noise exposure at workstations in a plant producing metal cans by choosing hearing protectors is given. Organizational and technical activities aimed at reducing exposure to noise in this work environment are discussed.

BADANIA IZOLACYJNOŚCI PRZEMYSŁOWYCH EKRANÓW AKUSTYCZNYCH W WARUNKACH POLA POGŁOSOWEGO ACOUSTIC INSULATION TESTS OF INDUSTRIAL NOISE SCREENS IN THE REVERBERANT FIELD CONDITIONS

JANUSZ PIECHOWICZ; JAKUB PIECHOWICZ

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Właściwy dobór parametrów akustycznych ekranów przemysłowych stosowanych wewnątrz hal produkcyjnych ma istotne znaczenie w przypadku konieczności odseparowania sąsiadujących głośnych stanowisk pracy. Dla określenia właściwości akustycznych materiałów przeznaczonych do budowy konstrukcji ekranu stosowane są metody laboratoryjne, jednak są one kosztowne, wymagają właściwych laboratoriów akustycznych odpowiedniego przygotowania próbek.

W artykule przedstawiono sposób wyznaczenia właściwości przemysłowych ekranów akustycznych w warunkach "in situ" czyli w miejscu gdzie będą one umiejscowione – w polu pogłosowym. Badania takie wykonywane metodami odpowiedzi impulsowej. Przedstawiono wyniki pomiarów porównawczych dla badań przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych w zespole komór pogłosowych oraz badań przeprowadzonych w warunkach "in situ".

Praca została zrealizowana w ramach działalności statutowej Katedry Mechaniki i Wibroakustyki Akademii Górniczo-Hutniczej [nr 11.11.130.734].

Proper selection of acoustic parameters of industrial noise screens used inside production halls is of great importance when it is necessary to separate neighboring loud work stations. Acoustic methods are used to determine the acoustic properties of materials intended for the construction of the screen structure, however, they are expensive, require appropriate acoustic laboratories to prepare the samples appropriately.

The article presents the method of determining the industrial properties of acoustic

screens in "in situ" conditions, i.e. where they will be located - in a reverberant sound field. Such tests are carried out using impulse response methods. The results of comparative measurements for tests carried out in laboratory conditions in a set of reverberation chambers and tests carried out under "in situ" conditions are presented. This work was supported by the statute resources of the Department of Mechanics and Vibroacoustics of AGH University of Science and Technology [project No. 11.11.130.734

**ZINTEGROWANY WIELOKANALOWY SYSTEM POMIAROWY DO BADA-
NIA PARAMETRÓW POLA AKUSTYCZNEGO W POMIESZCZENIU**
**INTEGRATED MULTI-CHANNEL MEASUREMENT SYSTEM FOR DE-
TERMINING THE SOUND FIELD PARAMETERS IN A ROOM**

JANUSZ PIECHOWICZ; PAWEŁ PAWLIK

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Szereg problemów badawczych lub diagnostycznych wibroakustyki stawia zadania synchronicznego pozyskiwania wielu danych pomiarowych wynikających z rozkładów parametrów pola akustycznego wokół badanych obiektów lub wewnątrz, w badanych obiektach. Autorzy zbudowali zintegrowany wielokanałowy system pomiarowy umożliwiając synchroniczną rejestrację sygnałów akustycznych. Analiza pola akustycznego wykonywana była na podstawie danych zarejestrowanych przez linię mikrofonów, celem wyodrębnienia poszukiwanych informacji o parametrach pola akustycznego w pomieszczeniu. Uzyskane wyniki przetwarzane w dalszych obliczeniach, mogły służyć do wizualizacji rozkładów ciśnienia akustycznego w obszarze zamkniętym.

Praca została zrealizowana w ramach działalności statutowej Katedry Mechaniki i Wibroakustyki Akademii Górniczo-Hutniczej [nr 11.11.130.734].

A number of scientific or diagnostic issues in vibroacoustics require synchronous acquisition of plenty of measurement data generated by distributions of the parameters of sound field either around tested objects or inside of them. The authors have developed an integrated multi-channel measurement system enabling synchronous registering of audible signals. The analysis of sound field was made on the basis of data recorded by a line of microphones, with the object of separating the sought-for information on the parameters of sound field in a room. The obtained results were processed in subsequent calculations, and could be used for visualizing distributions of sound pressure in a closed area.

This work was supported by the statute resources of the Department of Mechanics and Vibroacoustics of AGH University of Science and Technology [project No. 11.11.130.734

SEKCJA PRAC STUDENCKICH – KONKURS IM. WŁADYSŁAWA BOGUSZA

Opiekun sesji:
MAREK PLUTA

BADANIA DOŚWIADCZALNE WPLYWU DROGI PROPAGACJI NA WYBRANE PARAMETRY HAŁASU WYSOKOIMPULSOWEGO EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE EFFECT OF PROPAGATION PATH ON THE SELECTED PARAMETERS OF HIGHLY IMPULSIVE NOISE

AGNIESZKA CIOCHOŃ; TADEUSZ WSZOŁEK; BARTŁOMIEJ KUKULSKI

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

W pracy zaprezentowano wyniki badań doświadczalnych wpływu drogi propagacji na wartości parametrów akustycznych hałasu wysokoimpulsowego generowanego w wyniku zderzenia się wagonów w środowisku przemysłowym. Badania wykonano w pobliżu źródła oraz w trzech punktach pomiarowych zlokalizowanych w środowisku, pobliżu bazy przeładunku rud w jednej z miejscowości położonych na Zagłębiu Dąbrowskim. W pracy zaprezentowano uzyskane wyniki pomiarowe oraz przeprowadzoną analizę pod kątem wpływu drogi propagacji dźwięku impulsowego na zmianę wybranych jego parametrów obiektywnych – wskaźników hałasu, przebiegów czasowych, rozkładu widma i jego deskryptorów. Podjęto też próbę oceny wpływu odległości od źródła hałasu oraz innych czynników na drodze propagacji dźwięku na wyniki pomiarowe.

The paper presents the results of experimental studies on the impact of the propagation path on the values of acoustic parameters of highly impulsive noise generated as a result of collision of wagons in an industrial environment. The measurements were carried out close to the noise source and at three points located in the environment, near the ore reloading base in one of the towns located in the Dąbrowa Basin. The paper presents the obtained measurement results and carried out analysis in terms of the impact of the impulsive sound propagation path on the change of its selected objective parameters - noise indicators, time series, spectral distribution and its descriptors. An attempt was also made to assess the influence of distance from the noise source and other factors on the way of sound propagation on the measurement results.

**WPLYW DUDNIEŃ BINAURALNYCH NA WYBRANE PARAMETRY
PSYCHOMOTORYCZNE CZŁOWIEKA**
**BINAURAL BEATS INFLUENCE ON HUMAN PSYCHOMETRIC PAR-
AMETERS**

MARIA HELAK; DOROTA CZOPEK

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

W dzisiejszym świecie koncentracja, skupienie oraz czas reakcji są jednocześnie wymagane w wielu aspektach naszego życia, jak również są zaburzone poprzez wiele czynników występujących w naszej codzienności. Jednym z takich czynników jest muzyka, której słuchamy podczas wykonywanych czynności. Wybierając słuchane melodie, kierujemy się zwykle preferencjami naszego gustu muzycznego. Nie jest to jednak najlepszy wybór, gdyż ulubione utwory kojarzą nam się z odpoczynkiem i relaksem. Według badań muzyką, która pobudza koncentrację, jest muzyka klasyczna. Nie jest to jednak jedyny gatunek, który ma takie działanie. Celem niniejszej pracy jest analiza wpływu dźwięków, złożonych z dudnień binauralnych, na wybrane parametry psychomotoryczne człowieka. Badania zostały przeprowadzone za pomocą tak zwanego Systemu Testów Wiedeńskich. Podczas słuchania dudnień binauralnych, każdy z uczestników wykonał sekwencję czynności danego Testu.

**OCENA JAKOŚCI KOMORY POGŁOSOWEJ W BADANIACH MODELO-
WYCH Z WYKORZYSTANIEM METOD OBLICZANIA STOPNIA ROZ-
PROSZENIA POŁA AKUSTYCZNEGO**
**EVALUATION OF THE REVERBERANT CHAMBER QUALITY IN MO-
DELING TESTS BY USING THE DIFFUSENESS ESTIMATION ME-
THODS**

BARTŁOMIEJ CHOJNACKI; ADAM PILCH; TADEUSZ KAMISIŃSKI

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Komora pogłosowa służy do prowadzenia badań akustycznych, zwłaszcza pomiarów pogłosowego współczynnika dźwięku. W obecnie obowiązujących normach, takich jak ISO 354 czy ISO 3741 znajdują się wymagania dotyczące minimalnej objętości komory, maksymalnej dopuszczalnej chłonności akustycznej lub maksymalnego odchylenia standardowego pomiaru ciśnienia akustycznego, jednakże w ubiegłych latach powstało wiele opracowań dowodzących, że nie są to decydujące parametry opisujące rozproszenie pola akustycznego. W pracy przedstawiono badania modelowe różnych kształtów geometrii komory pogłosowej oraz próbę ich oceny za pomocą analizy statystycznej wygenerowanych odpowiedzi impulsowych. Na podstawie zaprogramowanego modelu geometrii zmieniano kąt między ścianami przykładowej komory, zachowując stałą objętość, generowano odpowiedzi impulsowe z wykorzystaniem metody promieniowej. Obliczano nowoczesne parametry definiujące stopień rozproszenia pola akustycznego, bazujące na metodach statystycznych. Dokonano porównania poszczególnych parametrów w celu

wyznaczenia ich wrażliwości na zmiany geometrii oraz odniesienia do powszechnie używanych parametrów normatywnych. Podjęto próbę wyznaczenia optymalnej geometrii pomieszczenia celem uzyskania jak najlepszego rozproszenia pola akustycznego, co może bezpośrednio przyczynić się do zmniejszenia niepewności pomiaru pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku oraz skutkować przygotowaniem uniwersalnych założeń na potrzeby projektowania komór pogłosowych.

Reverberation chamber is well-known type of the laboratory for acoustic research, especially reverberant sound absorption coefficient. In current standard ISO 354 or ISO 3741 we can find requirements of equivalent sound absorption area and volume of the chamber, however, there are many articles proving that these requirements aren't the best possible parameters for field diffusion measurement. Paper contain modeling test of different geometry types for reverberation chambers and their ratings with usage of statistical method over room impulse response. Basing on the prepared geometry model of the example chamber, the angles between walls were changed, saving the same volume. Modern diffuseness estimation parameters with usage of statistical methods were calculated, based on the generated impulse responses by ray-tracing method. Some comparisons between parameters were performed, checking their sensitivity on the geometry changes and comparing them with the parameters in the current standards. Some requirements about the best shape of the reverberation room has been provided.

OBLICZANIE MOCOWEGO WSPÓLCZYNNIKA TŁUMIENIA NA POTRZEBY POMIARÓW CHŁONNOŚCI AKUSTYCZNEJ PRÓBEK WYKONANYCH W SKALI

THE CALCULATION OF SOUND INTENSITY ATTENUATION COEFFICIENT FOR THE NEEDS OF SOUND ABSORPTION MEASUREMENTS IN SCALE MODELS

ALEKSANDRA MAJCHRZAK; KATARZYNA BARUCH; AGATA SZELAĞ¹;
TADEUSZ KAMISIŃSKI

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

¹ Politechnika Krakowska

Wykonywanie pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku materiałów wykonanych w skali wymaga przeskalowania wszystkich warunków pomiaru zgodnie z przyjętymi kryteriami podobieństwa. Najczęściej powoduje to przesunięcie zakresu częstotliwości pomiarowych w stronę wyższych wartości - w przypadku skali wykorzystanej w badaniach tj.1:8, jest to zakres od 800 Hz do 40 kHz. Innym kluczowym parametrem wymagającym przeskalowania jest chłonność akustyczna powietrza w komorze. Aby uzyskać jej wymaganą wartość, powietrze zwykle jest osuszane do jak najniższej wartości wilgotności względnej. W związku z tymi dwoma modyfikacjami, wartości mocowego współczynnika tłumienia m , który jest niezbędny do korekty wyniku końcowego, są obliczane dla niestandardowych parametrów wejściowych – bardzo wysokich częstotliwości oraz bardzo niskich wilgotności względnych powietrza. Poprawne obliczanie wartości mocowego współczynnika tłumienia dźwięku jest bardzo istotne, nie tylko przy wyznaczaniu wartości współczynnika pochłaniania dźwięku, ale również w badaniach modelowych dotyczących zagadnień akustyki środowiskowej. W pracy przedstawiono wyniki wstępnej analizy problemu, która wskazała na różnice między teoretycznie a empirycznie wyznaczanymi wartościami mocowego współczynnika tłumienia dźwięku. Zaprezentowane wnioski wskazują na konieczność dogłębnej analizy problemu i, być może, korekty sposobu obliczania wartości mocowego współczynnika tłumienia w warunkach charakterystycznych dla badań modelowych.

Performing sound absorption coefficient measurements in a model reverberation chamber requires scaling all the conditions in line with given similarity criteria. Usually, it causes a shift of the measurement frequency range – in the case of a scale used in this study, which is 1:8, the frequency range is 800 Hz – 40 kHz. Another key parameter which needs to be scaled is the sound absorption of air inside a chamber. To achieve its required value, the air is usually dried to as low relative humidity values as possible. Because of those two modifications, the values of intensity attenuation coefficient m , which is required for the correction of the final results, are calculated for nonstandard input parameters – very high frequencies and extremely low relative humidity values. The accurate calculation of sound attenuation by air is vital not only for the measurement of sound absorption coefficient of scaled samples, but also for the needs of environmental acoustics scale models. The results of the preliminary analysis of the problem show discrepancies between the values of intensity attenuation coefficient

m, determined theoretically and experimentally. The presented results indicate the need of a profound analysis of the problem and, perhaps, a correction of the way the sound attenuation coefficient is calculated for the conditions characteristic for model studies.

ROBOPERKUSISTA – NARZĘDZIE DO ANALIZY DŹWIĘKU WYDOBYWANEGO Z INSTRUMENTU MEMBRANOWEGO **ROBODRUMMER – TOOL FOR SOUND CHARACTERISTICS ANALYSIS OF A MEMBRANE INSTRUMENT**

JACEK PACIOREK; DANIEL TOKARCZYK

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Według najnowszych trendów wśród technologii konsumenckich można dostrzec prężny rozwój sztucznej inteligencji. Na tym etapie zaawansowania nie jest ona w stanie nawet w najmniejszym stopniu zastąpić człowieka, ale potrafi go dobrze naśladować. Stąd pomysł na stworzenie robota, który przy wykorzystaniu tych zagadnień będzie symulował grę na perkusji.

Takie urządzenie będzie miało możliwość zachowania powtarzalności nieosiągalnej dla nawet najlepszego perkusisty. Badania z zastosowaniem takiego urządzenia pozwalają określać różne parametry związane z budową i funkcjonowaniem instrumentów perkusyjnych. Między innymi: wpływ siły naciągu lub materiału z którego został wykonany, na dźwięki wydobywane z instrumentu.

We wczesnych etapach projektu konstrukcja oparta została o mikrokontroler Arduino oraz serwomechanizmy. Zastosowane silniki posłużyły wprawieniu w ruch pałek perkusyjnych uderzających w instrument. Oprócz zachowania powtarzalności urządzenie to, przy zastosowaniu odpowiednich algorytmów sztucznej inteligencji (deep learning), jest w stanie improwizować, podobnie jak człowiek. Praca demonstruje rozwiązania techniczne jakie zostały wykorzystane do budowy wczesnego prototypu, badania powtarzalności, jak i również pomysły na dalszy rozwój projektu.

Recently we can observe a growing trend amongst the consumer technologies to use artificial intelligence in some form. At this stage of development, it can not replace human in more advanced tasks, but it can reproduce our behaviour in low level of sophistication. That is how idea of building robot, which could simulate playing drums was born.

This kind of device could perform very repeatable moves which would be almost impossible for human drummer to replicate. Robot would be used in researching different parameters of drum kits ranging from materials used in building process or its sound characteristics.

In early stages of prototyping, device was built using Arduino microcontroller and two servos. Motors were used to move drum sticks.

Robodrummer could be also used to improvise similarly to human being with usage of machine learning algorithms. This project shows technical solutions for building first working prototype and potential further improvements.

GITARA MODUŁOWA – NOWA KONCEPCJA BADANIA INSTRUMENTÓW MUZYCZNYCH
MODULAR GUITAR – A NEW METHOD OF MUSICAL INSTRUMENTS MEASURING

MONIKA SOBOLEWSKA; PIOTR ALEKSANDER NOWAK¹; DANIEL TOKARCZYK; ADAM PILCH

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

¹ P.A.N Instrumenty Lutnicze

Muzyka i akustyka, chociaż są to dziedziny nierozzerwalnie ze sobą związane, rozwijały się w zupełnie różny sposób. Muzyka była bliska człowiekowi od początku jego istnienia, ale jej zrozumienie i opis akustyczny pojawiły się znacznie później. Instrumenty muzyczne przez wieki tworzone na podstawie intuicji i doświadczenia. Dopiero rozwój fizyki i informatyki umożliwił głębsze zrozumienie procesów zachodzących podczas wydobywania dźwięku. Jednak większość instrumentów, jak np. gitara klasyczna, pomimo swojej popularności nie została jeszcze całkowicie zbadana. Lutnicy od lat spierają się o znaczenie poszczególnych elementów konstrukcji dla brzmienia gitary, a naukowcy starają się ten problem rozwiązać, prowadząc szereg badań analizujących zagadnienie z różnej perspektywy. Niniejsza praca stanowi porównanie różnych metod pomiaru parametrów akustycznych gitary klasycznej stosowanych na świecie. Przedstawia również nową koncepcję badania instrumentu – gitarę modułową, która ze względu na swoją konstrukcję umożliwia obiektywne wyznaczenie wpływu poszczególnych elementów konstrukcji na parametry akustyczne instrumentu. Poznanie tych zależności jest kluczowe dla lutników, którzy dzięki większej świadomości będą mogli udoskonalać tradycyjne instrumenty oraz tworzyć konstrukcje przeznaczone dla konkretnych zastosowań wykonawczych.

Music and acoustics, although inseparable, have been evolving in completely different ways. Music has accompanied human from the beginning, but its understanding and acoustic description appeared much later. For centuries, musical instruments' constructions based on luthiers' intuition and experience. Only with the development of physics and computer science the deeper understanding of musical acoustics became possible. But even a classical guitar, very popular nowadays, has not been fully examined yet. For years there has been a dispute among luthiers about the influence of particular construction elements on the instrument's tone. Scientists have been trying to solve this problem, analyzing it from different viewpoints. Presented work shows a comparison of different approaches in classical guitar measuring. It also introduces a new conception of analyzing the acoustics of the instrument. A modular guitar, due to its construction, enables an objective evaluation of the influence of particular construction elements on the acoustic parameters of the instrument. The knowledge about these phenomena is vital for luthiers, who can use it for refining traditional constructions and building instruments for particular performing applications.

SYSTEM STEROWANIA RAMIENIEM MIKROFONÓW POMIAROWYCH A SYSTEM FOR MEASUREMENT MICROPHONE ARM STEERING

KAROL CZESAK; KAROL KOWALSKI; ALEXANDER STEFANI

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

W badaniach akustycznych w wielu przypadkach wykorzystywany jest wielokrotny pomiar w różnych punktach w przestrzeni. Sposób ten wykorzystywany jest przy wyznaczaniu jednoczłobowego współczynnika izolacyjności akustycznej. Wielkość ta wyznaczana jest w oparciu o wielokrotny pomiar poziomu ciśnienia akustycznego, dla różnych pozycji mikrofonów, w sprzężonych komorach pogłosowych odseparowanych przegrodą sporządzoną z badanego materiału. Mikrofony pomiarowe zamontowane są na statywach, których obrót i zmiana kąta pochylenia realizowane są przy pomocy silników elektrycznych sterowanych manualnie. Celem projektu jest budowa systemu, przeprowadzającego proces sterowania pozycją mikrofonów automatycznie. Jako bazę wykorzystano platformę Raspberry Pi. Oprogramowanie zostało zbudowane przez Karola Kowalskiego w środowisku LabVIEW, przy użyciu biblioteki LINX.

In many cases of acousti examinations, multiple measurements in variable points in space are used. This way is in common usage by a single figured acoustic insulation factor determination. The value is obtained by processing results of sound pressure level measurements in certain bands for variable positions of microphones in conjugated reverberation chambers, splitted with a baffle made ofexamined material. Measurement microphones are mounted on the stands, which rotation and camber angle variation are driven by electric motors controlled manually. The goal of a project is to build a system, which contrrtolls the microphone position steering process automatically. The system is based on a RaspberryPi platform. The software was built by Karol Kowalski in LabVIEW environment, by using LINX library.

MODELOWANIE SPRZEŻENIA POLA AKUSTYCZNEGO I POLA PRZEPŁYWU NA PRZYKŁADZIE FLETU ZE ZBIORÓW MUZEUM ŚLĄSKA CIESZYŃSKIEGO

DANIEL ADAMCZYK; IRENEUSZ CZAJKA;

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Autorzy podjęli problematykę modelowania sygnału akustycznego generowanego przez instrument dęty, jakim jest flet podłużny. Praca została podzielona na dwa etapy. W pierwszym z nich zbudowano model numeryczny gwizdka. W trakcie modelowania wykorzystano metody obliczeniowej mechaniki płynów oraz obliczeniowej aeroakustyki. Drugi etap związany był z modelowaniem fletu ze zbiorów Muzeum Śląska Cieszyńskiego, zwanego dalej fletem cieszyńskim.

Pierwszy etap pozwolił na walidację metodyki, dzięki czemu można było wyznaczyć sygnał generowany przez flet cieszyński. W trakcie modelowania wykorzystano analogię aeroakustyczną Curle'a. Praca stanowi jedną z niewielu prób numerycznego modelowania instrumentów dętych. Z praktycznego punktu widzenia problem jest ważny, ponieważ pozwala uzyskać informacje dotyczące dźwięku instrumentu, który nie nadaje się do użytku.

PRACE KONKURSOWE

BADANIA DOŚWIADCZALNE WPLYWU DROGI PROPAGACJI NA WYBRANE PARAMETRY HAŁASU WYSOKOIMPULSOWEGO

A.CIOCHOŃ (Uczestnik Konkursu Prac Studenckich), T.WSZOLEK (Opiekun pracy),
B.KUKULSKI

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

ciochon.agnieszka@gmail.com

W pracy zaprezentowano wyniki badań doświadczalnych wpływu drogi propagacji na wartości parametrów akustycznych hałasu wysokoimpulsowego generowanego w wyniku zderzenia się wagonów w środowisku przemysłowym. Badania wykonano w pobliżu źródła oraz w trzech punktach pomiarowych zlokalizowanych w środowisku, pobliżu bazy przeładunku rud w jednej z miejscowości położonych na Zagłębiu Dąbrowskim. W pracy zaprezentowano uzyskane wyniki pomiarowe oraz przeprowadzoną analizę pod kątem wpływu drogi propagacji dźwięku impulsowego na zmianę wybranych jego parametrów obiektywnych – wskaźników hałasu, przebiegów czasowych, rozkładu widma i jego deskryptorów. Podjęto też próbę oceny wpływu odległości od źródła hałasu oraz innych czynników na drodze propagacji dźwięku na wyniki pomiarowe.

1. WPROWADZENIE

Zanieczyszczenie hałasem jest jednym z głównych problemów środowiskowych, a jego źródłem jest przede wszystkim działalność człowieka. Według Europejskiej Agencji Środowiska [5], przemysł jest czwartym w kolejności źródłem hałasu na terenach zurbanizowanych. Na hałas o poziomie przekraczającym wartość 55 dB (L_{DWN}) narażony jest około milion ludzi. Badania hałasu przemysłowego przeprowadzone w 2009 roku w Polsce [3] wykazały, iż spośród 2241 obiektów emitujących hałas, w 53% z nich zaobserwowano przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu w ciągu dnia ($L_{Aeq,D}$), a w 50% również w ciągu nocy ($L_{Aeq,N}$).

Różnicowanie hałasu przemysłowego bezpośrednio przekłada się na trudności w jego opisie i ocenie. W racji tego, iż dla każdej gałęzi przemysłu stosowane są inne,

specjalistyczne maszyny, generujące hałas zróżnicowany zarówno pod kątem poziomu, ale też charakteru, każde źródło należy więc traktować indywidualnie, a w celu określenia jego emisji należy przeprowadzić oddzielne pomiary.

Na podstawie licznych badań ankietowych dotyczących oceny hałasu środowiskowego i przemysłowego wykazane zostało m.in., że hałas impulsowy jest dla mieszkańców bardziej drażniący niż hałas drogowy o takim samym równoważnym poziomie hałasu [1]. Na dokuczliwość hałasu przemysłowego wpływ ma wiele czynników, wśród których wymienić można obecność składowych tonalnych (pojedynczy ton jest bardziej irytujący niż równoważna ilość energii w szerszym zakresie częstotliwości [2]), niskoczęstotliwościowych, czy impulsowość (hałas impulsowy jest bardziej szkodliwy niż hałas ciągły [4]).

Hałas impulsowy zdefiniować można jako hałas charakteryzujący się ostrym wzrostem i szybkim zanikiem, o czasie trwania mniejszym od 1 sekundy [6]. W wyniku maskowania lub tłumienia na drodze propagacji, hałas ten może tracić swój impulsowy charakter, co rodzi wątpliwości zasadności stosowania poprawki impulsowej, której wartość może wynosić nawet 12 dB [9]. W przypadku oceny impulsów w dalszej odległości od źródła, rozważyć należy przede wszystkim deformację widma na skutek większego tłumienia na drodze propagacji w zakresie wyższych częstotliwości. Jest ono spowodowane głównie pochłanianiem wnoszonym przez atmosferę, wpływu gruntu, potencjalnej obecności ekranów akustycznych i różnych innych zjawisk (np. obecności budynków czy zieleni) [7,8].

2. OPIS OBIEKTU BADAŃ

Badania przeprowadzono w bazie przeładunku rud w jednej z miejscowości Zagłębia Dąbrowskiego. Znajduje się tam hala wywrotnic wagonowych, do której sekwencyjnie wjeżdża wypełniony rudą skład. Lokomotywa spycha wagony do wywrotnicy, gdzie zostają obrócone o 180° i opróżnione, a następnie, puste już wagony, wypychane są na tor postojowy i automatycznie sprzęgane z resztą, co generuje wysokoimpulsowy hałas zderzeń. Po opróżnieniu cały skład (do 22 wagonów) jest odbierany przez lokomotywę i zawożony z powrotem do stacji rozdzielczej.

Zderzenia te są źródłem uciążliwego hałasu impulsowego, który rozchodzi się po okolicy. Jego dokuczliwość dla mieszkańców potęgowana jest całodobową pracą bazy. W ciągu dnia hałas częściowo maskowany jest przez inne dźwięki, jednak w nocy maskowanie jest znacznie mniejsze lub nie występuje w ogóle. Na drodze propagacji dźwięk napotyka wiele barier, przez co w niejednolity sposób dociera do terenów zamieszkałych. Do elementów ekranujących znajdujących się na terenie zakładu zaliczyć można budynki przemysłowe, ciągnący się wzdłuż torów ekran akustyczny oraz roślinność. Ukształtowanie terenu jest zróżnicowane - w okolicy hali wywrotnic teren jest położony wyżej niż na obszarze torowiska, przez co wagony są w stanie rozpedzić się do większej prędkości i z większą siłą uderzają w oczekujący skład.

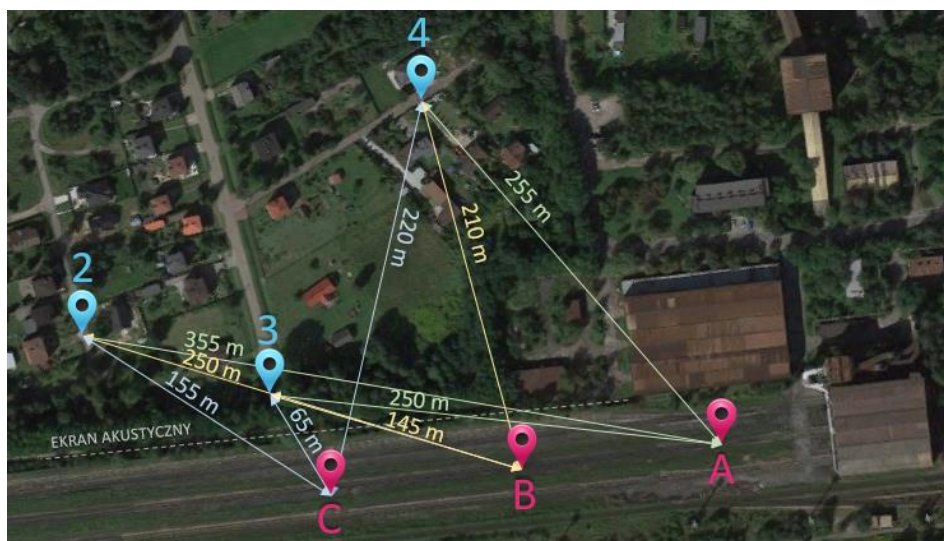
3. BADANIA DOŚWIADCZALNE

3.1. METODYKA BADAŃ

Na potrzeby badań ustanowiono cztery punkty pomiarowe. Pierwszy z nich był punktem ruchomym i został określony jako miejsce zderzenia (m.z.) - pomiar odbywał się za każdym razem w odległości 10 m od miejsca zderzenia wagonów. Trzy pozostałe punkty zostały ustawione odpowiednio w odległości 30, 50, 150 m za ekranem akustycznym (Rys.1) Znajdowały się one na terenach otaczających budynki, na wysokości 4 m nad powierzchnią terenu.

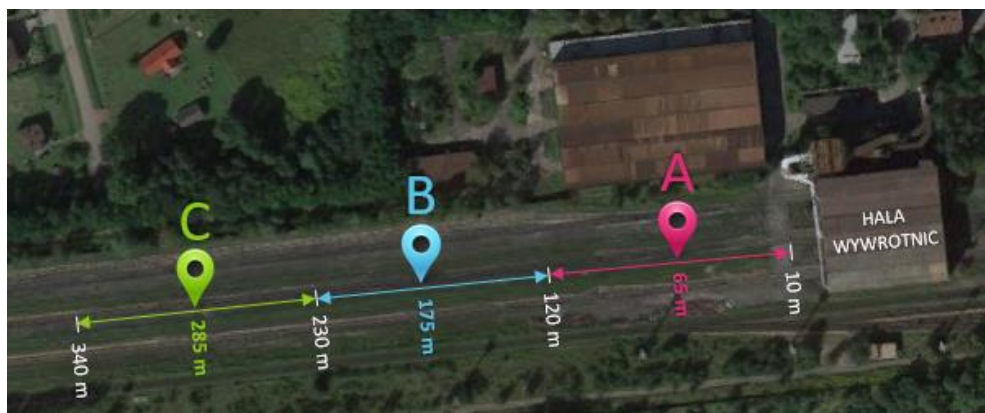
Zmierzony został hałas powstający od zderzeń wagonów w otoczeniu bazy przeładunku rud. W punktach pomiarowych rejestrowane było widmo w pasmach 1/3 oktaowych oraz przebiegi czasowe z korekcją A, C oraz Z. Do wykonania pomiarów wykorzystane zostały analizatory dźwięku SVAN 945A, 958, 959 i 979.

W trakcie badań temperatura powietrza wynosiła średnio 20°C, prędkość wiatru 4 km/h, nie padał deszcz. Wynik uznawany zostawał za kompletny, gdy zarejestrowane zostały wyniki we wszystkich czterech punktach pomiarowych dla pojedynczego zderzenia i tylko wówczas mógł być analizowany.



Rys.1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych. [Google, Map data: Google, Digital Globe]

Wyniki pomiarowe podzielone zostały na trzy grupy, w zależności od odległości wystąpienia miejsca zderzenia od wywrotnicy stanowiącej punkt odniesienia. Wszystkie zderzenia przyporządkowane zostały do trzech przedziałów o stałej długości 110 m, których środki – przyjęte jako reprezentatywne miejsce wystąpienia zderzenia wszystkich zderzeń w danym przedziale, to punkty A, B, C (Rys.2).

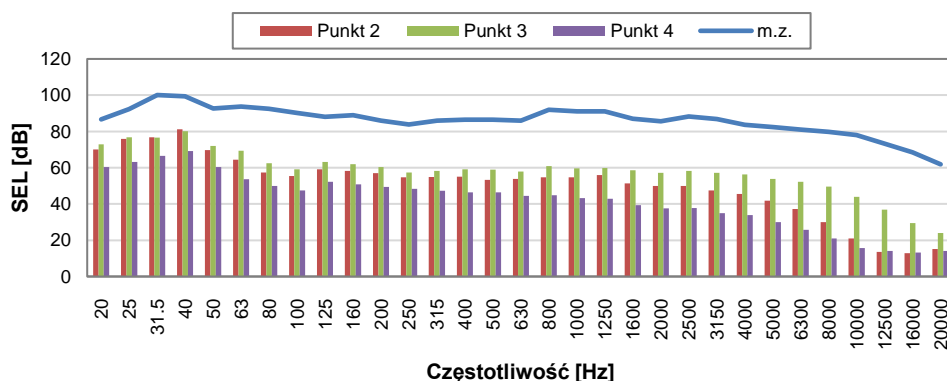


Rys.2. Mapa przedziałów występowania zderzeń, względem hali wywrotnic wraz z ich środkami – miejscami zderzeń A, B, C. [Google, Map data: Google, Digital Globe]

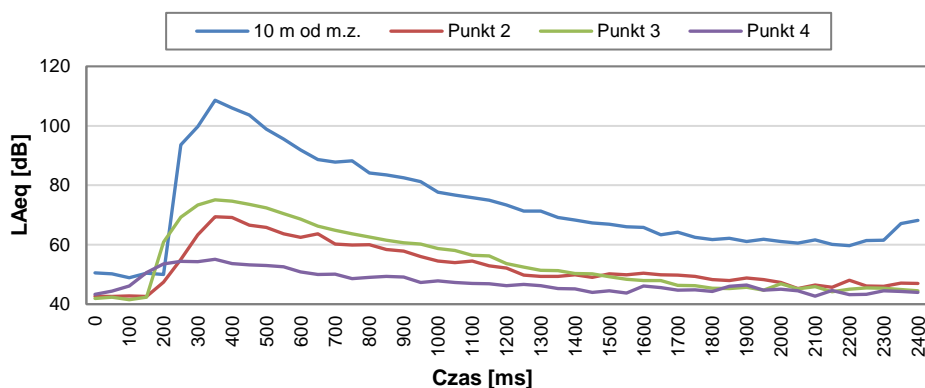
3.2. HAŁAS ZDERZENIA WAGONÓW

Podczas zderzenia się wagonów emitowany jest hałas wysokiimpulsowy, który w pobliżu źródła przyjmuje wartości przekraczające średnio 120 dB (L_{Apeak}) oraz 110 dB (L_{AMAX}). W dalszych odległościach, ze względu m.in. na tłumienie dźwięku w powietrzu, wartości tych parametrów przyjmują o wiele niższe wartości, rzędu 65-90 dB (L_{Apeak}) oraz 55 – 75 dB (L_{AMAX}).

Równocześnie, wraz ze wzrostem odległości sygnał zaczyna tracić swój impulsowy charakter. Zjawisko to zaprezentowano na przykładzie wybranej kolizji wagonów w miejscu zderzenia A. Na rysunku 3 zaprezentowano uśrednione widmo poziomu ekspozycyjnego dźwięku (SEL), a na rysunku 4 przedstawione zostały przebiegi czasowe zarejestrowane w odległości 10 m od źródła i w terenie.



Rys.3. Widmo SEL w punktach pomiarowych od zderzeń w miejscu A

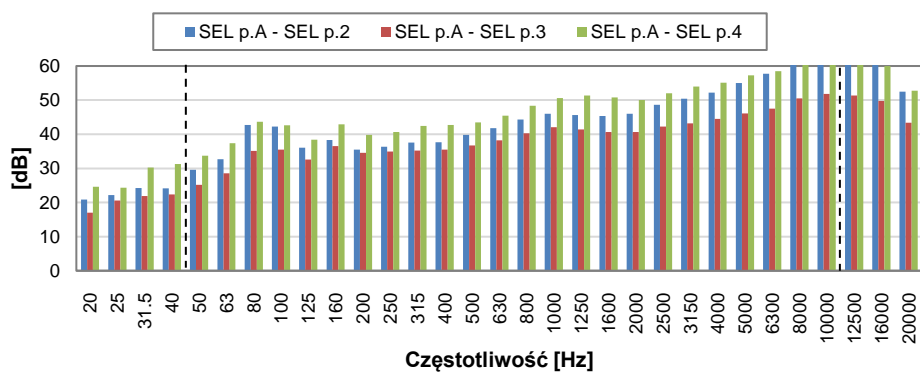


Rys.4. Przebieg czasowy pojedynczego zderzenia w miejscu A, rejestrowanego w czterech punktach pomiarowych.

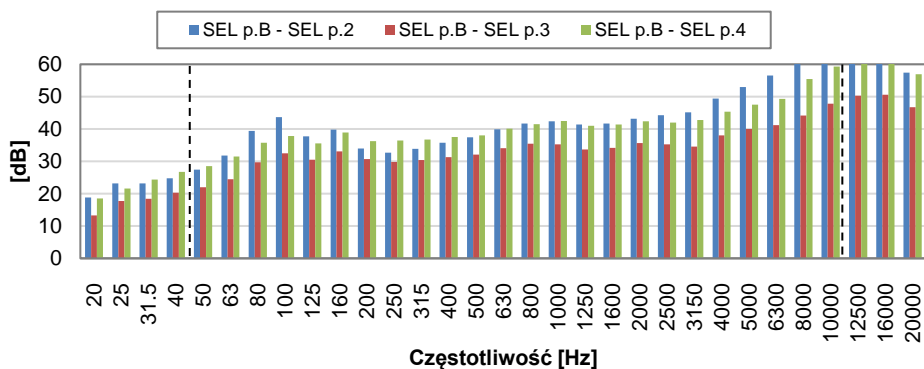
4. ANALIZA WYNIKÓW

Na rysunkach 5-7 pokazano różnice w wartościach poziomu ekspozycyjnego dźwięku w pasmach 1/3 oktaowych między wartościami otrzymanymi w miejscu zderzenia (kolejno A, B, C), a wartościami w punktach w terenie (2, 3, 4). Obrazują one wzajemny stosunek sygnałów (w skali logarytmicznej różnicy), a tym samym obrazują funkcję przejścia. Zaobserwować można wyraźny spadek dźwięku (a więc wzrost różnicy poziomów ekspozycyjnych) wraz z odległością oraz deformację widma wyjściowego sygnału. Różnica w tych poziomach wzrasta z częstotliwością, co jest spowodowane narastającym z częstotliwością tłumieniem ośrodka. Spadek ten nie następuje jednak równomiernie wraz ze wzrostem odległości od źródła. Analizując wartości otrzymane dla miejsc zderzeń A i C zauważyć można, iż dla najdalej położonego punktu 4 tłumienie jest niższe niż dla bliżej położonego punktu 3. Przyczynę takiego stanu można wyjaśnić większą efektywnością ekranu w punkcie 3, położonym bliżej ekranu.

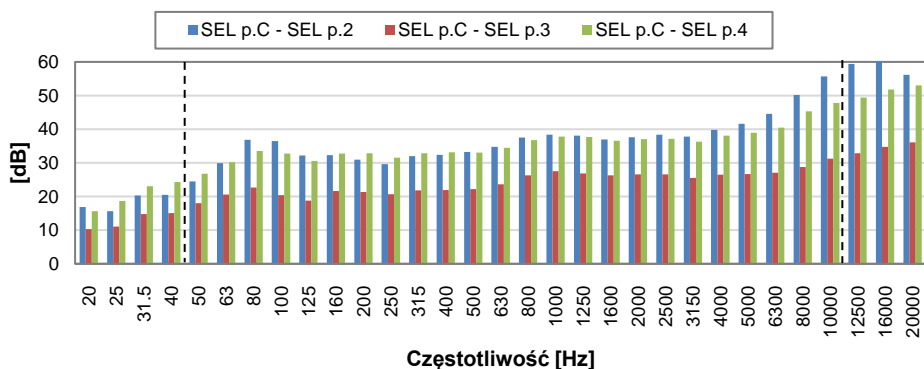
W tabeli 1 zamieszczono uśrednione w pasmach od 50 Hz do 10 kHz wartości różnic między poziomem w miejscu zderzenia, a punktami pomiarowymi w terenie. Poziom dźwięku w punkcie odbioru nie zależy wyłącznie od odległości od źródła dźwięku, ale również od innych czynników. Są nimi przeszkody, na które dźwięk napotyka w czasie propagacji do punktu odbioru - nierównomierne ukształtowanie terenu, zakład przemysłowy, budynki mieszkalne, roślinność oraz ekran akustyczny. W sposób szczególny widać to na przykładzie wyników z miejsca zderzenia B i C obserwowanych w punkcie 4. Mimo pozornie małej różnicy 10 m w odległości punktu od źródła impulsu, wartości różnicy w poziomie SEL między tymi punktami różnią się od siebie o ponad 7 dB, co spowodowane jest mniejszym tłumieniem na drodze propagacji z miejsca zderzenia B w niższych pasmach częstotliwości.



Rys. 5. Różnice poziomów SEL pomiędzy miejscem zderzenia A, a punktami 2,3,4.



Rys. 6. Różnice poziomów SEL pomiędzy miejscem zderzenia B, a punktami 2,3,4.



Rys. 7. Różnice poziomów SEL pomiędzy miejscem zderzenia C, a punktami 2,3,4.

Tab.1. Jednoliczbowa uśredniona różnica między poziomem dźwięku SEL w miejscu zderzenia A,B,C a punktem pomiarowym w terenie 2,3,4.

Polożenie	Miejsce zderzenia					
	A		B		C	
	Różnica [dB]	Odległość [m]	Różnica [dB]	Odległość [m]	Różnica [dB]	Odległość [m]
Punkt 2	50,1	355	49,2	250	39,9	155
Punkt 3	41,4	250	35,9	145	24,8	65
Punkt 4	51,8	255	44,2	210	37,0	220

Przesunięcie środka ciężkości widma, będącego średnią ważoną wartości poziomów dźwięku dla analizowanych pasm częstotliwości 50 Hz – 10 kHz, w kierunku wyższych częstotliwości, świadczy o obecności impulsowego charakteru sygnału. Analizując dane z tabeli 2 zauważyć można, iż dla każdego z analizowanych zbiorów najwyższa wartość środka ciężkości uzyskiwana jest dla pomiaru w miejscu zderzenia C, oraz kolejno punktów 3, 4 i 2. Przesunięcie środka ciężkości również nie następuje w jednolity sposób wraz ze wzrostem odległości od źródła. W punkcie 2 zarówno zderzenia z miejsc A i B przesuwają znacząco środek ciężkości widma względem tła o ok. 300 Hz. Natomiast zderzenia z miejsca C powodują przesunięcie tego parametru o ponad 550 Hz. W punkcie 3 przesunięcie środka ciężkości jest wyraźnie widoczne dla zderzeń generowanych w miejscach A, B, C, natomiast w punkcie 4, „słabe” przesunięcie zaobserwować można jedynie dla zderzeń z miejsca A.

Tab.2. Wartości środka ciężkości widma w punktach pomiarowych od zderzeń w miejscu A, B, C oraz środka ciężkości widma tła akustycznego.

Środek ciężkości widma [Hz]	A	B	C	Tło
m.z.	1915	1906	1927	1297
Punkt 2	1340	1370	1587	1030
Punkt 3	1564	1631	1794	1104
Punkt 4	1360	1512	1681	1130

5. PODSUMOWANIE

Celem pracy było zbadanie czy w przypadku powtarzalnego źródła hałasu impulsowego, jakim jest zderzanie wagonów, są jeszcze inne czynniki niż odległość, a zwłaszcza droga propagacji dźwięku, które mogą zmieniać cechy fizyczne impulsu wpływając na jego uciążliwość w punkcie odbioru.

Hałas od zderzających się wagonów rejestrowano w odległości 10 m od miejsca zderzenia (o zmiennym położeniu na odcinku o długości blisko 400 m) oraz w trzech (stałych) punktach w terenie. W zależności od miejsca zderzenia, które podzielono na trzy odcinki, reprezentowane przez punkty A, B, C, zmieniała się droga (geometria

i ukształtowanie terenu, zabudowa, itp.) propagacji dźwięku (impulsu dźwiękowego) do punktu pomiaru (odbioru).

Zgodnie z oczekiwaniem, wyniki zarejestrowane w miejscu zderzenia (w odległości 10 m) charakteryzują się dużą powtarzalnością w zakresie kształtu i poziomów widma SEL.

Na uciążliwość hałasu impulsowego ma wpływ szereg parametrów, wśród których wyróżnić należy wartość maksymalną poziomu dźwięku A, strukturę widmową, zmienność w czasie, oraz poziom maskowania. Jednak nie na wszystkie te czynniki ma wpływ droga propagacji dźwięku. Tłumienie dźwięku na drodze propagacji narasta z częstotliwością i ta cecha, zobrazowana przesunięciem środków ciężkości widma, widoczna jest we wszystkich punktach.

Zaobserwowano także, że poziom tłumienia dźwięku zależy nie tylko od odległości, ale także innych czynników, a zwłaszcza geometrii położenia źródło – ekran – punkt odbioru oraz innych elementów ekranujących i odbijających (budynki, zieleń, rzeźba terenu). Zauważalne jest również wyraźne narastanie ich wpływu wraz z odległością od źródła.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bassarab R., Sharp B., Robinette B.: *An updated catalog of 628 social surveys of residents' reaction to environmental noise (1943–2008)*. Wyle Report No. 09-18, 2009.
- [2] Berry B., Porter N.: *Review and analysis of published research into the adverse effects of industrial noise, in support of the revision of planning guidance. Final Report. Defra Ref. NANR 5*, 2004.
- [3] Kancelaria Senatu, Biuro Analiz i Dokumentacji. *Zagrożenie hałasem. Wybrane zagadnienia. Opracowania tematyczne OT-612*. Warszawa, 2012.
- [4] Kukulski B.: *Wpływ zjawiska maskowania na odczucie uciążliwości sygnałów impulsowych*. Bezpieczeństwo Pracy: nauka i praktyka, CIOP-PIB, 2016, s. 13-16.
- [5] *Managing exposure to noise in Europe. Briefing No 1/2017*. Dostęp z dn. 14.03.2018, <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise/sub-sections/noise-in-europe-updated-population-exposure>
- [6] *NIOSH: Criteria for a recommended standard. Occupational Noise Exposure. Revised Criteria 1998*. Ohio, U.S. Department of Health and Human Services, 1998
- [7] Norma ISO 9613-1:1993, *Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere*.
- [8] Norma PN-ISO 9613-2:2002, *Akustyka – Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczania*.
- [9] Wszółek T.: *Korekcja tonalna i impulsowa wskaźników hałasu w kwalifikacji jego źródła*. Postępy Akustyki 2015, Wrocław, Polskie Towarzystwo Akustyczne, 2015.

WPLYW DUDNIEŃ BINAURALNYCH NA WYBRANE PARAMETRY PSYCHOMOTORYCZNE CZŁOWIEKA

MARIA HELAK, DOROTA CZOPEK

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
helak.maria@gmail.com

W dzisiejszym świecie koncentracja, skupienie oraz czas reakcji są jednocześnie wymagane w wielu aspektach naszego życia, jak również są zaburzone poprzez wiele czynników występujących w naszej codzienności. Jednym z takich czynników jest muzyka, której słuchamy podczas wykonywanych czynności. Wybierając słuchane melodie, kierujemy się zwykle preferencjami naszego gustu muzycznego. Nie jest to jednak najlepszy wybór, gdyż ulubione utwory kojarzą nam się z odpoczynkiem i relaksem. Według badań muzyką, która pobudza koncentrację, jest muzyka klasyczna [1]. Nie jest to jednak jedyny gatunek, który ma takie działanie. Celem niniejszej pracy jest analiza wpływu dźwięków, złożonych z dudnień binauralnych, na wybrane parametry psychomotoryczne człowieka. Badania zostały przeprowadzone za pomocą tak zwanego Systemu Testów Wiedeńskich. Podczas słuchania dudnień binauralnych, każdy z uczestników wykonał sekwencję czynności danego Testu.

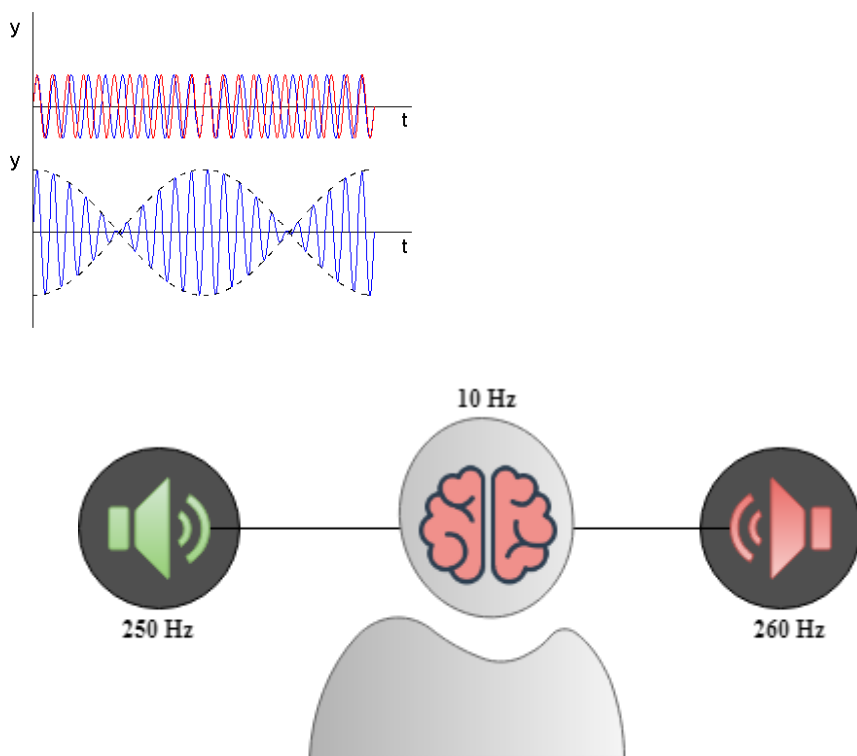
1. WSTĘP

Ciało ludzkie i jego budowa jest wciąż wielką zagadką. Jedną z najbardziej złożonych jego części jest mózg. Pewnym jest, że można wyróżnić różne częstotliwości fal mózgowych [2]. Podział ich czynności w zależności od częstotliwości przedstawiono w tabeli 1.

Typ fali	Stany świadomości
Delta (1 Hz – 3 Hz)	Głęboki sen, bez snów
Theta (4 Hz – 8 Hz)	Głęboka relaksacja i medytacja, rozwiązywanie problemów
Alfa (9 Hz – 14 Hz)	Relaks, spokój, medytacja, kreatywna wizualizacja
Beta (15 Hz – 30 Hz)	Codzienna aktywność, percepcję zmysłowa i praca umysłowa

Tab. 1. Rodzaje fal mózgowych [2]

Dudnienia binauralne, zwane również dudnieniami różnicowymi są subiektywnym doznaniem słuchowym. Doznanie to pojawia się jako rezultat słuchania dwóch nieznacznie rozstrojonych sygnałów sinusoidalnych o niskiej częstotliwości podawanych osobno do obu uszu za pomocą zwykłych słuchawek stereofonicznych. Na przykład do jednego kanału słuchowego jest podany sygnał o częstotliwości 250 Hz, a do drugiego 260 Hz. Zamiast usłyszeć dwa osobne dźwięki, mózg odbiera oba sygnały i przetwarza je jako dudnienia, czyli okresowe wzmocnienia i osłabienia poziomu sygnału [3]. Analogiczne dudnienia obserwujemy, gdy odtworzymy równocześnie dwa dźwięki o zbliżonej częstotliwości i w wyniku ich superpozycji powstaje wypadkowa fala, której amplituda pulsuje z częstotliwością równą różnicy częstotliwości tych dźwięków. Podobnie mózg przetwarza dostarczone dwa dźwięki we wrażenie słuchowe polegające na okresowej zmianie amplitudy dźwięku wypadkowego. W omawianym przykładzie amplituda zmienia się z częstotliwością 10 Hz, która odpowiada częstotliwości fali mózgowej Alfa. Zjawisko to jest przedstawione na rysunku 1.



Rys.1 Zasada działania dudnień binauralnych [2]

Istnieje wiele badań z wykorzystaniem dudnień różnicowych oraz elektroencefalografu (EEG) [4 –6] pokazujących między innymi wpływ pobudzenia dudnieniami binauralnymi o danej częstotliwości na zmianę poziomu poszczególnych fal mózgowych czyli aktywności mózgu. W literaturze nie znaleziono natomiast badań polegających na sprawdzeniu poprawy koncentracji pod wpływem stymulacji dudnieniami binauralnymi za pomocą tzw. Systemu Testów Wiedeńskich. System został opracowany i dystrybuowany przez firmę z Austrii – *Schuhfried* specjalizującą się w projektowaniu komputerowych narzędzi selekcji psychologicznej [5]. Testy te są wykorzystywane na całym świecie np. w klinikach, szpitalach, instytucjach wojskowych, uniwersytetach. W opisywanym badaniu służyły do zmierzenia czasu reakcji oraz sprawdzenia koordynacji oko-ręka, ręka-ręka.

2. METODOLOGIA BADANIA

Badanie zostało przeprowadzone na 16 osobach, 8 kobietach i 8 mężczyznach. 13 osób było praworęcznych, 3 były leworęczne. Grupa kontrolna składała się z 6 osób: 3 kobiet i 3 mężczyzn, 4 praworęcznych i 2 leworęcznych.

W eksperymencie użyto dwóch różnych bodźców:

- sygnał alfa – lewe ucho 250 Hz, prawe 260 Hz
- sygnał beta – lewe ucho 250 Hz, prawe 280 Hz

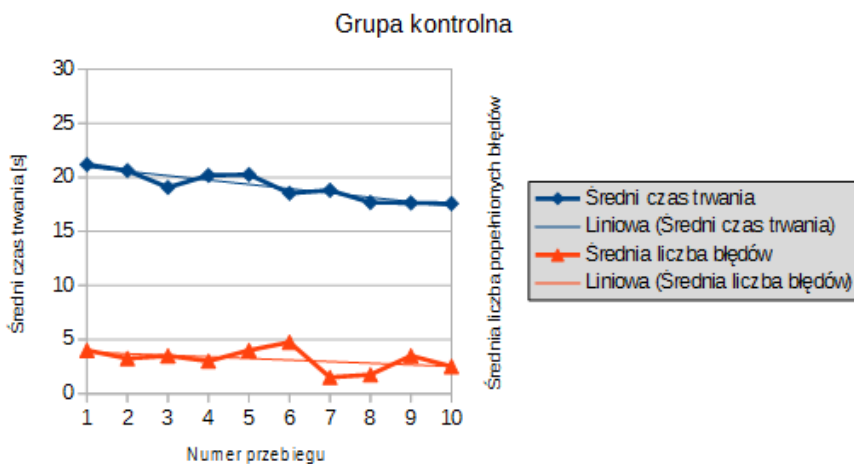
Sygnały były podawane badanym za pomocą słuchawek wokółusznych z poziomem $L_{Aeq} = 75$ dB.

W grupie badanej 8 osób słuchało sygnału alfa, a pozostałe 8 sygnału beta. Długość badania trwała ok. 20 min, działanie bodźca trwało w zależności od badanego od 5 do 10 minut. Sygnał akustyczny został wygenerowany za pomocą programu BrainWave Generator oraz zapisany w formacie wave, a następnie odtworzony z komputera wyposażonego w kartę dźwiękową M-Audio Fast Track Pro do słuchawek Beyerdynamic DT770 pro. Dźwięk był skalibrowany do poziomu $L_{Aeq} = 75$ dB za pomocą sztucznej głowy firmy Brüel&Kjær w komorze bezchowej (rys. 2).

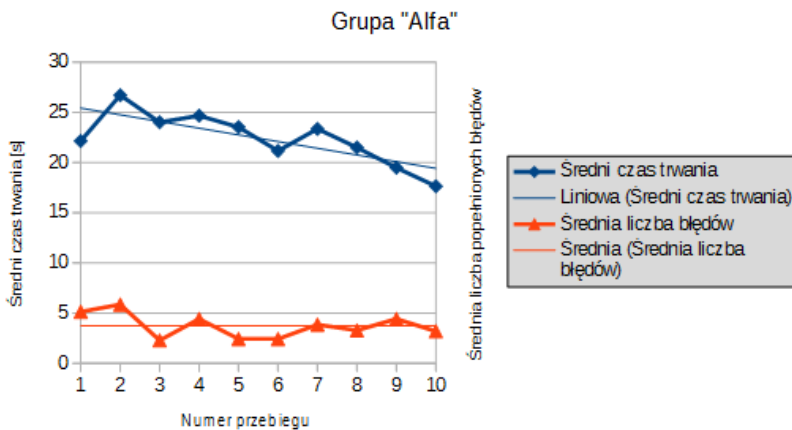


Rys. 2 Proces kalibracji sygnału za pomocą sztucznej głowy w komorze bezchowej

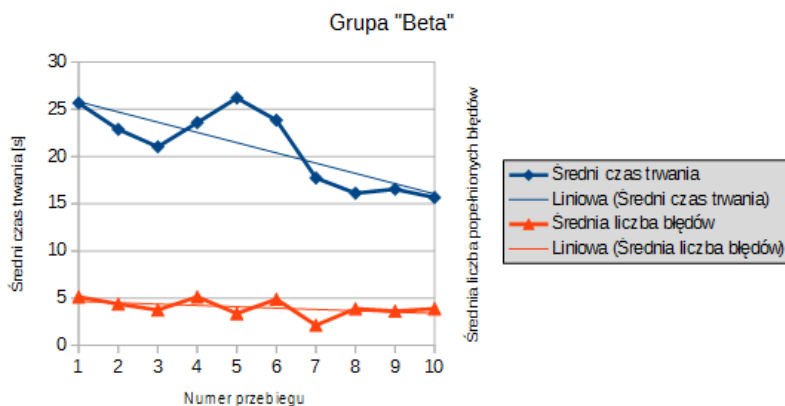
Badanie rozpoczynało się od kwestionariusza, w którym uczestnicy byli pytani o wiek, płeć, nastrój, wyspanie, wykształcenie i czy występują u nich problemy z koordynacją wzrokowo-ruchową. Następnie następowało zapoznanie z aparaturą, wykorzystywaną podczas używania Systemu Testów Wiedeńskich. W trakcie eksperymentu wykorzystywane były 3 zadania, przy czym w trzecim zadaniu powtarzany był test z zadania 1. Na początku każdego testu była przestawiana instrukcja wykonania oraz przykładowe przejścia. Pierwszy z testów mierzył czas reakcji. Zadaniem badanego było szybkie naciśnięcie klawisza po równoczesnym zaświeceniu się na ekranie dwóch różnokolorowych lampek, a następnie powrót na miejsce spoczynku palca. W kolejnym teście, na koordynację rąk, należało czerwoną kuleczką przejść trasę od punktu A do punktu B, sterując nią dwoma drążkami, z czego prawy poruszał się w płaszczyźnie pionowej, a lewy w poziomej. Ilość przebiegów wynosiła 10. Trasa wraz ze stanowiskiem jest przedstawiona na rysunku 3.



Rys. 4 Wyniki testu na koordynację rąk w grupie kontrolnej



Rys. 5 Wyniki testu na koordynację rąk w grupie "Alfa"



Rys.6 Wyniki testu na koordynację rąk w grupie "Beta"

Analizując wyniki można zauważyć, że każdy kolejny przebieg dla grupy kontrolnej jest wykonywany coraz szybciej (rys. 4). Jedynie wyraźny wzrost widać pomiędzy 3 a 4 przejściem, gdy odbywała się 3 minutowa przerwa i badany musiał się "uczyć" na nowo. Jednak linia regresji nie ma gwałtownego spadku. Występuje tu oczekiwany efekt uczenia. Liczba błędów popełnianych jest coraz mniejsza, co również wskazuje na efekt uczenia.

Kolejne przebiegi w grupie "Alfa" również są wykonywane szybciej, ale linia regresji jest zdecydowanie bardziej nachylona niż w poprzednim przypadku (rys. 5). Po 3 przebiegu nie widać aż takiego wzrostu czasu, co może być spowodowane tym, iż dudnienia binauralne typu "alfa" są uspokajające. Liczba błędów popełnianych jest właściwie stała, co również świadczy o tym, że człowiek słuchający tego typu dudnień nie denerwuje się bardziej, a spokojnie wykonuje przebieg.

Dla dudnień typu "Beta" widać na linii regresji gwałtowny spadek (rys. 6). Te dźwięki mają za zadanie poprawienie koncentracji, lepszej pracy umysłowej i percepcji. Po przerwie na słuchanie bodźca podobnie jak w grupie kontrolnej widać duży wzrost czasu. Jednak potem następuje duży spadek czasu przejścia w kolejnych powtórzeniach, ukazując pozytywne działanie słuchania dudnień typu "Beta". Liczba błędów również się zmniejsza.

IV. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Analiza wyników poszczególnych grup badanych ukazuje, że słuchanie dudnień binauralnych, ma wpływ na koncentrację i polepszenie koordynacji wzrokowo-ruchowej pomimo krótkiego wystawienia na bodziec badanych. Można również zauważyć różnice pomiędzy efektami wywołanymi przez dudnienia typu 'alfa' i 'beta'. Te drugie dają dużo lepszą poprawę rezultatów.

Przeprowadzony eksperyment daje podstawy, aby stwierdzić, że nie tylko muzyka klasyczna pobudza nasz mózg do większej efektywności. Dobrze działa również słuchanie

dudnień różnicowych. W przyszłości należy rozważyć przeprowadzenie eksperymentu, w którym badani będą wystawieni na działanie bodźca przez dłuższy czas, oraz takiego, w którym pobudzani będą równocześnie przez słuchanie dudnień binauralnych i muzyki klasycznej w tle. Niemniej jednak wyniki, które otrzymano w opisanym badaniu, sugerują, iż można potwierdzić praktyczne działanie dudnień binauralnych.

Bibliografia

- [1] "Muzyka pomaga w nauce?" *Akademia Nauki*, <http://www.efektywna-nauka.pl/muzyka-pomaga-w-nauce>, dostęp data: 17.03.2018
- [2] "Fale Mózgowe." *New-Mind4U*, www.psycholog4u.pl/2015/02/fale-mozgowe/, dostęp data: 11.03.2018
- [3] Moore B.C. "Wprowadzenie do psychologii słyszenia" PWN 1999
- [4] Kasprzak, C. "Influence of Binaural Beats on EEG Signal." *Acta Physica Polonica A*, vol. 119, no. 6A, 2011, pp. 986–990., doi:10.12693/aphyspola.119.986.
- [5] Norhazman, H., et al. "The Investigation of Alpha Frontal Energy Asymmetry on Normal and Stress Subjects after Listening to the Binaural Beats 10 Hz." *2014 IEEE 10th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications*, 2014, doi:10.1109/cspa.2014.6805758.
- [6] Sharma, Siddharth, et al. "Survey on Binaural Beats and Background Music for Increased Focus and Relaxation." *2017 International Conference on Emerging Trends & Innovation in ICT (ICEI)*, 2017, doi:10.1109/etiict.2017.7977018.
- [7] "Wiedeński System Testów -." *Zawód Pilot*, 16 Sept. 2014, zawodpilot.pl/dla-przewoźnika/jak-pozyskac-najlepszych-pilotow/wiedenski-system-testow/, dostęp data: 11.03.2018

**OCENA JAKOŚCI KOMORY POGŁOSOWEJ W BADANIACH
MODELOWYCH Z WYKORZYSTANIEM METOD OBLICZANIA
STOPNIA ROZPROSZENIA POŁA AKUSTYCZNEGO**

Bartłomiej CHOJNACKI, Adam PILCH, Tadeusz KAMISIŃSKI

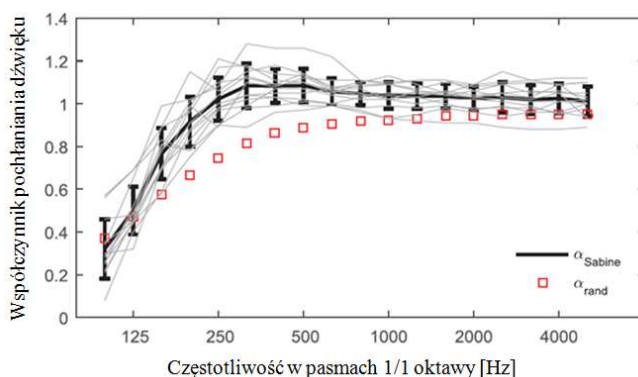
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra
Mechaniki i Wibroakustyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

bchojnac@student.agh.edu.pl

Komora pogłosowa służy do prowadzenia badań akustycznych, zwłaszcza pomiarów pogłosowego współczynnika dźwięku. W obecnie obowiązującej normach, takich jak ISO 354 czy ISO 3741 znajdują się wymagania dotyczące minimalnej objętości komory, maksymalnej dopuszczalnej chłonności akustycznej lub maksymalnego odchylenia standardowego pomiaru ciśnienia akustycznego, jednakże w ubiegłych latach powstało wiele opracowań dowodzących, że nie są to decydujące parametry opisujące rozproszenie pola akustycznego. W pracy przedstawiono badania modelowe różnych kształtów geometrii komory pogłosowej oraz próbę ich oceny za pomocą analizy statystycznej wygenerowanych odpowiedzi impulsowych. Na podstawie zaprogramowanego modelu geometrii zmieniano kąt między ścianami przykładowej komory, zachowując stałą objętość, generowano odpowiedzi impulsowe z wykorzystaniem metody promieniowej. Obliczano nowoczesne parametry definiujące stopień rozproszenia pola akustycznego, bazujące na metodach statystycznych. Dokonano porównania poszczególnych parametrów w celu wyznaczenia ich wrażliwości na zmiany geometrii oraz odniesienia do powszechnie używanych parametrów normatywnych. Podjęto próbę wyznaczenia odpowiedniej geometrii pomieszczenia celem uzyskania jak najlepszego rozproszenia pola akustycznego, co może bezpośrednio przyczynić się do zmniejszenia niepewności pomiaru pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku oraz skutkować przygotowaniem uniwersalnych założeń na potrzeby projektowania komór pogłosowych.

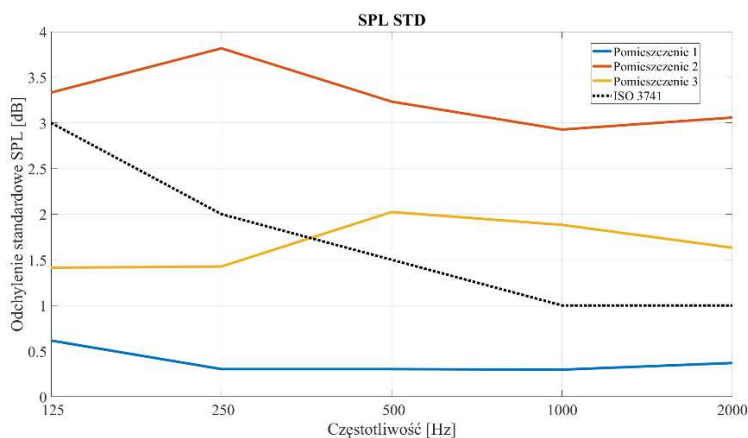
1. WPROWADZENIE

Od ponad pół wieku pomieszczenia laboratoryjne w formie komory pogłosowej wykorzystywane są do wyznaczania wielu użytecznych wielkości akustycznych, takich jak moc akustyczna czy współczynnik pochłaniania dźwięku. Niestety aktualne wymagania dotyczące jakości i kwalifikowalności tych pomieszczeń do pomiarów są przestarzałe i od wielu lat nieaktualizowane. Liberalne normy skutkują zwiększeniem niepewności i rozrzutu wykonywanych pomiarów, co przekłada się bezpośrednio na brak powtarzalności przy pomiarze w różnych laboratoriach. Badania Vercammen [1] oraz Nolan et. al. [2] wykazują różnicę sięgającą 30% przy pomiarze pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku, co wykazano na rysunku 1.



Rys. 1. Badania pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku w trzynastu różnych laboratoriach (α_{rand} - wynik obliczeń na podstawie modelu teoretycznego, α_{Sabine} - średnia zmierzona w laboratoriach) [1]

Prace dotyczące problemów z pomiarami w komorach pogłosowych oraz metod poprawy jakości komory pogłosowej zwykle wskazują na brak pola rozproszonego w komorze [3-4]. Ramakrishnan i Grewal [5] pokazują różnice zachodzące w komorze po umieszczeniu w niej próbki pomiarowej, co w oczywisty sposób zmniejsza rozproszenie pola. Aktualnie obowiązujące standardy stawiają wymagania wyłącznie odnośnie pustej komory, które większość pomieszczeń z odpowiednio długim czasem pogłosu spełnia, co może prowadzić do wniosku o braku potrzeby posiadania komory pogłosowej w nowoczesnym laboratorium akustycznym, co jest oczywiście założeniem błędnym. Niniejsza praca wskazuje na potrzebę stosowania nowoczesnych parametrów definiujących stopień rozproszenia pola akustycznego oraz nowelizację norm określających jakość komory pogłosowej. Praca [6] prezentuje obliczenia skorygowanego odchylenia standardowego pomiaru ciśnienia akustycznego (SD SPL), opisanego w normie ISO 3741 dotyczącej pomiaru mocy akustycznej. Zbadano trzy pomieszczenia o różnym stopniu rozproszenia pola akustycznego i klimacie akustycznym, wyniki przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Obliczenia SD SPL, pomieszczenie 1 - komora pogłosowa, pomieszczenia 2 - przykładowy pokój mieszkalny, pomieszczenie 3 - komora bezdechowa [6]

Zestawiając zaprezentowane na rysunku 2 wyniki z wymaganiami normy ISO 3741 zakładającymi wynik SD SPL na poziomie maksymalnie 1,5 dB w każdym paśmie można potwierdzić wniosek, że przy takich założeniach spełnienie wymagań normatywnych nie stanowi problemu w odpowiednio pustym pomieszczeniu, ale jednocześnie nie kwalifikuje go do badań akustycznych. Celem niniejszej pracy było porównanie przykładowych modeli komory pogłosowej pod kątem rozproszenia pola akustycznego wewnątrz. Podjęto także próbę oceny otrzymanych wyników w celu zaproponowania jak najlepszej geometrii, stanowiącej wyjściowy model dla projektowania komór pogłosowych na świecie. Dokonano także weryfikacji użytych parametrów opisujących stopień rozproszenia pola akustycznego.

2. OCENA STOPNIA ROZPROSZENIA POLA AKUSTYCZNEGO

Analizując przykłady komór pogłosowych na świecie można stwierdzić, że istnieje duża potrzeba przygotowania uniwersalnych założeń dla ich projektowania i wskazania rozwiązań najlepszych. Na rysunku 3 pokazano przykłady komór pogłosowych zbudowanych przy różnych laboratoriach, prezentując zróżnicowane rozwiązania użyte do poprawy stopnia rozproszenia pola akustycznego.



Rys. 3. Różne kształty i sposoby mocowania elementów rozpraszających dla komór pogłosowych [7]

W kontekście poprawy działania komory pogłosowej najczęściej podejmuje się temat wpływu różnych ustrojów rozpraszających na jakość wykonywanych pomiarów i jest to temat dobrze opracowany, znacznie rzadziej podejmuje się dyskusję na temat właściwej geometrii komory [8], która powinna być podstawowym kryterium projektowym.

Do oceny stopnia rozproszenia pola akustycznego badanych geometrii komory pogłosowej wykorzystano parametry oparte na metodach statystycznych:

1. Kurtozę znormalizowanej odpowiedzi impulsowej [9], wyrażonej wzorem:

$$K = \frac{E(p - \mu_p)^4}{\sigma_p^4} - 3, \quad (1)$$

gdzie:

K - kurtoza,

p - chwilowe ciśnienie akustyczne [Pa],

μ_p - średnia wartość z próby [Pa],

σ_p - odchylenie standardowe dla całej próby [Pa].

W polu idealnie rozproszonym rozkład ciśnienia akustycznego w odpowiedzi impulsowej tworzy rozkład Gauss'a, a więc jego kurtoza powinna wynosić 0, co stanowi wartość optymalną w wykonanych pomiarach. Wszelkie odchylenia świadczą o gorszym rozproszeniu.

2. Współczynnik pola rozproszonego (ang. *diffuse field factor* - DFF) [10], będący stosunkiem odchylenia standardowego wyznaczonego na podstawie pomiarów ($\sigma_{s,m}$) do tego teoretycznego $\sigma_{s,t}$ [11]:

$$DFF = \frac{\sigma_{s,m}(T_{30})}{\sigma_{s,t}(T_{30})}. \quad (2)$$

3. Wykorzystane parametry literaturowe zestawiono ze skorygowanym odchyleniem standardowym pomiaru ciśnienia akustycznego, powołanym w normie PN-EN ISO 3741:2003 [12]:

$$s_f = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_f} (L_{pi} - L_{pm})^2}{N_f - 1}}, \quad (3)$$

gdzie:

s_f - odchylenie standardowe SPL w danym paśmie,

L_{pi} - zmierzony SPL w i -tym punkcie pomiarowym,

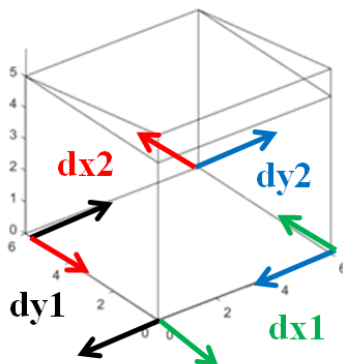
L_{pm} - średnia arytmetyczna SPL w f częstotliwości pomiarowej z N_f pomiarów,

N_f - liczba pomiarów w danym paśmie.

3. MODELOWANIE KOMORY POGŁOSOWEJ

Głównym celem niniejszej pracy było zbadanie różnych typów geometrii komory pogłosowej. Badania komory pogłosowej z wykorzystaniem metody promieniowej

zaproponowano w pracy [13], gdzie sprawdzano wpływ różnego rozmieszczenia dodatkowych elementów rozpraszających, zdecydowano się więc na wykorzystanie tej metody również w niniejszej pracy. Stworzono sparametryzowany model geometrii, umożliwiając modyfikowanie kątów między ścianami przy zachowaniu stałej objętości. Model wyjściowy tj. prostopadłościan z pochylonym sufitem przedstawiono na rysunku 4.

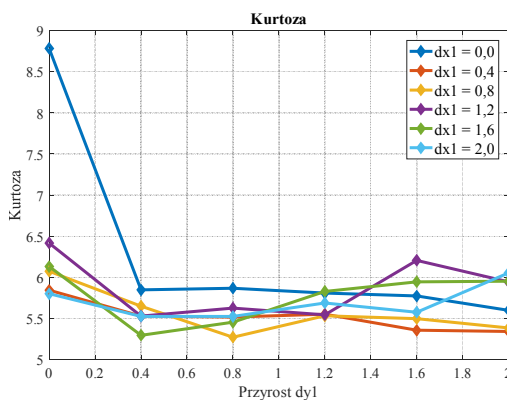


Rys. 4. Wyjściowy model geometrii komory pogłosowej wykorzystany do badania stopnia rozproszenia pola akustycznego

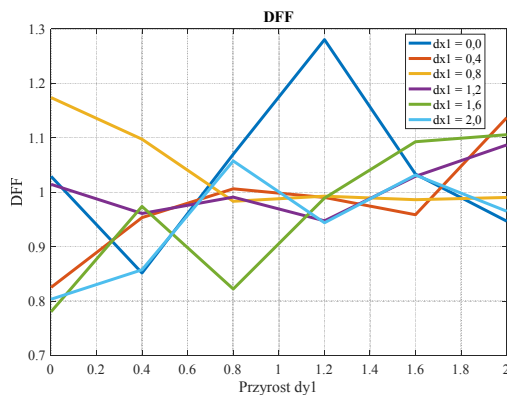
Oznaczenia dx/dy reprezentują przesunięcia punktów będących rogami pomieszczenia. Modyfikując te wartości uzyskiwano różne kąty pomiędzy poszczególnymi ścianami. Wykorzystując ustaloną siatkę punktów reprezentujących odbiorniki generowano odpowiedzi impulsowe, na podstawie których wyliczano parametry opisujące stopień rozproszenia pola akustycznego. Badania wykonano dwukrotnie, najpierw zmieniając wartości parametrów $dx1/dy1$, a następnie dla najlepszego wyznaczonego wariantu badania powtórzono dla uzmiennionych parametrów $dx2/dy2$. W obu przypadkach wykorzystano 36 kombinacji parametrów geometrii, modyfikując oba współczynniki w zakresie od 0 do 2 metrów z krokiem 0,2 m.

4. OCENA ZBADANYCH WARIANTÓW GEOMETRII KOMORY POGŁOSOWEJ

Na podstawie uzyskanych wyników nie można wyciągnąć jednoznacznych wniosków. Na rysunkach 5-6 przedstawiono jednoliczbowe, uśrednione wyniki otrzymane dla dwóch badanych parametrów.



Rys. 5. Wyniki obliczeń parametru kurtozy dla pierwszego etapu badań



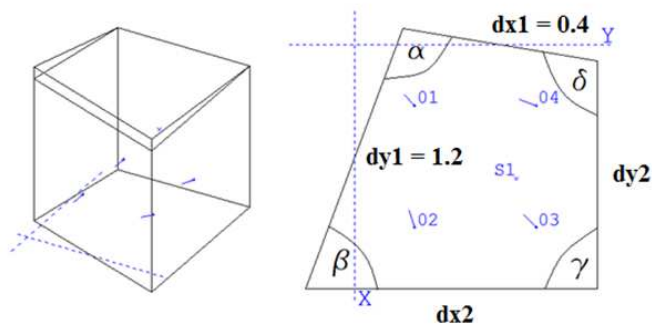
Rys. 6. Wyniki obliczeń parametru DFF dla pierwszego etapu badań

Zgodnie z poprzednimi pracami [14] nadawano wagi poszczególnym parametrom na podstawie badań wstępnych. Do oceny całego etapu badań średnią ważoną obliczano przypisując 20% oceny parametrowi DFF, 30% parametrowi SPL STD i 50% parametrowi kurtozy. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Średnia ważona do oceny jakości komory pogłosowej na pierwszym etapie symulacji

dx1 \ dyl	0,0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
0,0	84,241	68,759	79,031	76,480	70,035	71,202
0,4	75,395	71,357	75,982	69,408	69,261	71,140
0,8	76,458	75,306	71,941	72,965	72,225	74,307
1,2	80,444	67,410	71,578	74,386	74,514	72,537
1,6	73,517	72,026	73,430	77,113	75,065	73,916
2,0	74,402	75,790	76,114	79,204	78,153	75,218

Analiza tabeli wyników z etapu pierwszego pozwala na wyznaczenie najlepszego wariantu dla wartości $dx1 = 0,4$ m oraz $dy1 = 1,2$ m, odpowiada to następującym kątom między ścianami: 79° , 81° , 111° oraz 90° , kształt tej geometrii przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Najlepsza geometria komory pogłosowej wyznaczona na pierwszym etapie badań

Model w tym wariantcie wybrano do kolejnego etapu, gdzie zmieniano parametry geometryczne $dx2/dy2$. Wyniki obliczeń dla drugiego etapu przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Średnia ważona do oceny jakości komory pogłosowej na drugim etapie symulacji

$dx2 \backslash dy2$	0,0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
0,0	67,410	72,428	77,573	75,271	80,309	77,055
0,4	73,992	73,234	73,724	76,613	76,342	73,696
0,8	73,963	76,995	77,137	77,798	78,260	88,092
1,2	77,938	78,863	74,780	78,384	87,276	88,071
1,6	81,865	82,571	81,150	81,153	82,627	86,499
2,0	79,475	84,527	79,788	76,412	85,648	83,927

Na drugim etapie badań nie odnotowano poprawy warunków rozproszenia w badanych geometriach komory, najlepszy okazał się wariant wyjściowy otrzymany na etapie pierwszym. Analizując obie tabele wyników można wyszczególnić pewne ogólne tendencje zmian analizowanych parametrów, potrzebna jest jednak dalsza analiza, w tym badania optymalizacyjne.

5. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Po II etapie badań różnych geometrii sformułowano następujące wnioski:

- nadmierne przesunięcie ścian (duże odchylenie od kątów prostych) skutkuje znacznym pogorszeniem stopnia rozproszenia pola oraz gwałtownym spadkiem czasu pogłosu

- jako najlepszą z badanych geometrii oceniono kształt z jednym kątem prostym, może to stanowić wytyczną do projektowania komory pogłosowej
- wykazano dobre rozproszenie pola akustyczne dla kształtu równoległoboku oraz istnienie granicy obrotu, powyżej której następuje znaczne pogorszenie parametrów komory (granica równoległości - obroty ścian większe niż wartość oznaczająca równoległość przeciwległych ścian)

W celu potwierdzenia wniosków potrzebne są dalsze badania nad geometrią komory pogłosowej. Należy zbadać kształt równoległoboczny w funkcji kątów w celu analizy stopnia rozproszenia oraz wyznaczyć wpływ kąta pochylenia sufitu na parametry komory. Potrzebne są też dalsze badania z mniejszym krokiem przesunięć, co pozwoli wykreślić dokładniejsze przebiegi zmian i zaproponować związki pomiędzy zmianami konkretnego parametru w funkcji kątów. Sugeruje się także wykonanie badań optymalizacyjnych.

LITERATURA

- [1] M. VERCAMMEN, *How to improve the accuracy of the absorption measurement in the reverberation chamber*, AIA-DAGA International Conference on Acoustics, Rotterdam 2009
- [2] M. NOLAN, M. VERCAMMEN, C-H. JEONG, J. BRUNSKOG, *The use of reference absorber for absorption measurements in reverberation chamber*, Forum Acusticum, Kraków 2014
- [3] P.G. TOWSON, *A study of the criteria for the design of reverberation chambers*, Architectural Science Review, 1966
- [4] C-H. JEONG, *Diffuse sound field: challenges and misconceptions*, INTER-NOISE Hamburg 2016
- [5] R. RAMARKRISHNAN, A. GREWALI, *Reverberation rooms and spatial uniformity*, Canadian Acoustics nr 36(3)
- [6] B. CHOJNACKI, A. PILCH, T. KAMISIŃSKI, A. FLACH, *Estimating diffuseness of the acoustic field - reverberation chamber under study*, 142nd Audio Engineering Society Convention, Berlin 2017
- [7] D.T. BRADLEY, J. ADELGREN, M. MULLER-TRAPET, M. VORLANDER, *Comparison of hanging panels and boundary diffusers in a reverberation chamber*, International Symposium on Room Acoustics, Toronto 2013
- [8] E. TOYODA, S. SAKAMOTO, H. TACHIBANA, *Effects of room shape and diffusing treatment on the measurement of sound absorption coefficient in a reverberation room*, Acoustical Science and Technology nr 25.4, str. 255-266, czerwiec 2004
- [9] C-H JEONG, *Kurtosis of room impulse responses as a diffuseness measure for reverberation chambers*, Journal Acoustical Society of America no. 139(5)
- [10] M. VERCAMMEN, M. LEUTENBACH, *Can we use standard deviation of the reverberation time to describe diffusion in a reverberation chamber?*, AIA-DAGA International Conference on Acoustics, Merano 2013
- [11] J.L. DAVY, *The Variance of Decay Rates at Low Frequencies*, Applied Acoustics nr 23
- [12] PN-EN ISO 3741:2003 - *Akustyka - wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metody dokładne w komorach pogłosowych*
- [13] K. SAHER, S. NAS, B. KARABOČE, C. KIRBAS, E. BILGIC, *Room acoustic modelling of reverberation chamber*, INTER-NOISE Hamburg 2016.
- [14] B. CHOJNACKI, A. PILCH, T. KAMISIŃSKI, *Zastosowanie metod statystycznych do oceny stopnia rozproszenia pola akustycznego - weryfikacja eksperymentalna*, Postępy Akustyki 2017, Gliwice 2017

OBLICZANIE MOCOWEGO WSPÓŁCZYNNIKA TŁUMIENIA NA POTRZEBY POMIARÓW CHŁONNOŚCI AKUSTYCZNEJ PRÓBEK WYKONANYCH W SKALI

A. Majchrzak¹, K. Baruch¹, A. Szela², T. Kamisiński¹

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza¹, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki²

ale.majchrzak@gmail.com

Wykonywanie pomiaru współczynnika pochłaniania dźwięku materiałów wykonanych w skali wymaga przeskalowania wszystkich warunków pomiaru zgodnie z przyjętymi kryteriami podobieństwa. Najczęściej powoduje to przesunięcie zakresu częstotliwości pomiarowych w stronę wyższych wartości - w przypadku skali wykorzystanej w badaniach tj. 1:8, jest to zakres od 800 Hz do 40 kHz. Innym kluczowym parametrem wymagającym przeskalowania jest chłonność akustyczna powietrza w komorze. Aby uzyskać jej wymaganą wartość, powietrze zwykle jest osuszane do jak najniższej wartości wilgotności względnej. W związku z tymi dwoma modyfikacjami, wartości mocowego współczynnika tłumienia m , który jest niezbędny do korekty wyniku końcowego, są obliczane dla niestandardowych parametrów wejściowych – bardzo wysokich częstotliwości oraz bardzo niskich wilgotności względnych powietrza. Poprawne obliczanie wartości mocowego współczynnika tłumienia dźwięku jest bardzo istotne, nie tylko przy wyznaczaniu wartości współczynnika pochłaniania dźwięku, ale również w badaniach modelowych dotyczących zagadnień akustyki środowiskowej. W pracy przedstawiono wyniki wstępnej analizy problemu, która wskazała na różnice między teoretycznie a empirycznie wyznaczanymi wartościami mocowego współczynnika tłumienia dźwięku. Zaprezentowane wnioski wskazują na konieczność dogłębnej analizy problemu i, być może, korekty sposobu obliczania wartości mocowego współczynnika tłumienia w warunkach charakterystycznych dla badań modelowych.

1. Wstęp

Pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku próbek wykonanych w skali odbywa się zgodnie z procedurą i wymogami przedstawionymi w normie PN-EN ISO 354 *Akustyka -- Pomiar pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej* [1]. Z uwagi na fakt, że próbki wykonane są w skali, wymaga to również odpowiedniego przeskalowania pozostałych warunków pomiaru określonych przez ww. normę. Skalowanie należy przeprowadzić zgodnie z kryteriami podobieństwa, determinowanymi przez współczynnik skali, w jakiej wykonano daną próbkę. Jednym z warunków pomiaru, który ulega modyfikacji, jest chłonność akustyczna powietrza w komorze pogłosowej – należy ją obniżyć, aby uzyskać w komorze wymagany przez normę czas pogłosu w zakresie częstotliwości pomiarowych. W wysokich częstotliwościach, charakterystycznych dla pomiaru próbek wykonanych w skali, chłonność akustyczna powietrza jest zbyt duża, aby przeprowadzać badania w standardowych pomieszczeniach laboratoryjnych. Dlatego zazwyczaj wykorzystuje się miniaturowe komory pogłosowe, wykonane w skali odpowiadającej tej, w której przygotowano próbki. Zmniejszenie wymiarów komory nie jest jednak wystarczające do odpowiedniej redukcji chłonności akustycznej powietrza, dlatego też konieczne jest przeprowadzenie dodatkowych działań. Do tej pory stosowano różne podejścia do rozwiązania tego problemu. Pierwszym z nich jest osuszanie powietrza do możliwie jak najniższych wartości wilgotności względnej [2,3], ponieważ w takich warunkach pochłanianie przez powietrze obniża się na tyle, że możliwe jest uzyskanie wymaganej chłonności akustycznej w komorze [4]. Innym sposobem na obniżenie wilgotności względnej powietrza w komorze jest wprowadzenie do niej azotu technicznego. Jak pokazano wcześniej, nie powinien on wpływać znacząco na parametry fizyczne ośrodka [3,5], ale pozwala obniżyć jego wilgotność względną do wartości poniżej 5%. Bardzo często wykorzystuje się obydwie wspomniane metody jednocześnie, osuszając powietrze do możliwie najniższych wilgotności względnych i dopiero pod koniec wprowadzając azot. W ten sposób można uzyskać niską wilgotność względną powietrza nie zmieniając znacząco jego składu. Zupełnie innym podejściem do rozwiązania tego problemu jest wprowadzenie cyfrowej kompensacji chłonności powietrza, zaproponowane po raz pierwszy przez Pollacka [6]. Ta metoda była z powodzeniem wykorzystywana nie tylko w badaniach parametrów akustycznych materiałów, ale również w modelowaniu w skali zjawisk akustycznych zachodzących w środowisku [7]. Jednakże, jak zauważono, takie podejście może skutkować zmianą monotoniczności krzywej zaniku, ze względu na uzyskiwanie małych wartości stosunku sygnału do szumu [8]. W niniejszej pracy autorzy podjęli temat pochłaniania dźwięku przez powietrze, celem sprawdzenia, czy obliczana zgodnie z normą [9] wartość mocowego współczynnika tłumienia m , odpowiadającego za chłonność powietrza wewnątrz komory, jest zgodna z wartością wyznaczoną eksperymentalnie, dla różnych warunków atmosferycznych panujących w komorze. Ma to znaczenie nie tylko w przypadku stosowania cyfrowej kompensacji tłumienia dźwięku przez powietrze, ale również przy wyznaczaniu współczynnika pochłaniania dźwięku,

podczas uwzględniania wpływu zmiennych warunków atmosferycznych na wynik końcowy.

2. Metodyka – eksperymentalne wyznaczanie mocowego współczynnika tłumienia

Współczynnik pochłaniania dźwięku α jest wyznaczany z poniższego wzoru:

$$\alpha = \frac{1}{S} \left[55,3V \left(\frac{1}{c_2 \cdot T_2} - \frac{1}{c_1 \cdot T_1} \right) - (4Vm_2 - 4Vm_1) \right] \quad (1)$$

gdzie:

S – pole powierzchni badanej próbki,

V – objętość komory pogłosowej,

T_1, T_2 - czas pogłosu w zmierzony w komorze bez próbki i z próbką,

c_1, c_2 - prędkość dźwięku w komorze bez próbki i z próbką,

m_1, m_2 – mocowy współczynnik tłumienia w komorze bez próbki i z próbką, dany wzorem $m = \frac{a}{10 \log(e)}$, gdzie a jest współczynnikiem tłumienia, obliczonym wg normy PN-ISO 9613-1 [9].

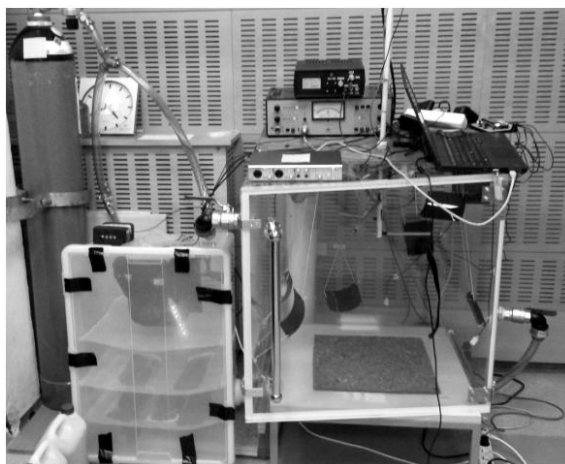
Człon $4Vm$ jest poprawką wyrażającą chłonność akustyczną powietrza w komorze podczas pomiaru. Objętość komory jest stała, a zatem wielkość tej poprawki zależy wyłącznie od parametru m , którego wartość dla danej częstotliwości determinowana jest przez warunki atmosferyczne panujące w komorze podczas pomiarów. Gdyby warunki te podczas pomiaru z próbką były identyczne jak podczas pomiaru pustej komory, wtedy poprawka korygująca wynosiłaby 0. Jednakże, zachowanie jednakowych warunków jest w praktyce bardzo trudne do osiągnięcia, a zatem niedokładność obliczenia wartości parametru m może wpłynąć na ostateczny wynik pomiaru współczynnika α .

Głównym celem podjętych przez autorów działań było porównanie wartości mocowego współczynnika tłumienia obliczonych zgodnie z normą PN-EN ISO 354 [1] z wartościami wyznaczonymi na drodze eksperymentu. Pomiar przeprowadzono dla różnych wartości wilgotności względnej powietrza w komorze pogłosowej wykonanej w skali 1:8 w stosunku do pełnowymiarowej komory pogłosowej Katedry Mechaniki i Wibroakustyki AGH. Ze względu na fakt, że nie jest możliwy bezpośredni pomiar wartości mocowego współczynnika tłumienia, do porównań wykorzystano zmiany tego parametru w stosunku do przyjętej wartości odniesienia. Ten sposób umożliwił również wyeliminowanie z całkowitej wartości chłonności akustycznej stanowiska pomiarowego

wpływu stałych elementów (ścian komory, przetworników elektroakustycznych, systemu pozycjonowania mikrofonów, etc.). Analogicznie, przyrosty wartości mocowego współczynnika tłumienia m dla różnych wartości wilgotności względnej powietrza zostały obliczone w oparciu o wzory teoretyczne, a następnie porównane z rezultatami eksperymentu. Zgodnie z normą 9613-1 [9], wykorzystane zależności teoretyczne można stosować również w zakresie częstotliwości i wilgotności względnych powietrza charakterystycznych dla pomiarów w skali 1:8. Ponadto zakresy te nie zmniejszają niepewności uzyskiwanych wyników w stosunku do wartości otrzymywanych dla standardowych warunków pomiarowych.

3. Stanowisko pomiarowe – komora pogłosowa w skali 1:8

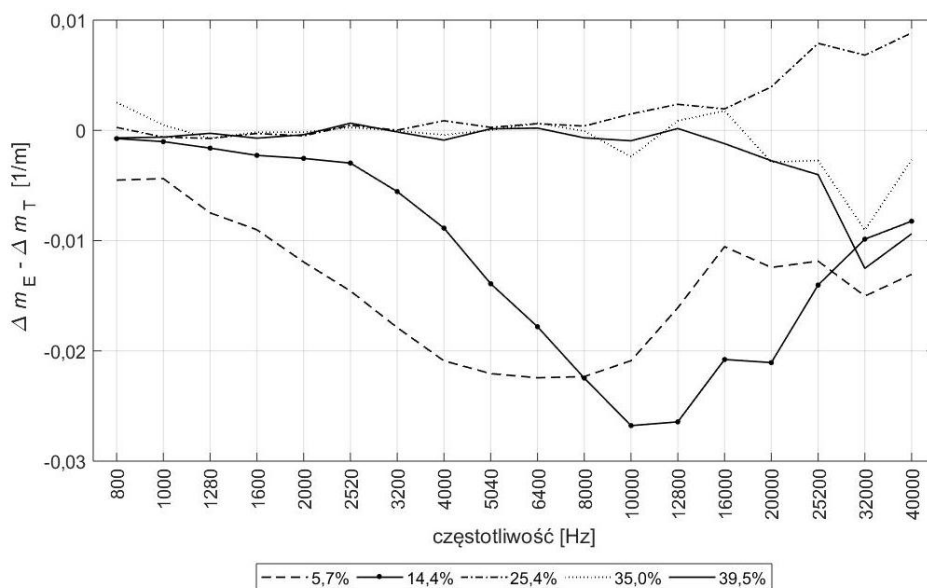
Pomiary czasu pogłosu, niezbędne do przeprowadzenia opisanej powyżej analizy, zostały wykonane w komorze pogłosowej wykonanej w skali 1:8. Zarówno jej ściany jak i dodatkowe elementy rozpraszające wykonano ze szkła akrylowego, aby zapewnić ich minimalną chłonność akustyczną. Komorę wyposażono również w system osuszania powietrza (rys. 1), którego działanie opiera się na wykorzystaniu żelu krzemionkowego oraz azotu technicznego. Na stanowisku zastosowano wysokonapięciowe źródło iskrowe, generujące impuls, dzięki któremu możliwa jest rejestracja odpowiedzi impulsowej w paśmie częstotliwości 800 Hz – 40 kHz, co po przeskalowaniu odpowiada zakresowi częstotliwości pomiarowych 100 Hz – 5 kHz. Do rejestracji sygnałów wykorzystano dwa 1/4-calowe mikrofony pola swobodnego B&K z serii 4939. Mikrofony podłączono do karty pomiarowej M-AUDIO FireWire 1814 przez kondycjoner NEXUS B&K. Akwizycję danych dot. temperatury i wilgotności powietrza w komorze umożliwiło zastosowanie termohigrometru Aosong AM2302.



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe – komora pogłosowa w skali 1:8 wraz z systemem osuszania powietrza

4. Wyniki i wnioski

W niniejszej pracy pokazano wyniki badań pilotażowych. Przeanalizowano wybrane wartości wilgotności względnej, możliwe do uzyskania na opisanym stanowisku. Wszystkie pomiary były wykonane dla zbliżonych wartości temperatury – wynosiła ona od 24,8°C do 25,3°C. Zmiany ciśnienia nie zostały uwzględnione, ponieważ nie wpływają one znacząco na wartość mocowego współczynnika tłumienia [10]. Uzyskane w pomiarach wyniki zostały następnie przeanalizowane zgodnie z metodyką opisaną w rozdziale 2. Jako wilgotność odniesienia przyjęto wartość 30,8%. Została ona wybrana, ponieważ jest to pierwsza wartość wilgotności względnej powietrza w jakiej wykonano pomiary, która mieści się w zakresie wymaganym przez normę ISO 354 [1]. Następnie obliczono mocowy współczynnik tłumienia dla tych samych wartości wilgotności względnej, dla których wykonano pomiary. Aby móc odnieść obliczone teoretyczne wartości do wartości z eksperymentu, w obu przypadkach wyznaczono przyrosty mocowego współczynnika tłumienia względem tej samej wartości odniesienia. Otrzymane wyniki zostały porównane i przedstawione na rys. 2.



Rys. 2. Różnice pomiędzy wartościami przyrostów mocowego współczynnika tłumienia wyznaczonymi eksperymentalnie (Δm_E) i obliczonymi z zależności teoretycznych (Δm_T)

Na powyższym wykresie można zaobserwować, że największe różnice pomiędzy przyrostami współczynnika m wyznaczonymi teoretycznie i eksperymentalnie występują dla niskich wilgotności względnych powietrza. Dla wartości 14,4% oraz 5,7% w całym zakresie częstotliwości pomiarowych wartości mocowego współczynnika tłumienia

wyznaczone teoretycznie są wyższe niż wartości wyznaczone na drodze eksperymentu. Oznacza to, że obliczone wartości poprawki $4mV$ generują większe błędy jeżeli powietrze w komorze jest osuszane, niż gdyby pomiar był wykonywany w standardowych warunkach atmosferycznych. Dodatkowo zaobserwowano wyraźne różnice pomiędzy przyrostami parametru m wyznaczonymi teoretycznie oraz eksperymentalnie w najwyższych pasmach częstotliwości (powyżej 12,8 kHz) niezależnie od wartości wilgotności względnej powietrza. Zaobserwowane rozbieżności mogą sygnalizować, że zalecane przez normę [9] wzory teoretyczne są nieskuteczne dla wysokich częstotliwości pomiarowych i niskich wartości wilgotności względnych powietrza, jakie są stosowane w badaniach modelowych. Na uzyskane różnice mogło wpłynąć także domieszkowane azotem technicznym powietrze w komorze oraz zmniejszona dokładność pomiaru czasu pogłosu dla najwyższych pasm częstotliwości pomiarowych.

5. Podsumowanie

Podsumowując, w pracy autorzy wskazali na istotę prawidłowego obliczenia mocowego współczynnika tłumienia dźwięku m , głównie przy pomiarze współczynnika pochłaniania dźwięku próbek wykonanych w skali, ale również w zastosowaniach obejmujących inne zagadnienia, np. w modelowych badaniach zjawisk akustycznych zachodzących w środowisku. Przedstawiono metodykę zastosowaną do walidacji obliczanych z teoretycznych zależności wartości mocowego współczynnika tłumienia oraz zaprezentowano wyniki wstępnych analiz zagadnienia. Zgodnie z uzyskanymi wynikami, w najwyższych pasmach częstotliwości pomiarowych oraz dla najniższych wartości wilgotności względnej powietrza, zaobserwowano znaczące różnice pomiędzy wartościami wyznaczanymi eksperymentalnie oraz teoretycznie. Wskazuje to na potrzebę przeprowadzenia dogłębnej analizy przedstawionego problemu i w konsekwencji – korekty sposobu obliczania mocowego współczynnika tłumienia dźwięku m w warunkach charakterystycznych dla akustycznych badań modelowych w skali, tj. wysokich częstotliwościach i niskich wilgotnościach względnych powietrza.

6. Bibliografia

- [1] PN-EN ISO 354: Pomiar pochłaniania dźwięku w komorze pogłosowej, 2005.
- [2] Brebeck D. Die Schall- und Ultraschallabsorption von Materialien in Theorie und Praxis, insbesondere im Hinblick auf den Bau akustisch ähnlicher Modelle im Maßstab 1:10. 1967.
- [3] Spring NF, Randall KE, Smith MKE. Acoustic scaling: a one-eighth scale model reverberation room. 1971.
- [4] Krauth E. Klanggetreue Nachbildung der Raumakustik durch Modelle. 1960.

- [5] Barron M, Coleman S. Measurements of the Absorption By Auditorium Seating—a Model Study. *J Sound Vib* 2001;239:573–87.
- [6] Polack JD, Marshall AH, Dodd G. Digital evaluation of the acoustics of small models: The MIDAS package. *J Acoust Soc Am* 1989;85:185–93.
- [7] Ismail MR, Oldham DJ. A scale model investigation of sound reflection from building façades. *Appl Acoust* 2005;66:123–47.
- [8] Wenmaekers RHC, Hak CCJM, Hornikx MCJ. The effective air absorption coefficient for predicting reverberation time in full octave bands. *J Acoust Soc Am* 2014;136:3063–71.
- [9] PN-ISO 9613-1: Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Część 1: Obliczanie pochłaniania dźwięku przez atmosferę. 2000.
- [10] Baruch K, Majchrzak A, Przysucha B, Szelağ A, Kamiński T. Air humidity impact on the results of sound absorption coefficient measurement in model tests. submitted to *Appl Acoust*

ROBOPERKUSISTA - NARZĘDZIE DO ANALIZY DŹWIĘKU WYDOBYWANEGO Z INSTRUMENTU MEMBRANOWEGO

J. PACIOREK * D. TOKARCZYK**

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie *

Katedra Mechaniki i Wibroakustyki, Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie **

E-mail: jack.paciorek@gmail.com

Streszczenie

Według najnowszych trendów wśród technologii konsumenckich można dostrzec prężny rozwój sztucznej inteligencji. Na tym etapie zaawansowania nie jest ona w stanie nawet w najmniejszym stopniu zastąpić człowieka, ale potrafi go dobrze naśladować. Stąd pomysł na stworzenie robota, który przy wykorzystaniu tych zagadnień będzie symulował grę na perkusji.

Takie urządzenie będzie miało możliwość zachowania powtarzalności nieosiągalnej dla nawet najlepszego perkusisty. Badania z zastosowaniem takiego urządzenia pozwalają określać różne parametry związane z budową i funkcjonowaniem instrumentów perkusyjnych. Między innymi: wpływ siły naciągu lub materiału, z którego został wykonany, na dźwięki wydobywane z instrumentu.

We wczesnych etapach projektu konstrukcja oparta została o mikrokontroler Arduino oraz serwomechanizmy. Zastosowane silniki posłużyły wprawieniu w ruch pałek perkusyjnych uderzających w instrument. Oprócz zachowania powtarzalności urządzenie to, przy zastosowaniu odpowiednich algorytmów sztucznej inteligencji (deep learning), jest w stanie improwizować, podobnie jak człowiek. Praca demonstruje rozwiązania techniczne jakie zostały wykorzystane do budowy wczesnego prototypu, badania powtarzalności, jak i również pomysły na dalszy rozwój projektu.

1. Wstęp

Muzyka jest bardzo ważnym elementem kultury. Towarzyszy człowiekowi od zawsze. Jednym z jej przejawów jest gra na instrumentach. Ludzie od zarania dziejów tworzyli i doskonalili instrumenty muzyczne tak aby spełniały ich oczekiwania dotyczące jakości dźwięku. Dzięki postępowi technologicznemu zmieniał się sposób ich wytwarzania i użytkowania. Te fakty miały ogromny wpływ na rozwój przemysł muzyczny.

Jednym z ciekawszych trendów rozwijających się od drugiej połowy XIX wieku było pojawienie się zrobotyzowanych instrumentów muzycznych. Prekursorem w tej dziedzinie był twórca Pianoli- Fourneaux. Prototyp tego urządzenia pojawił się w 1863 r. Na szczególne zainteresowanie wśród zautomatyzowanych instrumentów zasługują roboty perkusyjne. Możemy je podzielić na trzy kategorie: membranofony, idiofony oraz inne.

Tradycyjne membranofony to bębny pokryte membranami uderzane pałeczkami, rękami lubi innymi przyrządami. Najważniejszym wyzwaniem dla osoby, która chciała stworzyć robota perkusyjnego było skonstruowanie siłownika, który poruszał uchwyty pałeczek uderzających w membranę. Pierwsze udane próby przeprowadzili naukowcy z Uniwersytetu w Harvardzie. Skonstruowany przez nich robot mógł wykonywać werble z częstotliwością podobną do ludzkiej. Następnie zespół dr Mitsuo Kawato skonstruował humanoidalnego robota, który mógł imitować ludzką grę na bębnie używając hydrauliki. Ciekawym osiągnięciem Chico MacMurtrie przy współpracy z Amophic Robot Works było stworzenie robota o ludzkim wyglądzie grającego na bębnach przy pomocy silikonowych dłoni. Na uwagę zasługuje także praca N.A. Bagińskiego który zbudował dwa roboty: "Theixpeia", czyli konstrukcję opartą na mechanizmie uderzającym z silnikiem do regulacji nachylenia oraz "LynxArm"- to urządzenie mogło zagrać jednocześnie na 5 bębnach. [1][2]

2. Cel projektu

Założenia projektowe obejmują kilka etapów rozwoju. Pierwszym jest uzyskanie urządzenia symulującego grę na perkusji z zachowaniem powtarzalności nieosiągalnej dla żadnego człowieka. Takie rozwiązanie pozwoli na przeprowadzenie badań i analizy różnych parametrów związanych z budową i funkcjonowaniem instrumentów perkusyjnych.

Kolejna faza budowy projektu jest rozszerzenie funkcjonalności robota o algorytmy sztucznej inteligencji i badania go w tym zakresie.

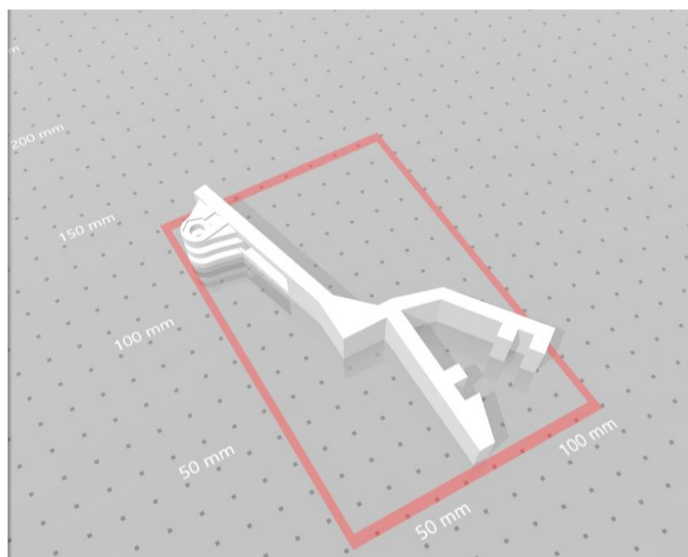
3. Rozwiązanie techniczne

3.1. Część elektroniczna

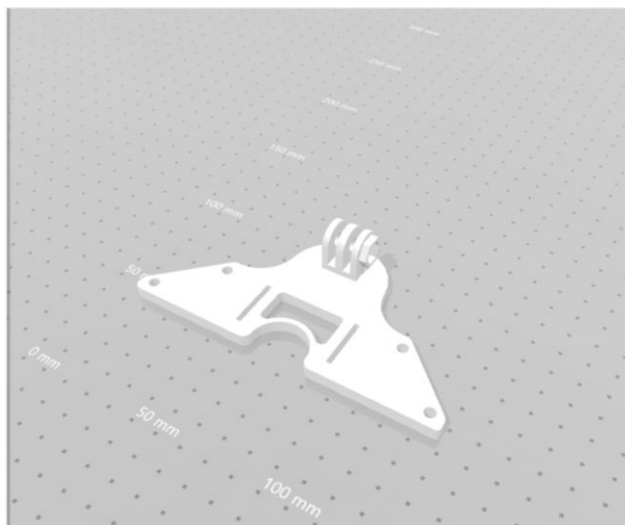
Robot został oparty o mikrokontroler Arduino i 2 serwomechanizmy. Jest to rozwiązanie zapewniające prostotę sterowania, ale wprowadza kilka problemów opisanych w dalszej części artykułu. Serwomechanizmy zastosowane w pierwszych prototypach to modele micro o niewielkim momencie obrotowym wynoszącym $\sim 1.8\text{kg}\cdot\text{cm}$ oraz masie 9g. W pierwszym prototypie zastosowany był kontroler Arduino Uno, który posiada 6 wyjść PWM [3]. Dla rozwiązania z dwoma serwami jest to wystarczające, gdyż do sterowania nimi są potrzebne jedynie 2, ale dla celów testowych, drugi prototyp jest oparty o kontroler o większej ilości złączy PWM- Arduino Mega, który posiada ich aż 15. Robot zasilany jest napięciem 5v dostarczanym przez złącze USB podłączone do komputera.

3.2. Część mechaniczna

Mechanizm mocujący urządzenie do bębna został oparty na dwuelementowej konstrukcji wykonanej w technologii druku 3d.

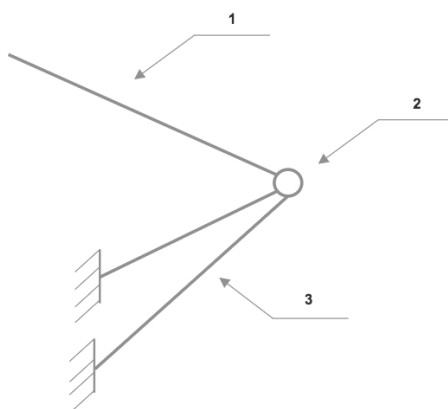


Rys.3.1 Model 3d uchwyt mocujący do instrumentu [4]



Rys.3.2 Model 3d platformy na serwo mechanizmy [5]

Inspiracją było gotowe i sprawdzone już rozwiązanie stosowane do mocowania kamer sportowych (typu GoPro) do elementów konstrukcyjnych instrumentów perkusyjnych. Rozwiązanie to zapewnia uniwersalność i prostotę. Połączenie między platformą a uchwytem jest typu przegubowego co umożliwia regulację kąta pochylenia mechanizmu w stosunku do membrany. Na platformie znajdują się również 2 mocowania dla serwo motorów. Na silniki zamontowane są podwójne orczyki, które służą jako punkt zaczepienia dla pałeczek perkusyjnych.

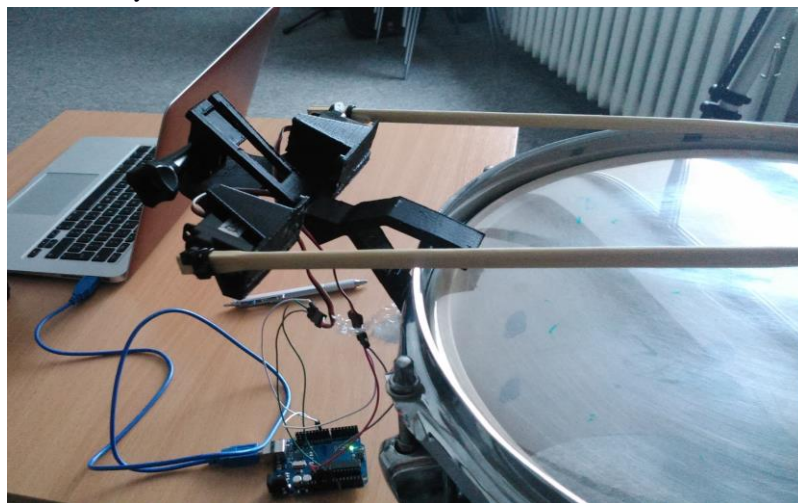


Rys. 3.3 Uproszczony schemat łańcucha kinematycznego robota perkusyjnego.
1 - pałeczki uderzające w membranę, 2- serwo mechanizm, 3 -mocowanie do ramy bębna

3.3. Software

Bardzo ważnym aspektem jest zastosowany software: bezpośrednim programem w pamięci mikrokontrolera jest “Firmata”, czyli jedna z bibliotek dostępnych w Arduino IDE (Integrated Development Environment). Umożliwia ona rozszerzenie programu o moduły stworzone w środowisku Node.js i połączenie z nimi poprzez protokół Firmata. [6]

Program, który wysyła komendy do mikrokontrolera jest złożony z trzech części: interfejsu stworzonego w technologiach webowych (m.in. HTML5, CSS3 oraz Bootstrap), skryptu łączącego się ze Spotify API oraz skryptu kontrolującego serwomechanizmy.



Rys.3.4 Urządzenie w trakcie testów.

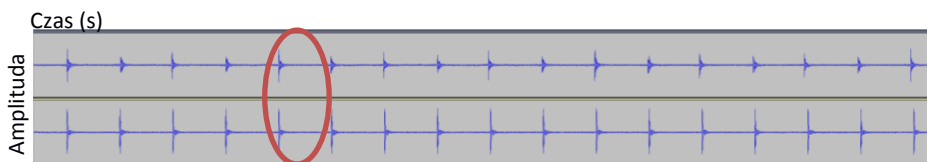


Rys.3.5 Prototyp nr 2. Konstrukcja modułarna wykonana w technologii druku 3d. Po prawej stronie zdjęcia widać mikrokontroler Arduino Mega.

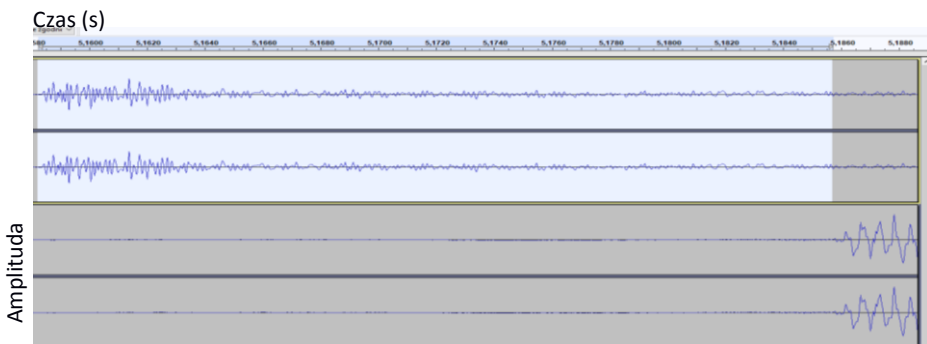
4. Postępy badań

Przeprowadzone badania dotyczyły powtarzalności robota w dwóch trybach pracy. Pierwszym jest “Tempo/rythm set” (Rys.5.3), czyli funkcji, która umożliwia zadanie wartości rytmicznej dla każdego z serwomechanizmów wraz z tempem wystukiwania. Testowanymi wartościami były całe nuty dla obu pałeczek (naprzemiennie) w łącznym tempie 100 uderzeń na minutę (BPM). Próbą kontrolną było nagranie metronomu ustawionego również na 100 uderzeń na minutę. Eksperyment był powtórzony pięciokrotnie, a przebieg nagrany. Wyniki pokazały, że urządzenie z powodu niestabilności konstrukcji oraz wibracji z każdym uderzeniem jest przyspieszony o 28ms w stosunku do metronomu.

Do badań został użyty program Audacity oraz mikrofon Novox NC-1. Wyniki zostały przedstawione w formie wykresu obwiedni amplitudowej.



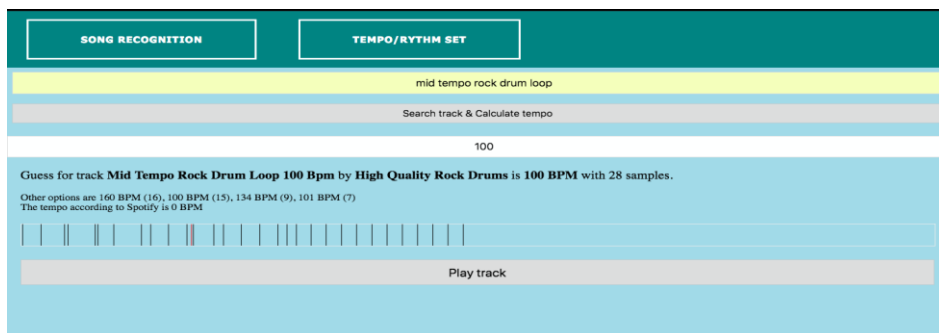
Rys.5.1 Porównanie wykresów obwiedni amplitudowej urządzenia (górna ścieżka) oraz metronomu (dolna ścieżka)



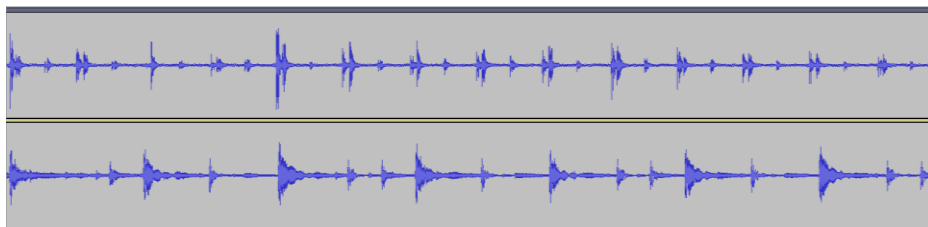
Rys.5.2 Zbliżenie fragmentu obwiedni amplitudowej metronomu (poniżej) oraz robota (powyżej) zaznaczonej na Rys.5.1. Różnica między nimi wynosi 28ms.

Drugi tryb pracy urządzenia to “Song recognition” czyli moduł eksperymentalny będący na bardzo wczesnym etapie rozwoju, który umożliwia wyszukanie dowolnej piosenki znajdującej się w bazie programu Spotify i nadanie urządzeniu, wykrytego przez algorytm [7], rytmu i tempa.

Tryb ten jest niedokładny i jeszcze nie jest w stanie odtworzyć zadanego utworu, pomimo tego, że różnice pomiędzy oryginalnym rytmem i wystukiwanym przez robota są niewielkie.



Rys.5.3 Interfejs webowy programu sterującego mikrokontrolerem w trybie “song recognition”. Pola tekstowe umożliwiają wprowadzenie tytułu piosenki (wyżej) oraz tempa (niżej). Po wyszukaniu utworu wyświetlane są dane wykryte przez algorytm: min uderzenia na minutę, oraz wykres przewidzianych uderzeń perkusji.



Rys.5.4 Ścieżki dźwiękowe utworu testowego (niżej) oraz robota (powyżej). Jak widać urządzenie w tym trybie nie jest w stanie jeszcze dokładnie odtworzyć rytmu perkusji w utworze.

5. Problemy

Największymi problemami, które wpływają na wyniki badań jest niestabilność konstrukcji. Serwomechanizmy i pałeczki do nich przymocowane wywierają moment skręcający na platformie do których są przymocowane serwomechanizmy, co wpływa negatywnie na charakterystykę uderzeń pałeczek w membranę instrumentu (uderzenia nie są jednolite co widać na wykresach widma dźwięku załączonych w sekcji 5). Kolejnym problemem, który należy wyeliminować to przenoszone wibracje z instrumentu, które również negatywnie wpływają na powtarzalność urządzenia.

6. Przyszłość projektu i potencjalne zastosowania

Następnymi etapami rozwoju Roboperkusisty będzie zaprojektowanie i stworzenie konstrukcji mocującej urządzenie do instrumentu z materiałów zapewniających większą sztywność i stabilność. Kolejnym zasadniczym aspektem będzie wyeliminowanie wibracji przenoszonych do konstrukcji z bębnow. Po rozwiązaniu powyższych

problemów konieczne będzie ponowne przeprowadzenie badań na powtarzalność urządzenia.

Możliwym zastosowaniem takiego urządzenia w przemyśle mogłoby być wyznaczanie i optymalizacja parametrów instrumentów membranowych podczas ich produkcji lub prototypowaniu. Taki robot mógłby również testować już wyprodukowane modele pod kątem wytrzymałości.

Roboperkusista może być wykorzystany jako pomoc przy rehabilitacji osób z niedowładem kończyn lub problemami z koordynacją wzrokowo-ruchową. Urządzenie może być również wykorzystane w amatorskim tworzeniu muzyki.

Idea Roboperkusisty nie powstała, aby zastąpić człowieka, ale mu pomóc lub rozszerzyć jego możliwości.

7. Literatura i materiały

[1] Ajay Kapur “A history of robotic musical instruments” University of Victoria Music Intelligence and Sound Technology Interdisciplinary Centre

[2] D.Tokarczyk “An idea and design of a guitar playing robot”, Bachelors Dissertation, Akademia Górniczo-Hutnicza, 2013

[3] Michael Margolis “Arduino Cookbook” O’Reilly 2011

[4] Zmodyfikowany projekt: “Drum Rim Mount for GoPro by KeeleyTechLab” www.thingiverse.com

[5] Zmodyfikowany projekt: “GoPro mount by jimmy” www.thingiverse.com

[6] Firmata protocol documentation <https://github.com/firmata/protocol>, odwiedzony 14.01.2018

[7] Beats audio api by JMPerez <https://github.com/JMPerez/beats-audio-api>, odwiedzony 10.02.2018

Gitara modułowa - nowa koncepcja badania instrumentów muzycznych

M. Sobolewska¹, P. Nowak², D. Tokarczyk³, A. Pilch⁴

Akademia Górniczo-Hutnicza^{1,3,4}, P.A.N. Instrumenty Lutnicze²

sobolews@student.agh.edu.pl

Muzyka i akustyka, chociaż są to dziedziny nierozzerwalnie ze sobą związane, rozwijały się w zupełnie różny sposób. Muzyka była bliska człowiekowi od początku jego istnienia, ale jej zrozumienie i opis akustyczny pojawiły się znacznie później. Instrumenty muzyczne przez wieki tworzone na podstawie intuicji i doświadczenia. Dopiero rozwój fizyki i informatyki umożliwił głębsze zrozumienie procesów zachodzących podczas wydobywania dźwięku. Jednak większość instrumentów, jak np. gitara klasyczna, pomimo swojej popularności nie została jeszcze całkowicie zbadana. Lutnicy od lat spierają się o znaczenie poszczególnych elementów konstrukcji dla brzmienia gitary, a naukowcy starają się ten problem rozwiązać, prowadząc szereg badań analizujących zagadnienie z różnej perspektywy. Niniejsza praca stanowi porównanie różnych metod pomiaru parametrów akustycznych gitary klasycznej stosowanych na świecie. Przedstawia również nową koncepcję badania instrumentu – gitarę modułową, która ze względu na swoją konstrukcję umożliwi obiektywne wyznaczenie wpływu poszczególnych elementów konstrukcji na parametry akustyczne instrumentu. Poznanie tych zależności jest kluczowe dla lutników, którzy dzięki większej świadomości będą mogli udoskonalać tradycyjne instrumenty oraz tworzyć konstrukcje przeznaczone dla konkretnych zastosowań wykonawczych.

1. Wstęp

Najstarszym znanym współczesnej nauce instrumentem muzycznym jest flet wykonany z kości mamuta, znaleziony w jaskini Geissenklosterle w południowych Niemczech. Jego wiek szacuje się na ponad 42 tys. lat [1]. Znaleźisko dowodzi, że już człowiek paleolityczny w świadomy sposób wytwarzał instrumenty muzyczne. Można jednak przypuszczać, że ich konstrukcja nie była starannie zaplanowana, że wynikała raczej z przypadkowego odkrycia zależności pomiędzy kształtem przedmiotów i dźwiękiem, jaki mogą wydobywać. Brak świadomości na temat zjawisk akustycznych nie hamował jednak ich praktycznego wykorzystywania przez homo sapiens - rozwój muzyki postępował niezależnie od stanu wiedzy człowieka. Pierwsze udokumentowane

badania nad akustyką instrumentów prowadził Pitagoras, żyjący w VI wieku p.n.e. Jego doświadczenia z podziałem struny doprowadziły do stworzenia matematycznego opisu skali muzycznej i pojęcia interwału [2]. Pełen opis drgań struny w postaci jednowymiarowego równania falowego został jednak wprowadzony dopiero w XVIII wieku przez Jeana d'Alemberta [3]. Do tego czasu zdążyły już powstać wszystkie cenione obecnie instrumenty słynnych kremońskich lutników – Amati'ego i Stradivariusa. Wyprzedzili oni o kilkadziesiąt lat technikę wyznaczania modów drgań płyt rezonansowych, przedstawioną pod koniec XVIII wieku przez Ernsta Chladniego [4]. Analiza powyższych danych może prowadzić do wniosku, że do tworzenia wysokiej jakości instrumentów nie potrzebna jest zaawansowana wiedza teoretyczna z zakresu fizyki. Należy jednak pamiętać, że konstrukcja skrzypiec rozwijała się przez długie stulecia. Lutnicy bazowali na historycznych konstrukcjach, udoskonalając je w każdym pokoleniu. Proces ten był bardzo powolny. W przypadku skrzypiec optymalna konstrukcja została już osiągnięta, jednak instrumenty młodsze, jak np. gitara klasyczna, nie osiągnęły jeszcze swojej ostatecznej formy. Ich konstrukcja ciągle ewoluuje, a współczesny stan wiedzy pozwala na wprowadzanie zmian w tempie nieporównywalnie szybszym niż w epoce mistrzów z Cremony. Zadaniem współczesnej nauki jest więc analiza akustyki instrumentów z wykorzystaniem wszystkich dostępnych narzędzi. Umożliwi to lutnikom tworzenie bardziej efektywnych konstrukcji, wynikających ze zrozumienia procesów jakie w nich zachodzą.

2. Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie metod używanych przy badaniu akustyki instrumentów muzycznych, a w szczególności gitary klasycznej. Choć jest ona instrumentem bardzo popularnym i od wielu lat prowadzone są badania na jej temat, nie powstał jeszcze pełen opis zależności między elementami jej konstrukcji i ich wpływu na ostateczne brzmienie. Wynika to głównie z własności używanych do budowy materiałów oraz z samego procesu wytwarzania – pierwiastek ludzki w czasie budowy instrumentu wprowadza błąd uniemożliwiający budowę dwóch takich samych instrumentów, a tym samym – niemożliwe staje się obiektywne ich porównanie. Stwarza to wiele problemów podczas badań i często jest przyczyną małej wiarygodności otrzymywanych wyników. Pełne zrozumienie zachowania instrumentu wymagałoby wprowadzania stopniowych zmian w jego konstrukcji, pomiaru wybranych parametrów na każdym etapie i porównywania ze sobą wyników. Z tego założenia powstała koncepcja gitary modułowej. Dzięki możliwości wymiany poszczególnych elementów lub zmiany ich parametrów, możliwe staje się porównanie konstrukcji i tym samym wyznaczenie wpływu elementów na badane parametry instrumentu. Niniejsza praca przedstawia opis gitary modułowej, metodykę prowadzonych badań oraz porównanie ich z innymi koncepcjami pomiarowymi stosowanymi na świecie.

3. Przegląd aktualnych badań

Badania nad akustyką gitary klasycznej prowadzone są od kilkadziesiąt lat. Z powodu złożoności problemu, dotyczą one zazwyczaj jedynie wybranych aspektów zagadnienia. Każdy ośrodek analizuje instrument z innej perspektywy i rzadko kiedy cele i zakresy prowadzonych badań są jednakowe. Można jednak wyróżnić trzy główne nurty, w których zawierają się publikowane prace. Pierwszy z nich dotyczy percepcji brzmienia instrumentu przez człowieka, czyli zagadnień psychoakustycznych. Fritz i Dubois, w swojej pracy *Perceptual Evaluation of Musical Instruments* wprowadzają kryteria oceny jakości instrumentu przez muzyków – zarówno z punktu widzenia wykonawcy, jak i słuchacza [5]. *Leonadro Guitar Research Project*, projekt mający na celu zastąpienie tropikalnych gatunków drewna, używanych do budowy gitar, drewnem lokalnym, prowadzi ocenę swoich instrumentów przez wykonywanie tzw. ślepych testów – nie wiedząc, z jakim instrumentem ma się do czynienia, należy ocenić jego jakość [6]. Ze względu na fakt, że metodyka wprowadzona w niniejszej pracy nie zawiera elementów oceny subiektywnej dźwięku, wyniki przytoczonych badań nie będą dalej analizowane.

Kolejnym typem badań przeprowadzonych w ostatnich latach, najczęściej podejmowanym przez naukowców, jest analiza drganiowa instrumentu. Prowadzona jest ona zarówno na drodze pomiaru rzeczywistych instrumentów, jak i przez modelowanie ich w środowisku cyfrowym z wykorzystaniem metod numerycznych. Pomiary dotyczą zazwyczaj drgań mostka i górnej płyty. Richardson, w pracy *Guitar making – the Acoustician Tale*, obrazuje kształt modów drgań górnej płyty gitary klasycznej przy użyciu interferometrii holograficznej. Otrzymane wyniki porównuje z symulacją MES, w której stosuje szereg uproszczeń, dotyczących geometrii obiektu. Badania dotyczą podstawowego modu drgań płyty [7]. Takie podejście, chociaż rozpatruje istotne dla brzmienia instrumentu zagadnienie, nie stanowi dla lutnika praktycznej informacji. Sam kształt modów drgań instrumentu i wartości wychyleń płyty nie przekładają się bezpośrednio na parametry akustyczne instrumentu. G. Derveaux et al. w artykule *Time-domain simulation of a guitar*, przedstawia symulację MES zmian rozkładu pola akustycznego wokół instrumentu, w czasie od wydobywania dźwięku do jego zaniku [8]. Z wyników można otrzymać informację o kierunkowości instrumentu oraz wartościach konkretnych parametrów, jak np. moc akustyczna gitary. Takie podejście niesie wiele potrzebnych informacji o instrumencie, jednak znów problem leży w uproszczeniach stosowanych w modelu. Wszystkie elementy oprócz górnej płyty traktowane są jako idealnie sztywne, co wprowadza do wyniku trudny do oszacowania błąd. Można jednak przypuszczać, że dotyczy on zarówno częstotliwości rezonansowych jak i amplitud drgań, czyli parametrów najistotniejszych. Dlatego tak bardzo potrzebne jest badanie, które określi które elementy mają znaczący wpływ na instrument, a które można uprościć w modelu. Przedstawiona w niniejszej pracy metodyka może prowadzić do zwiększenia świadomości

o współzależnościach elementów gitary i tym samym umożliwić lepsze modelowanie instrumentu przy pomocy metod numerycznych.

Ostatni nurt badań nad akustyką gitary klasycznej jaki można spotkać w ostatnich czasach, to badania podejmujące próbę syntezy dźwięku gitary. Najnowsze prace dotyczą fizycznego modelowania dźwięku. W *A Survey of Physical Modelling Techniques for Synthesizing the Classical Guitar* McKay opisuje główne problemy takiego podejścia i sposoby ich rozwiązywania. Podobnie jak w przypadku modelowania numerycznego, największe trudności nastęca opis zachowania pudła rezonansowego w odpowiedzi na pobudzenie struny. Modelowanie samej struny nie stanowi już problemu – parametryzacja sposobu wydobywania dźwięku w najnowszych pracach jest bardzo szczegółowa. Pudło rezonansowe jest jednak traktowane bardzo ogólnie, jako zbiór kilku filtrów. Często wykorzystuje się zmierzone odpowiedzi impulsowe instrumentu jako punkt odniesienia do stworzenia modelu [9]. Nie daje to jednak możliwości uwzględnienia wszystkich elementów geometrii przy parametryzacji. Dopiero poznanie ich wpływu na zachowanie instrumentu umożliwi dokładniejsze uwzględnienie ich w modelu, a tym samym – bardziej naturalną syntezę dźwięku. W dalszej części pracy przedstawiono opis metody umożliwiającej taką analizę.

4. Gitara modułowa – opis konstrukcji

Konstrukcja gitary modułowej zawiera w sobie wszystkie tradycyjne elementy gitary klasycznej. Inny jest jedynie sposób łączenia płyt z bokami oraz mocowanie szyjki. Zamiast klejenia pudła, zastosowano zębate połączenie wciskowe, inspirowane japońską sztuką łączenia drewna, widoczne na Rys. 1. Dla wzmocnienia konstrukcji i nadania jej odpowiedniego uszczelnienia wprowadzono bardziej masywne wieńce. Chronią one instrument podczas wymiany modułów oraz zapewniają ciągłe połączenie między płytą i bokami.



Rys. 1 Zębate połączenie płyt i boków

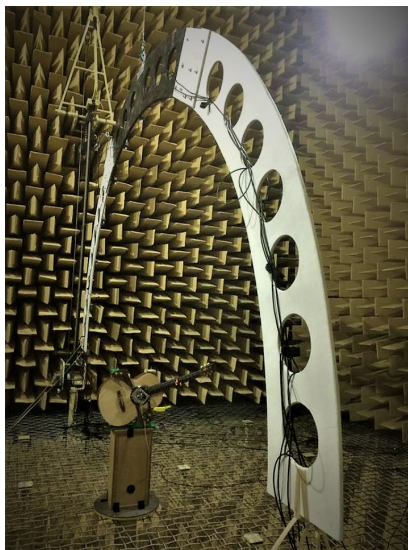
Szyjka jest przymocowana do pieńka za pomocą dwóch śrub. Umożliwia to modyfikację kąta nachylenia szyjki i w efekcie – zmianę siły naciągu strun. Mostek i belki są przyklejone do płyty klejem kostnym, który zapewnia mocne połączenie w normalnych warunkach, ale traci czepność po wystawieniu na działanie gorąca i pary wodnej. Konstrukcja gitary modułowej pozwala na testowanie różnych gatunków drewna. Do budowy podstawowej wersji instrumentu użyto świerku europejskiego na górną płytę, Pau Ferro na boki, mostek i dolną płytę, Mehrbau na szyjkę, hebanu na podstrunnice i Okoume do budowy wieńców. Do pomiarów używany jest zawsze ten sam typ nylonowych strun d'Addario EJ46FF Fluorocarbon.

5. Metodyka badań z wykorzystaniem gitary modułowej

Gitara modułowa pozwala na prowadzenie kompleksowych badań i pomiar bardzo szerokiego spektrum parametrów akustycznych. Analiza prowadzona jest dwutorowo - pierwsze podejście polega na pomiarze mocy akustycznej w komorze pogłosowej, zgodnie z wytycznymi PN-EN ISO 3741:2003 [10]. Pomiar wykonywany jest w pasmach o szerokości 1/12 oktawy, w zakresie 80Hz – 10kHz. Stosowane są dwa rodzaje wymuszenia - naturalne, w którym gitarzysta wykonuje 3 krótkie utwory *attaca* oraz bardziej obiektywne, z wykorzystaniem pełnej skali instrumentu. Pierwsze dotyczy ogólnych możliwości brzmieniowych gitary i uwzględnia różne techniki wykonawcze. Drugie polega na wzbudzaniu kolejnych dźwięków z częstotliwością 1Hz, aż do ostatniego progu struny e1. W celu wyeliminowania niedokładności związanych z przyjętym rodzajem wymuszenia (niestabilnością ręki gitarzysty etc.), każdy pomiar powtarzany jest kilkakrotnie, a wynik uzyskuje się przez uśrednienie tych powtórzeń.

Drugie badanie z wykorzystaniem gitary modułowej wykonywane jest w komorze bezechowej. Pełna skala instrumentu (każdy dźwięk osobno) nagrywana jest przez

15 mikrofonów pola swobodnego G.R.A.S. 46AE, zamontowanych na łuku o średnicy 4.3m. Mikrofony rozmieszczone są co 15 stopni. Jak pokazano na Rys. 2, gitara podczas pomiaru umieszczona jest na stoliku obrotowym, wykonującym obrót z krokiem co 15 stopni.



Rys. 2 Pomiar w komorze bezechowej – ustawienie instrumentu

Pomiar umożliwia wyznaczenie dowolnych parametrów z otrzymanych nagrań, takich jak np. charakterystyka widmowa dźwięku, czy jego obwiednia i czas trwania. Możliwe jest również wyznaczenie kierunkowości instrumentu, co jest szczególnie istotne przy analizowaniu i umiejscowieniu kształtu otworów rezonansowych.

Zaletą przyjętej metody pomiaru jest wykorzystanie robota jako źródła wymuszenia dźwięku. Pozycja gitary odwzorowuje naturalną pozycję instrumentu podczas wykonywania muzyki (Rys. 3). Mechanizm kontrolowany spoza komory ustawia się w odpowiedniej pozycji i zdalnie aktywuje szarpnięcie struny.



Rys. 3 Pozycja instrumentu przy pomiarze z wykorzystaniem robota

Zastosowane metody pomiarowe umożliwiają kompleksową analizę brzmienia instrumentu. W przyszłości planowane jest prowadzenie pomiarów drgań górnej płyty jednocześnie z pomiarem w komorze bezechowej. Pozwoli to na wyznaczenie zależności pomiędzy zachowaniem płyty, a parametrami akustycznymi instrumentu. Żeby uzyskać pełną wiedzę na temat badanego zagadnienia, rezultaty badań należałoby skonfrontować z subiektywną oceną instrumentów w eksperymencie psychoakustycznym, co jest planowane jako ostatni etap badań.

6. Podsumowanie

Współczesne badania nad akustyką gitary klasycznej, chociaż analizują zagadnienie z różnych punktów widzenia, nie dają wyników pozwalających na pełne zrozumienie procesów zachodzących w instrumencie. Przedstawiona w niniejszej pracy metoda badawcza pozwala na wyznaczenie zależności pomiędzy konstrukcją instrumentu, a jego parametrami akustycznymi, co jest najcenniejszą informacją dla lutników, bo może mieć zastosowanie praktyczne. Dzięki konkretnej wiedzy, możliwe będzie tworzenie bardziej efektywnych konstrukcji, dostosowanych do indywidualnych potrzeb muzyka.

7. Bibliografia

- [1] <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2149331/Mammoth-bone-flute-proves-German-cavemen-playing-music-40-000-years-BC.html>, data dostępu: 09.03.2018
- [2] J. Fauvel, R. Flood, R. Wilson, *Music and mathematics. From Pythagoras to Fractals*, p. Oxford University Press, 2003

- [3] T. Christensen, *Rameau and Musical Thought in the Enlightenment*, Cambridge University Press, 1993
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Ernst_Chladni, data dostępu: 09.03.18r
- [5] C. Fritz, D. Dubois, *Perceptual Evaluation of Musical Instruments: State of the Art and Methodology*, Acta Acoustica united with Acustica 101(2), kwiecień 2015
- [6] <http://www.leonardo-guitar-research.com>
- [7] B. Richardson, *Guitar making – the Acoustician Tale*, The Journal of the Acoustical Society of America 117(4):2589, kwiecień 2005
- [8] G. Derveaux, A. Chaigne, P. Joly, E. Becache, *Time-domain simulation of a guitar*, The Journal of the Acoustical Society of America 112(5):2409-2409, listopad 2002
- [9] C. McKay, *A Survey of Physical Modelling Techniques for Synthesizing the Classical Guitar*, McGill University, 2003
- [10] PN-EN ISO 3741:2003 *Akustyka - Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego - Metody dokładne w komorach pogłosowych*

PROJEKT SYSTEMU STEROWANIA RAMIENIEM MIKROFONÓW POMIAROWYCH

KAROL CZESAK
KAROL KOWALSKI
ALEXANDER STEFANI

Akademia Górniczo Hutnicza imienia Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Mechaniki i Wibroakustyki
Studenckie Koło Naukowe Informatyki w Wibroakustyce LabAcoustics

charles35.41@gmail.com

W badaniach akustycznych w wielu przypadkach wykorzystywany jest wielokrotny pomiar w różnych punktach w przestrzeni. Sposób ten wykorzystywany jest przy wyznaczaniu jednoczesnego współczynnika izolacyjności akustycznej. Wielkość ta wyznaczana jest w oparciu o wielokrotny pomiar poziomu ciśnienia akustycznego, dla różnych pozycji mikrofonów, w sprzężonych komorach pogłosowych odseparowanych przegrodą sporządzoną z badanego materiału. Mikrofony pomiarowe zamontowane są na statywach, których obrót i zmiana kąta pochylenia realizowane są przy pomocy silników elektrycznych sterowanych manualnie. Celem projektu jest budowa systemu, przeprowadzającego proces sterowania pozycją mikrofonów automatycznie. Jako bazę wykorzystano platformę Raspberry Pi. Oprogramowanie zostało zbudowane przez Karola Kowalskiego w środowisku LabVIEW, przy użyciu biblioteki LINX.

1. Wprowadzenie

Proces pomiarowy, przeprowadzany przy pomocy mikrofonów, zamocowanych na ramionach sterowanych manualnie wymaga ciągłej obecności operatora w pomieszczeniu sterowniczym, którego rola sprowadza się wówczas do ustawiania kolejnych pozycji

mikrofonów oraz wyzwala pomiarów. Kontrola położenia przetworników elektroakustycznych w komorach prowadzona jest przy użyciu monitoringu wizyjnego, w wyniku czego trudno mówić tu o powtarzalności obieranych pozycji mikrofonów.

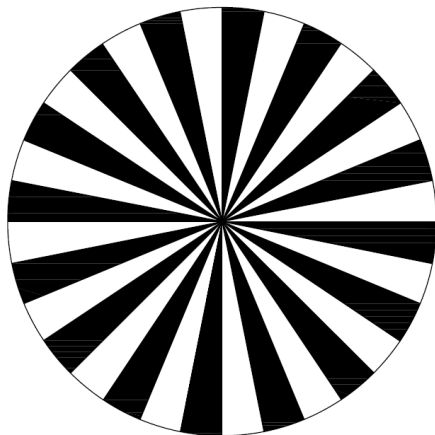
2. Projekt systemu sterowania

O ile w abstrakcie określone zostało jasno zadanie wykonywane przez system, o tyle potrzebna jest jeszcze odpowiedź na pytanie: „Jakie dane wejściowe są potrzebne do poprawnego działania systemu?” Tę odpowiedź stanowi informacja zwrotna o położeniu, bądź przemieszczeniu mikrofonów, oraz informacja o zakończeniu pomiaru.

Na tym etapie rozważań mamy system w postaci czarnej skrzynki, która podaje napięcie na silniki napędzające ramiona tak długo, aż mikrofony nie osiągną założonych położenia. Kontroluje też ona ich położenie. Po ustaleniu zaś pozycji wyzwala pomiar, czekając z kolejną zmianą położenia na sygnał o jego zakończeniu.

Omówiona powyżej czarna skrzynka do wykonania swojej podstawowej czynności, czyli podania napięcia na silniki elektryczne, wymaga zastosowania przekaźników, które połączą odpowiednie wyprowadzenia silników ze źródłem zasilania. Najwygodniejszą formą komunikacji urządzenia z przekaźnikami okazuje się być współcześnie GPIO (ang. *General Purpose Input Output* – Wejścia i Wyjścia Ogólnego Przeznaczenia). Wyzwolenie pomiaru wymaga skomunikowania systemu z urządzeniem, pomiarowym, lub też systemem pomiarowym opartym o komputer. Do tego celu mogą zostać wykorzystane takie porty jak USB (ang. *Universal Serial Bus* – Uniwersalna Magistrala Szeregowa), LAN (ang. *Local Area Network* – Sieć Lokalna), UART (ang. *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* – Uniwersalny Asynchroniczny Nadajnik - Odbiornik), czy również GPIO.

Do akwizycji danych z zewnątrz, oprócz – rzecz jasna – informacji zwrotnej o zakończeniu trwającego pomiaru, urządzenie potrzebuje czujników. Nim zastanowimy się nad ich doborem, warto pochylić się nad warunkami pracy silników, do sterowania którymi mają one być wykorzystane. Silniki te, umieszczone w przegubie statywu nie wykonują pełnego obrotu. Jeden z nich odpowiedzialny jest za obrót statywu, zaś drugi, za kąt jego pochylenia. Położenie mikrofonu może być wyrażone parą liczb – pierwsza z nich mówi o kącie jego azymutu, druga – o kącie jego elewacji. Najprostszym ustrojem pozwalającym zmierzyć w domenie elektrycznej kąt, pod jakim usytuowany został obracany element, jest potencjometr zamontowany w osi obrotu. W opisywanym jednak przypadku, takie zamocowanie potencjometru nie jest możliwe. Można jednak na ruchomych częściach elementów zamontować papierową tarczę lub łuk z nadrukowanymi czarnymi i białymi „ząbkami”, jak zostało to zobrazowane na rys. 2.1. Po zamontowaniu na współpracującym z elementem ruchomym (rys. 2.2), elemencie względem którego ruch jest wykonywany, czujnika odbiciowego i skierowaniu go na wspomniane ząbki, czujnik ów na swoim wyjściu będzie wystawiał impulsy elektryczne, w czasie wykonywania obrotu przez napędzający ów element ruchomy silnik.



Rys. 2.1.: Tarcza do generacji przebiegu przez czujnik odbiciowy



Rys. 2.2.: Wewnętrzna powierzchnia ceownika, na którym zamocowana zostanie tarcza

Po skomunikowaniu czujnika ze wspomnianą czarną skrzynką za pośrednictwem GPIO uzyskujemy możliwość zliczania impulsów, co łatwo można przełożyć na kąt obrotu, a więc względne położenie mikrofonu w stosunku do poprzedniego.

Zasada zliczania impulsów z czujników jest prosta – jeżeli silnik wykonuje obrót w prawo, to impulsy zliczane z czujnika odpowiedzialnego za ten silnik zliczane są ze znakiem dodatnim, jeżeli jednak obrót wykonywany jest w lewo – zliczanie następuje z e znakiem ujemnym.

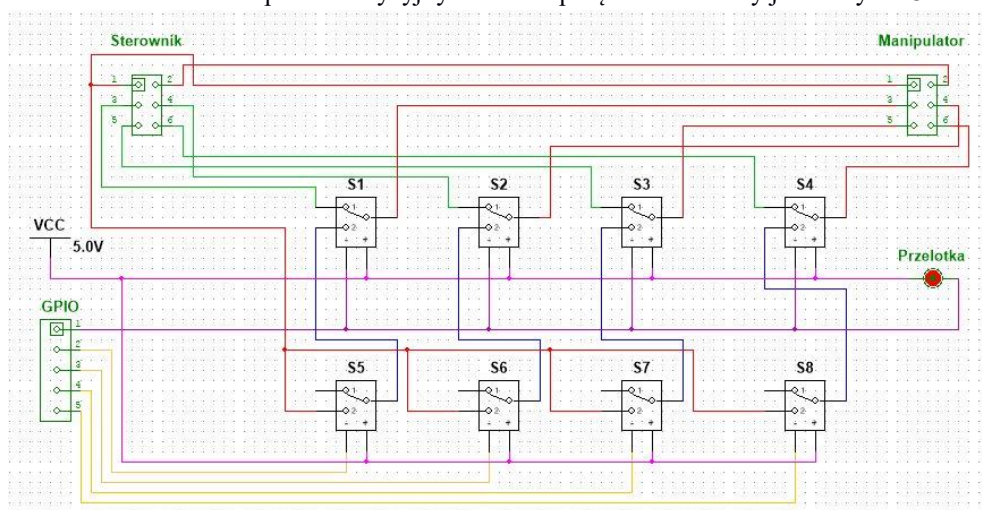
Cały czas operujemy jednak na względnym położeniu przetworników elektroakustycznych. By jednak posługiwanie się nim miało sens, potrzebna jest pozycja odniesienia. I tutaj z pomocą przychodzi właściwość zastosowanego w ramionach systemu napędu, czyli brak możliwości wykonania pełnego obrotu przez silniki. Wówczas za położenie odniesienia możemy potraktować sytuację, gdzie statyw obrócony jest maksymalnie w lewo oraz pochylony maksymalnie w dół. Dzięki temu, niezależnie - w jakiej pozycji znajdowały się statywy przed załączeniem systemu, jesteśmy w stanie łatwo sprowadzić je do położenia odniesienia, w którym to położeniu można wyzerować liczniki impulsów. By tego dokonać wystarczy tuż po uruchomieniu systemu podawać przez odpowiedni czas napięcie na wyprowadzenia silników odpowiedzialne za obrót w lewo. Zapytamy „Jak długi?” Odpowiedź brzmi – do uzyskania skrajnych położen. By doprowadzić do systemu informacje o skrajnym położeniu danego przegubu, wystarczy zainstalować przy nim czujnik krańcowy i połączyć przez GPIO z systemem. Po otrzymaniu informacji z czujnika krańcowego, urządzenie zaprzestaje podawania napięcia na dany silnik i zeruje licznik impulsów generowanych przez współpracujące z nim zębki.

Skoro jesteśmy już w stanie określić oraz nastawić żądane położenia mikrofonów względem pozycji odniesienia, po załadowaniu do urządzenia listy kolejnych ich położen uzyskujemy automat. W kolejnych akapitach zajrzemy do środka rzeczonyj czarnej skrzynki oraz przedstawimy zasady, na których opiera się jej działanie.

Do zapewnienia poprawnego funkcjonowania owego urządzenia, niezbędne będą dwa elementy. Sprzęt – czyli platforma posiadająca, lub będąca w stanie obsłużyć wymienione porty, czyli USB, LAN, UART czy GPIO, tak by mogła komunikować się zarówno z użytymi w projekcie czujnikami i przekaźnikami, ale też i z komputerem klasy PC. Najlepiej poprzez sieć, tak, by osoba odpowiedzialna mogła mieć wgląd w przebieg procesu z lokalizacji zdalnej. Baza sprzętowa powinna dysponować pewną mocą obliczeniową, tak by była zdolna policzyć, o ile stopni należy obrócić czy pochylić ramiona względem aktualnego położenia, tak by uzyskać pozycję założoną w kolejnym rekordzie tabeli położen, zdefiniowanej uprzednio przez użytkownika oraz była w stanie na bieżąco sprawdzać warunek osiągnięcia założonej pozycji. Z drugiej jednak strony platforma sprzętowa powinna cechować się łatwością programowania oraz możliwie niewygórowaną barierą wejścia. Kierowany tymi kryteriami wybór padł na RaspberryPI model 3B.

Część sterująca opiera się na zestawie przekaźników, sprzężonych z gniazdem do przyłączenia zespołu silnikowego oraz przelotką do przyłączenia oryginalnego sterownika, stanowiącego w naszym przypadku zasilacz. W przyłączach tych, piny oznaczone jako 1

odpowiadają, za zerowanie, zaś piny 2 doprowadzają zasilanie. Sterowanie odbywa się poprzez podanie zera na jeden z pinów 3, 4, 5, lub 6, za co w opisywanym kontrolerze odpowiadają przełączniki S5, S6, S7 i S8, sterowane odpowiednio z 2, 3, 4 i 5 wyprowadzenia GPIO. Pierwsze wyprowadzenie GPIO przełącza przełączniki S1, S2, S3 i S4 w taki sposób, by podawanie zera było wyzwalane z poziomu GPIO. Jeżeli na przełączniki S1, S2, S3, S4 nie zostanie podany stan niski, wówczas zwierają one odpowiadające sobie piny przyłącza silnika i przelotki, tak, że układ pozostaje przezroczysty dla oryginalnego sterownika podłączonego do przelotki i możliwe jest sterowanie układem w sposób tradycyjny. Schemat połączeń widoczny jest na rys. 2.3.



Rys. 2.3.: Schemat połączeń przełącznikowego układu sterowania silnikami

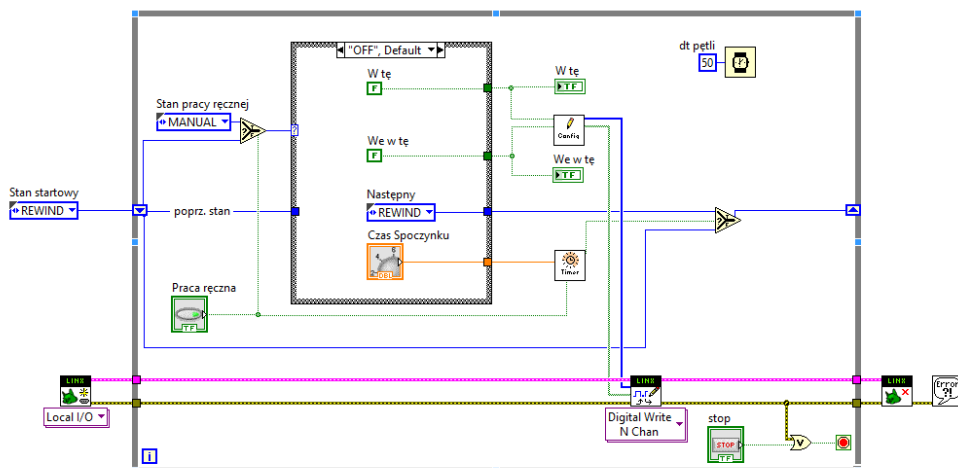
3. Oprogramowanie systemu.

Równie ważnym elementem systemu jest oprogramowanie. Oczywiście – na potrzeby projektu musiało zostać ono stworzone celowo od podstaw. W tym przypadku wybrać należało jednak środowisko, w jakim owo oprogramowanie miało zostać zbudowane. Kryteriami wyboru były łatwy dostęp do danych pomiarowych oraz łatwość komunikacji z zewnętrzną platformą sprzętową, jaką jest RaspberryPI, a także łatwa dostępność. Wybór padł na powszechne na uczelni środowisko LabVIEW firmy National Instruments. Niebawem pomocne w pracy z RaspberryPI okazało się rozszerzenie Diligent LINX.

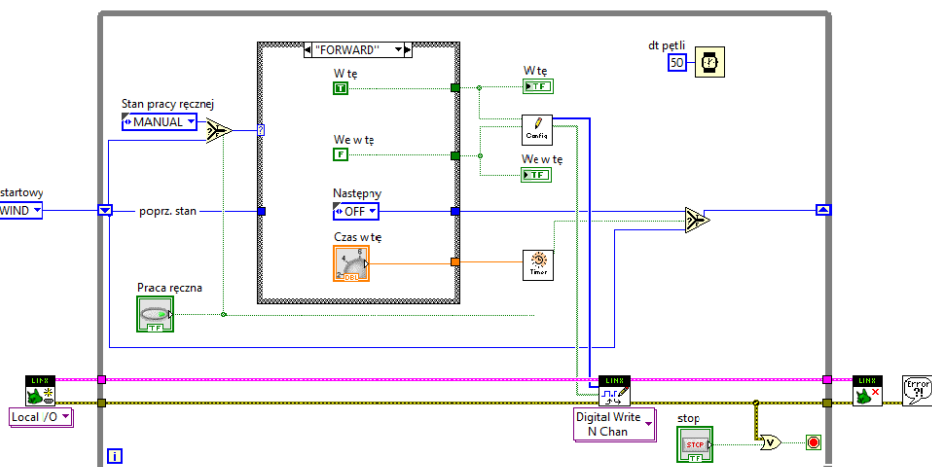
Oprogramowanie zostało stworzone w architekturze maszyny stanów. Początkowe stany odpowiadają za skalibrowanie zestawu, ustawienie ramion w pozycji odniesienia i wyzerowaniu liczników, następnie system przechodzi w stan „idle”, w którym można zadać pracę automatyczną, kiedy to maszyna stanów wczytuje kolejne pozycje ramion z listy, steruje silnikami tak, by te położenia zostały osiągnięte, po czym w kolejnym stanie generuje sygnał wyzwalający ustrój pomiarowy i oczekuje na sygnał zakończenia pomiaru

lub – zależnie od wybranych opcji – na upływanie zadanego interwału czasowego. W kolejnym stanie maszyna wczytuje kolejną pozycję i znów napędza silniki itd.

Prototypowa wersja oprogramowania przystosowana jest do sterowania jednym silnikiem. Nie obsługuje ona też czujników przemieszczenia, toteż – na potrzeby prototypu – parametrem, dla jakiego tymczasowo określone zostały warunki przełączania stanów jest czas. Rysunki poniżej ukazują dwa przykładowe stany maszyny stanów, w których silniki znajdują się w stanie spoczynku (rys. 3.1), oraz jeden z nich wykonuje obrót zgodnie z ruchem wskazówek zegara (rys. 3.2)



Rys. 3.1.: Stan OFF – napięcie nie jest podawane

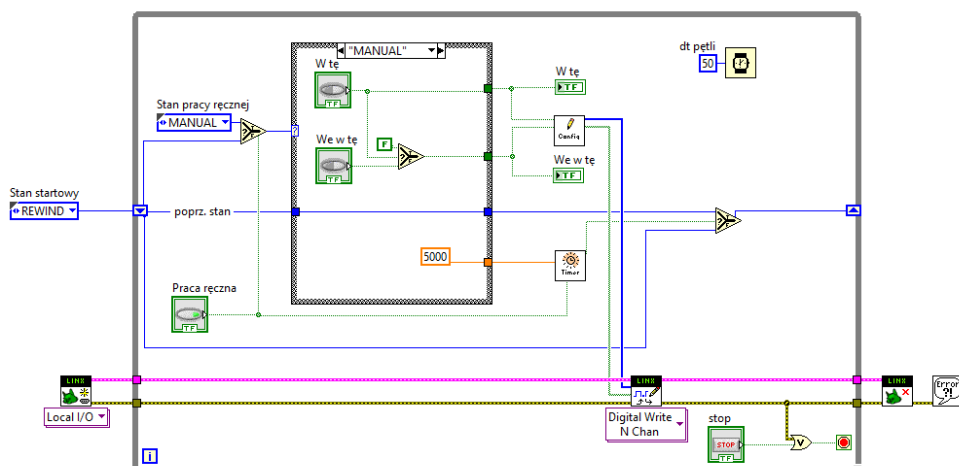


Rys. 3.2.: Stan FORWARD – silnik kreci się zgodnie ze wskazówkami zegara

Ponadto istnieje możliwość ręcznego kontrolowania położenia mikrofonów (jak miało to miejsce przed zastosowaniem systemu), jednak z poziomu opisywanego

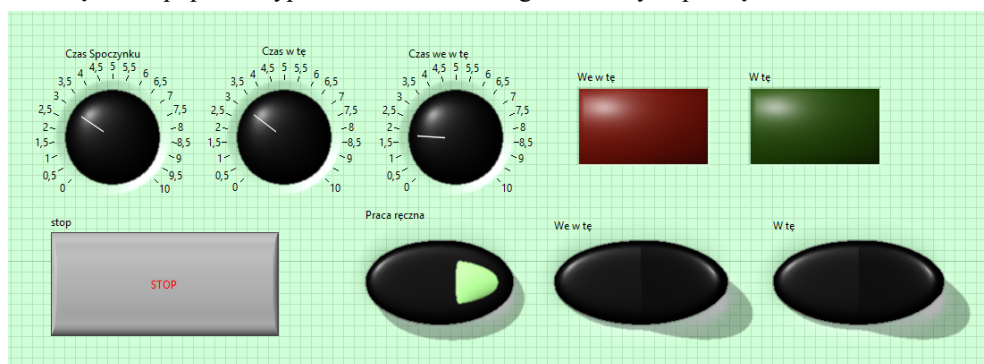
urządzenia oraz zapamiętywania tak zdefiniowanych położeń, dzięki czemu użytkownik ma możliwość łatwego tworzenia własnych sekwencji pozycji ramion.

W tryb pracy ręcznej można wejść w dowolnym momencie pracy systemu. Maszyna stanów zostanie wówczas zamrożona, tak by po wyjściu z niego, procedura pomiarowa ulegała kontynuacji od momentu, w jakim została ona przerwana. Odpowiedni stan maszyny przedstawiony został na rysunku 3.3.



Rys. 3.3.: Stan MANUAL – napięcie podawane zależnie od położenia przełączników.

Samo manualne sterowanie ramionami może odbywać się z użyciem graficznego interfejsu użytkownika, przedstawionego na rys. 3.4, jak również przy użyciu dołączonych do urządzenia poprzez wyprowadzenia GPIO ergonomicznych przełączników.



Rys. 3.4: Graficzny Interfejs Użytkownika prototypowej wersji programu

Część obliczeniowa aplikacji wykonuje się na urządzeniu RaspberryPI, zaś współpracujący z nim komputer klasy PC ma za zadanie dostarczenie graficznego interfejsu użytkownika. Dzięki komunikacji między urządzeniami z wykorzystaniem sieci LAN możliwa jest zdalna kontrola, czy też podgląd stanu procedury pomiarowej.

4. Perspektywy rozwoju projektu.

Automatyzacja pozycjonowania ramion mikrofonowych jest pewnego rodzaju załączkiem kolejnych projektów mających na celu automatyzację procedury pomiarowej oraz opracowywania wyników pomiarów izolacyjności akustycznej, zgodnie z obowiązującą normą PN-EN ISO717-1:2013.

Kolejnym krokiem będzie zastosowanie w komorach nowoczesnych kamer monitoringu wizyjnego, przeznaczonych do pracy w sieci LAN. Tego typu kamery pozwolą nie tylko na zdalny podgląd sytuacji w komorach, ale też mogą zostać wykorzystane jako źródło sygnału wizyjnego dla środowiska LabVIEW, w którym możliwa jest ekstrakcja danych o bezwzględnym położeniu ramion z tegoż sygnału.

Przewidywana jest także budowa analizatora akustycznego, z wykorzystaniem wspomnianego środowiska. Odpowiednio skondycjonowany sygnał z mikrofonów pomiarowych może zostać podany na kartę dźwiękową i przechwycony przez aplikację, która dysponując kompletem stosownych danych i zaimplementowanymi wzorami będzie w stanie sama obliczyć jednoczłonowy współczynnik izolacyjności akustycznej.

5. Podsumowanie.

System pomiaru jednoczłonowego współczynnika izolacyjności akustycznej, zestawiony z użyciem automatycznego sterowania ramionami mikrofonowym pozwala zaoszczędzić czas, a także – w połączeniu ze zautomatyzowanym systemem akwizycji danych może stanowić kompletne rozwiązanie wyznaczające w sposób automatyczny wspomniany współczynnik, zgodnie z przywołaną w Bibliografii normą. Na obecnym stadium rozwoju, projekt zakłada automatyczne sterowanie silnikami ramion oraz odczyt ich przemieszczeń, tak, by możliwe było wczytywanie kolejnych położzeń z listy oraz przemieszczanie w nie mikrofonów, a także komunikację z systemem akwizycji danych pomiarowych, lub też możliwość wprowadzenia stałej czasowej odpowiadającej za oczekiwanie na przeprowadzenie pomiaru.

6 Bibliografia.

PN-EN 10140-1,:2011 – norma opisująca pomiar izolacyjności akustycznej w warunkach laboratoryjnych.

PN-EN ISO717-1:2013 – norma opisująca wyznaczanie jednoczłonowego wskaźnika izolacyjności akustycznej.

<https://www.raspberrypi.org/documentation/> (dostęp 06.03.2018 20:12)

<http://www.ni.com/pdf/manuals/320999e.pdf> (dostęp 06.03.2018 20:36)

<https://www.labviewmakerhub.com/doku.php> (dostęp 06.03.2018 21:54)

Modelowanie sprzężenia pola akustycznego i pola przepływu na przykładzie fletu ze zbiorów Muzeum Śląska Cieszyńskiego

Daniel Adamczyk¹, dr inż. Ireneusz Czajka²

1. Uczestnik Konkursu Prac Studenckich, jadamczyk@gmail.com
2. Opiekun pracy, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Streszczenie:

Autorzy podjęli problematykę modelowania sygnału akustycznego generowanego przez instrument dęty, jakim jest flet podłużny. Praca została podzielona na dwa etapy. W pierwszym z nich zbudowano model numeryczny gwizdka. W trakcie modelowania wykorzystano metody obliczeniowej mechaniki płynów oraz obliczeniowej aeroakustyki. Drugi etap związany był z modelowaniem fletu ze zbiorów Muzeum Śląska Cieszyoskiego, zwanego dalej fletem cieszyoskim.

Pierwszy etap pozwolił na walidację metodyki, dzięki czemu można było wyznaczyć sygnał generowany przez flet cieszyoski. W trakcie modelowania wykorzystano analogię aeroakustyczną Curle'a. Praca stanowi jedną z niewielu prób numerycznego modelowania instrumentów dętych. Z praktycznego punktu widzenia problem jest ważny, ponieważ pozwala uzyskać informacje dotyczące dźwięku instrumentu, który nie nadaje się do użytku.

1. Wstęp

Niniejsza praca miała na celu stworzenie modelu sprzężenia pola akustycznego i pola przepływu w zabytkowym flecie ze zbiorów Muzeum Śląska Cieszyńskiego z wykorzystaniem obliczeniowej mechaniki płynów i aeroakustyki. Spośród dostępnych metod rekonstrukcji atrakcyjna wydała się metoda modelowania komputerowego. Podstawową przeszkodą przy tworzeniu fizycznego modelu był brak dostępu do oryginalnych materiałów, z których wykonany był flet. Wyzwaniem pracy była również próba opisanie właściwości fizycznych instrumentu określających jego brzmienie. Ze względu na trudność weryfikacji otrzymanych wyników, w celu sprawdzenia poprawności metody, w analogiczny sposób wykorzystano istniejący i działający model gwizdka.

Inspiracją do podjęcia badań nad tym zagadnieniem stał się udział autorów pracy w grantie: „Archeologiczne instrumenty muzyczne w polskich zbiorach muzealnych” (grant MNiSW/Narodowy Program Rozwoju Humanistyki nr 11H 13 038282) realizowanym w Instytucie Muzykologii Uniwersytetu Warszawskiego pod kierownictwem dr hab. Anny Gruszczyńskiej-Ziółkowskiej, prof. UW.

2. Podstawowe założenia obliczeniowej mechaniki płynów

Jak powszechnie wiadomo każdy płyn zbudowany jest z poruszających się cząsteczek oraz pustej przestrzeni pomiędzy nimi. Podstawowym przybliżeniem przyjmowanym w mechanice ośrodków ciągłych jest założenie o ciągłości ośrodka. Oznacza ono, że w rozpatrywanej niewielkiej objętości ośrodka musi się znajdować tak duża liczba molekuł,

że można taki ośrodek traktować jako ciągły. Innymi słowy: liczba Knudsena musi przyjmować odpowiednio małą wartość (0,01) [1].

Obliczeniowa mechanika płynów dla opisu przepływu płynów niutonowskich wykorzystuje między innymi poniższe równania, które stanowią kolejno: równanie ciągłości, równanie Naviera-Stokesa i równanie stanu:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \nabla \cdot \bar{v} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} \right) + \bar{v} \cdot \nabla \bar{v} = -\nabla \bar{p} + \mu \nabla^2 \bar{v} + \frac{1}{3} \mu \nabla (\nabla \cdot \bar{v}) + \rho F \quad (2)$$

$$p(\rho) = \rho c^2 \quad (3)$$

3. Metoda modelowania dużych wirów – LES.

W naturze obserwuje się dwie formy przepływów: laminarną i turbulentną. Obydwie charakteryzują się układem tych samych równań z analogicznymi warunkami brzegowymi. Pierwszy jest ruchem uporządkowanym, natomiast drugi chaotycznym, w którym wszystkie parametry opisujące stan fizyczny płynu są losowymi funkcjami miejsca i czasu [4]. Ze względu na złożoność ruchu turbulentnego nie istnieje jeden, idealny jego model, który opisywałby wszystkie przypadki. W pracy wykorzystano metodę LES, która jest kompromisem uzyskanym między RANS a DNS. LES zakłada, że tylko duże wiry (większe od komórki obliczeniowej) zostaną uzyskane przy pomocy modelowania, a mniejsze zostaną obliczone bezpośrednio. LES jest jednym z najczęściej używanych modeli w aplikacjach akustycznych [1], został on również wykorzystany w obydwu przypadkach omawianych w artykule.

LES potrzebuje gęstej siatki obliczeniowej, w celu opisanie energii dużych wirów. Wielkość siatki powinna być proporcjonalna od wielkości wirów i może zostać opisana poniższym wzorem:

$$L_t = \frac{k \frac{3}{2}}{\epsilon} \quad (4)$$

Należy zauważyć, że w przypadku obliczania przepływu turbulentnego w puszczkach, wielkość wiru, nie może przekroczyć wielkości charakterystycznej dla badanego obiektu. W tym przypadku długość wirów można obliczyć na podstawie wzoru:

$$L_{turb} = 0,07 D \quad (5)$$

4. Analogia aeroakustyczna Curle'a

Bazując na teorii Lighthilla [2], Curle [3] stworzył analogię, która może być wykorzystana przy założeniu, że źródłem generowanego dźwięku jest statyczna, idealnie sztywna powierzchnia. Podstawowe rozwiązanie analogii sprowadza się do następującego równania (6):

$$\rho - \rho_0 = \frac{1}{4\pi c_0^2} \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} \int_V \frac{T_{ij}(y, t - \frac{r}{c_0})}{r} dy + \frac{P_i(y, t - \frac{r}{c_0})}{r} dy \quad (6)$$

Aby doprowadzić równanie Curle'a do formy wykorzystywanej w obliczeniach komputerowych należy uwzględnić następujące założenia [4]:

- źródła objętościowe nie zostają uwzględnione, co wiąże się z pominięciem tensora Lighthilla,
- przepływ jest izentropowy,
- efekty wywołane przez ściśliwość płynu są pomijane,
- powierzchnia jest kompaktowa ($L \ll \lambda$), przez co pomijane są opóźnienia czasowe.

Przy uwzględnieniu powyższych założeń, równanie 2.17 przyjmuje postać:

$$p' = \frac{1}{4\pi c_0^2} \frac{x_i}{r^2} \frac{\partial}{\partial t} F_i(t) \quad (7)$$

Gdzie $F_i(t) = \int_S P_i(y, t) dS(y)$ - opisuje całkowitą siłę, jaką płyn wywiera podczas przepływu na powierzchnię sztywną.

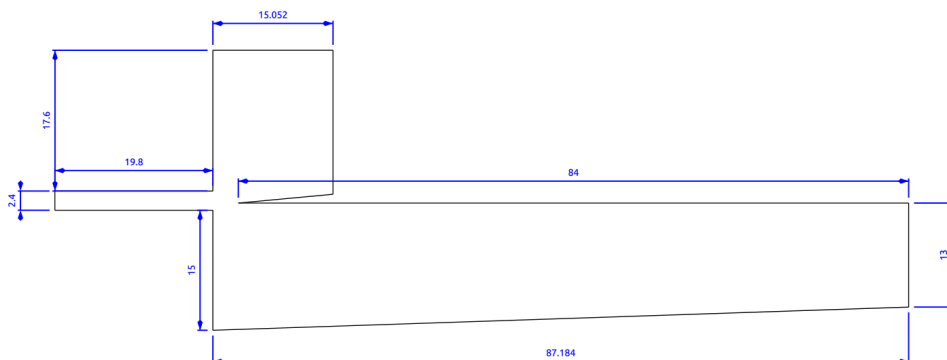
W przypadku obydwu modelowanych instrumentów zastosowano analogię aeroakustyczną Curle'a.

5. Proces powstawania dźwięku we fletach

Generowanie dźwięku niezależnie od rodzaju fletu opiera się na podobnych zasadach. Struga powietrza, wdmuchiwana przez szczelinę wlotową napotyka wargę. Od momentu wylotu ze szczeliny, aż do wargi, poddawana jest zakłóceniom, spowodowanym działaniem pola akustycznego, które powstaje w rezonatorze. Ze względu na swoją wewnętrzną niestabilność struga reaguje na oscylacje pola akustycznego. Oscylacje powstające na

strudze przekładają się na interakcję z wargą, dzięki czemu do pola akustycznego w rezonatorze w sposób ciągły jest dostarczana energia. Tak powstaje sprzężenie zwrotne, które pozwala na generację ciągłego dźwięku [5].

6. Modelowanie gwizdka



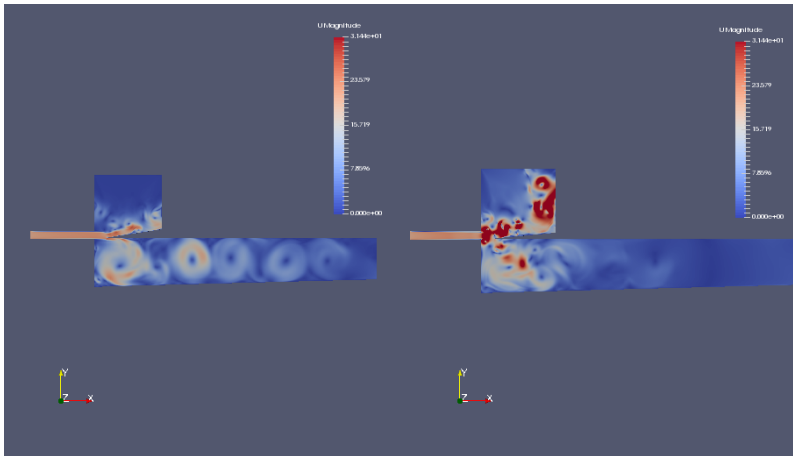
Rys. 2: Wymiarowanie gwizdka

Geometria badanego gwizdka została przedstawiona na rys. 2. Wargę instrumentu znajduje się ona w odległości 3,98mm od wylotu szczeliny i poniżej o 2.01mm od górnej ścianki szczeliny. Jej nachylenie względem górnej ścianki rury rezonansowej wynosi $5,7^\circ$.

Symulacja dla przypadku dwuwymiarowego została wykonana w programie OpenFOAM (wersja 4.1) przy wykorzystaniu dwóch narzędzi obliczeniowych – *pisoFoam* i *rhoPimpleFoam*. Obliczony czas symulacji wyniósł 0,1s, a krok czasowy - $10 \cdot 10^{-7}$. Zastosowano następujące warunki początkowe: wlot powietrza do szczeliny – prędkość 20m/s oraz 2% turbulencji, wylot znajdujący się na końcu instrumentu oraz powyżej okienka – ciśnienie zerowe, ściany sztywne instrumentu – ciśnienie powietrza zerowe i prędkość powietrza z warunkiem *noSlip*.

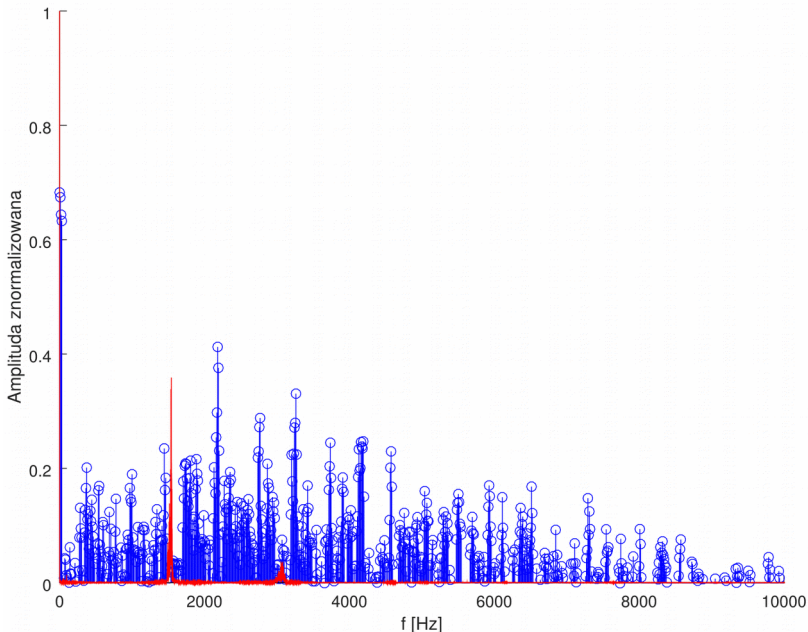
6.1. Wyniki

Na rys. 3 przedstawiono rozkład prędkości powietrza dla narzędzi obliczeniowych *pisoFoam* oraz *rhoPimpleFoam*. Jak można zauważyć w przypadku narzędzia obliczeniowego - *rhoPimpleFoam*, ruch strugi powietrza jest o wiele bardziej burzliwy i niezintegrowany. Narzędzie obliczeniowe *pisoFoam* przedstawia zwartą strukturę strugi powietrza. Lekkie oscylacje wokół wargi stanowią istotny element generowania dźwięku instrumentu.



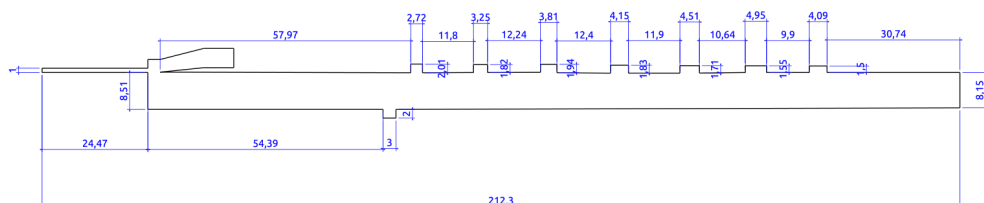
Rys. 3: Zestawienie prędkości powietrza dla pisoFoam (po lewej)
rhoPimpleFoam (po prawej)

Na rys. 4 przedstawiono porównanie uzyskanych wyników modelowania aeroakustycznego modelu komputerowego z modelem fizycznym. Model komputerowy charakteryzował się dużą zawartością szumu. Częstotliwość o najwyższej amplitudzie miała wartość 2186Hz, natomiast częstotliwość pierwszej harmonicznej rzeczywistego gwizdka 1545Hz. Rozbieżność pomiędzy tymi wynikami była znacząca. Ze względu na wysoki poziom szumu, trudno stwierdzić, czy częstotliwości w okolicy 1545Hz należy traktować jako harmoniczne o niższej amplitudzie czy też jako szum.



Rys. 4: Porównanie uzyskanych wyników modelowania aeroakustycznego

7. Modelowanie fletu ze zbiorów Muzeum Śląska Cieszyńskiego

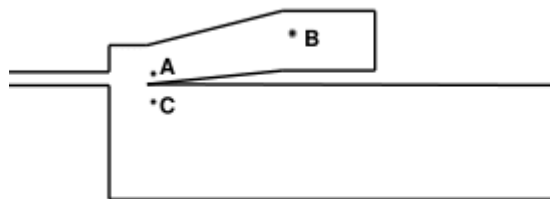


Rys. 5: Wymiarowanie fletu cieszyńskiego

Długość fletu cieszyńskiego wynosiła 212,3mm. Szczelina wlotowa miała 1mm szerokości, natomiast okienko - 2,83mm. Początek wargi znajdował się 0,09mm powyżej dolnej ścianki szczeliny wlotowej. Szczegółowe wymiary zostały przedstawione na rys. 5.

Warunki początkowe symulacji komputerowej fletu były analogiczne do warunków ustalonych wcześniej dla gwizdka. Zmiany zostały wprowadzone dla dodatkowego obszaru - *holes*, który reprezentował otwory palcowe instrumentu. Warunek początkowy - *zeroGradient* zakładał, że ciśnienie w tym miejscu było zerowe, czyli powierzchnia palca była idealnie sztywna i odbijająca.

Dla potrzeb analogii Curle'a ustalono pozycję obserwatorów dla których obliczano wartości ciśnienia akustycznego (rys. 6). Na schemacie nie uwzględniono obserwatora D, który znajdował się na końcu rury rezonansowej i obserwatora E oddalony o 1m od instrumentu.



Rys. 6: Pozycje obserwatorów

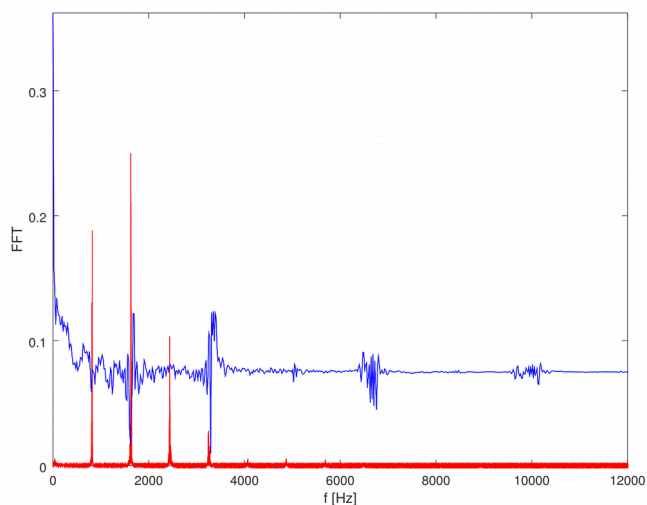
7.1 Wyniki

Uzyskany w wyniku modelowania poziom szumu w porównaniu z sygnałem harmonicznym był równie wysoki co w przypadku modelowanego gwizdka, jednocześnie pewne częstotliwości odznaczały się wyższą amplitudą (rys. 7). Taki mały odstęp szumu do sygnału mógł być spowodowany, zbyt dużymi elementami siatki obliczeniowej, bądź niedokładnością obliczeniową modelu turbulencji LES dla przypadku 2D. Należy zauważyć, że otrzymane częstotliwości sygnału dla obserwatorów znajdujących się w okolicy wargi, miały te same wartości, poza ostatnią i pierwszą składową (która ujawniła się tylko w przypadku obserwatora A). O wiele większe różnice można zauważyć w przypadku oddalonych obserwatorów D i E. Uwzględnić należy fakt, że fizyczny czas trwania symulacji wynosił 0,05s, co ogranicza dokładność pomiaru do ok 19Hz, a również powoduje zmniejszenie dokładności dla pomiaru niższych częstotliwości.

Model rzeczywisty generował dwie harmoniczne, które nie są widoczne w przypadku modelowania komputerowego. Brak częstotliwości około 821Hz, spowodowany był wspomnianym krótkim czasem trwania symulacji.

Tab. 1: Zestawienie częstotliwości dla różnych obserwatorów oraz dla wydruku fletu 3D

	Obs. A	Obs. B	Obs. C	Obs. D	Obs. E	Wydruk 3D
I	647	X	X	X	X	821
II	1694	1694	1694	1599	1599	1632
III	3350	3350	3350	3226	3226	2444
IV	6681	6643	6719	6738	6738	3255



Rys. 7: Porównanie wyników FFT dla obserwatora A i wydruku 3D fletu cieszyńskiego

8. Podsumowanie

Opisane metody przedstawiają jedne ze sposobów modelowania komputerowego instrumentów z grupy aerofonów wargowych. Praca stanowi próbę oceny zastosowanych metod badawczych i alternatywnych dla prowadzenia dalszych badań.

Zastosowany model 2D instrumentów pozwolił uzyskać wiarygodne wyniki badań. Ponadto takie rozwiązanie dało możliwość szybkiej weryfikacji wprowadzanych zmian i ograniczenia nakładu obliczeniowego. Przyjęcie modelu dwuwymiarowego wymusiło znaczne uproszczenie geometrii instrumentu. Ruch turbulentny jest zjawiskiem przestrzennym, dlatego też modelowanie w 2D, było obarczone ryzykiem błędu. Oczywistym krokiem, który należałoby podjąć w dalszych badaniach byłaby implementacja badanych przypadków do modelu 3D i porównanie wyników z już otrzymanymi.

Wybór metody modelowania dużych wirów (ang. LES), podyktowany był kompromisem między nakładem obliczeniowym, a dokładnością otrzymanych wyników. Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że wybrano właściwą metodę. Jednak w celu weryfikacji otrzymanych wyników, wskazana byłaby implementacja metody dużych wirów dla przypadku 3D lub też zmiana metody opisu turbulencji na RANS, co jednak utrudni uzyskanie sygnału akustycznego, bądź DNS, która z kolei ma znacznie większe wymagania sprzętowe.

W celu przeprowadzenia bardziej precyzyjnych obliczeń aeroakustycznych, konieczne jest wydłużenie czasu trwania symulacji, by rozdzielczość przeprowadzanej transformaty Fouriera była poniżej 1 Hz.

Bibliografia:

- [1] P. A. V. Olivares. *Acoustic wave propagation and modeling turbulent water flow with acoustics for district heating pipes*. Uppsala Universitet, 2009
- [2] M. J. Lighthill. *On Sound Generated Aerodynamically. I. General Theory*. 1951
- [3] N. Curle. *The influence of solid boundaries upon aerodynamic sound*. 1955
- [4] J. Liu. *Simulation of whistle noise using computational fluid dynamics and Acoustic finite element simulation*. University of Kentucky. 2012
- [5] B. Fabre. *Flute-Like Instruments w: Acoustics of Musical Instruments*. Springer. 2013

Index

ŻYŁKA WOJCIECH, 39, 40

A

ADAMCZYK DANIEL, 55, 112

B

BARUCH KATARZYNA, 51, 81

BIEŃ MATEUSZ, 13

BIGOSIŃSKA MONIKA, 31

BIGOŚIŃSKA MONIKA, 28

BORKOWSKI BARTŁOMIEJ, 36

C

CHOJNACKI BARTŁOMIEJ, 49, 73

CICHOŃ AGNIESZKA, 56

CIOCHOŃ AGNIESZKA, 48

CISOŃ-APANASEWICZ URSZULA, 28

CZAJKA IRENEUSZ, 34, 37, 55, 112

CZERWIŃSKA-LEDWIG OLGA, 28

CZESAK KAROL, 54, 104

CZOPEK DOROTA, 20–22, 49, 65

CZYŻ HENRYKA, 32

D

DOUBROVINA OLGA, 26

DROZD JAROSŁAW, 24

G

GAMBIN BARBARA, 23, 24, 26, 27

GAWLIK MATEUSZ, 18

H

HELAK MARIA, 49, 65

J

JASIŃSKI TADEUSZ, 32

K

KAMISIŃSKI TADEUSZ, 49, 51, 73, 81

KOMPAŁA JANUSZ, 41

KORCZAK ILONA, 23, 24

KOWALSKI KAROL, 54, 104

KOZŁOWSKI EMIL, 45

KRUGLENKO ELEONORA, 23, 24, 27

KUKULSKI BARTŁOMIEJ, 48, 56

L

LITNIEWSKI JERZY, 27

M

MAŁECKI PAWEŁ, 16, 20–22

MAJCHROWICZ JUSTYNA, 43

MAJCHRZAK ALEKSANDRA, 51, 81

MAJEREK DARIUSZ, 45

MEISSNER MIROSLAW, 9

MĄDRO ANDRZEJ, 11

MIKULSKI WITOLD, 45

MLECZKO DOMINIK, 43

N

NOWAK PIOTR ALEKSANDER, 53, 96

P

PACIOREK JACEK, 52, 88

PAŁKA TOMASZ, 28

PAMUŁA HANNA, 18

PASTERCZYK ALICJA, 30, 31

PAWLIK PAWEŁ, 42, 47

PIECHOWICZ JAKUB, 46

PIECHOWICZ JANUSZ, 20–22, 46, 47

PILCH ADAM, 49, 53, 73, 96

PILCH WANDA, 28

PIOTROWSKA ANNA, 28

PIOTRZKOWSKA-WRÓBLEWSKA HANNA, 26

PLEBAN DARIUSZ, 45

PLUTA MAREK, 14, 15, 35, 36

POGWIZD PAWEŁ, 31

POTOK HALINA, 28

PRZYSIĘŻNY MONIKA, 18

PRZYSUCHA BARTOSZ, 45

R

RDZANEK WOJCIECH, 39, 40

ROMIK DAWID, 37

RUDZKI MARIUSZ, 30

S

SCHELENZ ANNA, 17

SMAGOWSKA BOŻENA, 45

SOBOLEWSKA MONIKA, 53, 96

SOCHACZEWSKA KATARZYNA, 16

STEFANI ALEXANDER, 54, 104

STOLIŃSKI BARTOSZ, 36
STRYCZNIEWICZ TYTUS, 10
STRZELECKI MARCIN, 12
SUDER-DEBSKA KATARZYNA, 34, 37
SZELĄG AGATA, 45, 51, 81
SZEMELA KRZYSZTOF, 39, 40

T

TOKARCZYK DANIEL, 35, 52, 53, 88, 96
TOTA ŁUKASZ, 28
TROJANOWSKI ROMAN, 37
TYMKIEWICZ RYSZARD, 26, 27

U

UHRYŃSKI ANDRZEJ, 29, 30, 36

W

WŁOCH ANDRZEJ, 32
WICIAK JERZY, 16, 20–22, 35–37
WORSZTYNOWICZ BARBARA, 36
WSZOLEK TADEUSZ, 10, 48, 56
WSZOLEK WIESŁAW, 18, 19

Z

ZUZIAK ROXANA, 28

Certyfikowany wyrób medyczny
Rehabilitacyjny Aparat Masujący Vitberg+



- + Pierwszy na świecie, modułowy system terapeutyczny, łączący wibroterapię o charakterze ogólnym z wibracją miejscową.
- + Najczęściej badane urządzenie do wibroterapii w Polsce.
- + Skuteczność w rehabilitacji, sporcie i kosmetologii, potwierdzona setkami badań.