

ZAŁĄCZNIK 3

AUTOREFERAT

Dr inż. Krzysztof Kosała

Katedra Mechaniki i Wibroakustyki
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
**Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie**

Kraków, wrzesień 2014 r.

SPIS TREŚCI

1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)	4
5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze.....	17
5.1. Osiągnięcia przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych	17
5.2. Inne osiągnięcia po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych	18
6. Podsumowanie działalności naukowo-badawczej.....	27
7. Działalność dydaktyczna	31
8. Działalność organizacyjna	32

1. Imię i nazwisko

Krzysztof Kosala

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

Uzyskany tytuł: **Magister inżynier mechanik**

2001 r., Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn

Specjalność: wibroakustyka i inżynieria dźwięku

Temat pracy dyplomowej magisterskiej: *Metody oceny akustycznej obiektów sakralnych*

Promotor: Prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Engel, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Uzyskany stopień: **Doktor nauk technicznych**

2004 r., Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Dyscyplina naukowa: mechanika

Specjalność: wibroakustyka, inżynieria dźwięku

Temat rozprawy doktorskiej: *Zagadnienia akustyczne w obiektach sakralnych*

Promotor: Prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Engel, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 2000–2001 asystent stażysta (V rok studiów) na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
- 2003–2005 asystent w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
- od 2005 adiunkt w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

Moim osiągnięciem naukowym, uzyskanym po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiącym znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej mechanika określonym w art. 16. ust. 2 Ustawy, jest jednotematyczny cykl publikacji:

a) tytuł osiągnięcia naukowego

„Rozkład względem wartości szczególnych w badaniach procesów wibroakustycznych na przykładzie oceny i kształtowania właściwości akustycznych wybranych obiektów”.

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

- [A1] K. Kosala, *Global index of the acoustic quality of sacral buildings at incomplete information*. Archives of Acoustics, 33, 2, 2008, 165–183. (Publikacja indeksowana w bazach Journal Citation Reports (JCR) oraz Web of Science).
- [A2] K. Kosala, *Calculation models for acoustic analysis of sacral objects*. Archives of Acoustics, 34, 1, 2009, 3–11. IF= 0.313.¹
- [A3] K. Kosala, *A single number index to assess selected acoustic parameters in churches with redundant information*. Archives of Acoustic, 36, 3, 2011, 545–560. IF= 0.847, DOI: 10.2478/v10168-011-0039-3.
- [A4] K. Kosala, *Singular vectors in acoustic simulation tests of st. Paul the Apostle Church in Bochnia*. Archives of Acoustic, 37, 1, 2012, 23–30. IF= 0.829, DOI: 10.2478/v10168-012-0004-9.
- [A5] K. Kosala, *Synthesis of uncorrelated acoustic quality evaluation indices of buildings*. Acta Physica Polonica A, 123, 2013, 1064–1067. IF= 0.604, DOI: 10.12693/APhysPolA.123.1064.
- [A6] K. Kosala (50%), Z.W. Engel, *Assessing the acoustic properties of Roman Catholic churches: A new approach*. Applied Acoustics, 74, 2013, 1144–1152. IF= 1.068, DOI: 10.1016/j.apacoust.2013.03.013.
- [A7] K. Kosala, *The comparative analysis of acoustic properties of Roman Catholic churches using the index method*. Acta Physica Polonica A, 125, 2014, 99–102. IF= 0.604, DOI: 10.12693/APhysPolA.125.A-99.

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Do badań, analizy i oceny procesów wibroakustycznych zachodzących w różnych obiektach typu maszyna, urządzenia, hale fabryczne, obiekty użyteczności publicznej stosowane są coraz nowsze metody oparte na zasadzie wzajemności, metodzie inwersji oraz dla oceny jakości

¹ Podane w autoreferacie wskaźniki Impact Factor (IF) dla prac w czasopiśmie, uzyskane na podstawie listy Journal Citation Reports (JCR), są zgodne z rokiem opublikowania (dla publikacji [A7], wydanej w roku 2014, podano IF z roku 2013).

akustycznych, oparte na wskaźnikach. Wydawanie oceny przy pomocy wskaźników jest bardzo użyteczne z punktu widzenia diagnostyki, jako opisu aktualnego stanu jakości bądź przydatności danego obiektu do spełniania swojej funkcji użytkowej. Wskaźniki w uproszczony sposób obrazują różnorodne, często skomplikowane zjawiska, zachodzące w analizowanym obszarze oraz mierzą ich zmiany. Metody wskaźnikowe, które znalazły zastosowanie w badaniach procesów wibroakustycznych, służą do oceny tych procesów. W wybranych przypadkach mogą być stosowane wskaźniki jednoliczbowe. Są one wówczas miarami ogólnymi i funkcjami wskaźników cząstkowych, dotarczających dokładniejszych informacji o zjawisku. W moich pracach poruszony został aspekt wskaźnikowej oceny jakości akustycznej pewnej grupy obiektów, jakimi są kościoły rzymsko-katolickie. Prace na metodą wskaźnikową oceny tych obiektów były przedmiotem moich wcześniejszych badań. Zaproponowana metoda wymagała jednak dalszego udoskonalenia i weryfikacji na większej ilości zbadanych wnętrz. **Głównym celem naukowym wyżej wymienionych prac i osiągniętych wyników było wykorzystanie narzędzia analitycznego, jakim jest rozkład względem wartości szczególnych, znanego pod nazwą SVD (Singular Value Decomposition), do opracowania formalizmu matematycznego służącego do analizy, jednolitej oceny i kształtowania właściwości akustycznych obiektów, jakimi są kościoły rzymsko-katolickie, aktualnie użytkowane lub będące na etapie projektowania bądź adaptacji akustycznej.** W dotychczasowych badaniach nie napotkałem publikacji dotyczących stosowania techniki SVD w ocenie właściwości akustycznych obiektów sakralnych oraz w syntezie wskaźników, prowadzącej do otrzymania wskaźnika jednoliczbowego oceny.

Przedstawię poniżej zasadnicze cele i szczegółowe wnioski z poszczególnych prac stanowiących jednotematyczny cykl publikacji.

Ad. [A1]. Głównym celem pracy były wstępne badania związane z zastosowaniem techniki rozkładu względem wartości szczególnych w analizie właściwości akustycznych kilku zbadanych do tej pory obiektów sakralnych, jakimi były kościoły rzymsko-katolickie. Pokazane w pracy badania i analizy są kontynuacją badań autora nad zaproponowaną w [P1]* metodą wskaźnikową oceny akustycznej obiektów sakralnych. Rozkład (SVD) dotyczył opracowanej tak zwanej wskaźnikowej macierzy obserwacji obiektów sakralnych \mathbf{A} , o wymiarach 6×3 , która stanowiła model empiryczny (6 badanych kościołów, 3 skorelowane ze sobą wyznaczone wskaźniki cząstkowe, opisujące jakość akustyczną danego wnętrza: wskaźnik pogłosowy W_r^* , zrozumiałości mowy W_{is} oraz brzmienia muzyki W_m). Zastosowanie techniki SVD poprzedzone było pewnymi modyfikacjami procedury obliczeniowej w zaproponowanej w [P1] metodzie wskaźnikowej, co pokazano w artykule. Polegały one przede wszystkim na uwzględnieniu w ocenie globalnej, nie 5 jak było do tej pory, lecz 3 wymienionych powyżej wskaźników cząstkowych, oraz na wprowadzeniu nowego uproszczonego wzoru na wskaźnik pogłosowy W_r^* . Poprzez SVD wskaźnikowej macierzy obserwacji uzyskano transformację początkowych zmiennych w postaci skorelowanych wskaźników, w nowe wzajemnie ortogonalne zmienne. Przeprowadzenie w środowisku Matlab rozkładu względem wartości szczególnych pozwoliło na zredukowanie modelu empirycznego poprzez aproksymację odpowiedniego rzędu. Wykorzystując,

* Numeracja wszystkich cytowanych w autoreferacie prac jest zgodna z wykazem opublikowanych prac naukowych (załącznik 5).

uzyskaną z SVD, pierwszą wartość szczególną σ_1 , która jest najbardziej informacyjna, w porównaniu do pozostałych ($\sigma_1=88\%$; $\sigma_2=10\%$, $\sigma_3=2\%$), uzyskano uproszczony model empiryczny, który zastosowano do: (i) analizy ilościowej wag wskaźników cząstkowych, mających wykorzystanie do obliczenia wartości wskaźnika globalnego oceny jakości akustycznej obiektów sakralnych W_{AQS}^{**} , (ii) wyznaczenia wzoru na wskaźnik globalny jakości akustycznej obiektów sakralnych przy niepełnej informacji o obiekcie $W_{AQS}^{W_r^*}$. Mając zmierzony czas pogłosu wnętrza można obliczyć wartość wskaźnika pogłosowego W_r^* i na podstawie tylko tej jednej informacji możliwe jest, jak pokazano w artykule, prognozowanie przybliżonej oceny globalnej jakości akustycznej świątyni. Również użyteczne są opracowane wzory na przybliżoną wartość wskaźników zrozumiałości mowy i brzmienia muzyki uzależnione od jednego wskaźnika - pogłosowego. Do najważniejszych wyników poznawczych uzyskanych w pracy zaliczam:

- Zastosowanie w analizie właściwości akustycznych obiektów sakralnych narzędzia analitycznego w postaci rozkładu względem wartości szczególnych oraz opracowanie, na podstawie uzyskanych z SVD wartości szczególnych nowych wzorów na jednoliczbowe oceny globalne (wskaźniki W_{AQS}^{**} i $W_{AQS}^{W_r^*}$).
- Porównanie właściwości akustycznych 10 kościołów rzymsko-katolickich za pomocą wskaźników jednoliczbowych. Ocenę czterech z nich przeprowadzono dysponując niepełną informacją o obiektach, wykorzystując opracowany do tego celu wskaźnik $W_{AQS}^{W_r^*}$. Ze względu na ograniczone w ubiegłych latach możliwości sprzętowe, jakimi dysponowano wówczas w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki jedynym parametrem, jaki wyznaczono przy badaniach kilku kościołów, przeprowadzonych w ramach prac dyplomowych, był podstawowy parametr akustyczny – czas pogłosu.
- Uzyskanie większej rozpiętości obliczonych wartości globalnego wskaźnika jakości akustycznej obiektów sakralnych W_{AQS}^{**} , wynoszącej od 0,2 do 0,8. Do tej pory wskaźnikowa ocena jakości akustycznej dawała wyniki globalnych ocen jednoliczbowych W_{AQS} , z zakresu $0,5 \div 0,7$.
- Potwierdzenie zgodności subiektywnych opinii użytkowników obiektów dotyczących złych parametrów akustycznych nowoczesnych kościołów zbudowanych na planie elipsy i koła z niskimi wartościami wskaźnika globalnego oceny jakości akustycznej obiektów sakralnych, które są bliskie 0 ($W_{AQS}^{W_r^*}=0,2$), co oznacza, zgodnie z założeniami metody wskaźnikowej złe właściwości akustyczne.

Ad. [A2]. W artykule przedstawiono wyniki badań stanowiących kontynuację analizy właściwości akustycznych obiektów sakralnych przy użyciu techniki rozkładu względem wartości szczególnych. Wyniki przeprowadzonych badań były omawiane na konferencji [K19]. Celem badań była próba zastosowania rozkładu SVD do macierzy obserwacji o większych, niż dotychczas analizowano, wymiarach (6×5). Analiza dotyczyła 5-ciu wskaźników cząstkowych opracowanych w ramach wcześniejszych badań nad metodą wskaźnikową; czterech opracowanych w artykule [P1], jakimi były:

wskaźnik brzmienia muzyki, wskaźnik zrozumiałości mowy, wskaźnik zakłóceń zewnętrznych i wskaźnik równomierności nagłośnienia oraz jednego, opracowanego w pracy [A1], zmodyfikowanego wskaźnika pogłosowego. Technikę SVD wykorzystano do zbadania udziałów procentowego wyjaśnienia informacji o niezależnych wskaźnikach poprzez kolejne składowe szczególne oraz do analizy ilościowej wag wskaźników cząstkowych, użytych w opracowanym wzorze na globalny wskaźnik jednoliczbowy oceny jakości akustycznej obiektów sakralnych. Dokonano porównania wartości ocen globalnych uzyskanych przy wykorzystaniu modelu obliczeniowego 3-wskaźnikowego (opisanego w pracy [A1]) oraz 5-wskaźnikowego. Do najważniejszych wyników poznawczych uzyskanych w pracy zaliczam:

- Opracowanie 5-wskaźnikowego modelu obliczeniowego analizy akustycznej świątyń, z którego wynikają dalsze informacje o niezależnych wskaźnikach w macierzy obserwacji. Udziały procentowego wyjaśnienia informacji przez kolejne składowe szczególne wynoszą odpowiednio: 65, 20, 10, 4 oraz 1% ogółu informacji, co oznacza, że poprzez aproksymację 3-go rzędu, wykorzystującą składowe szczególne σ_1 , σ_2 i σ_3 , można dokonać redukcji modelu obliczeniowego, z błędem Frobeniusa bliskim 0. Dwie ostatnie składowe mają bardzo małe wartości w stosunku do pozostałych i mieszczą się poniżej wartości 10%, uznanej za wartość szumu informacyjnego. Reszta składowych po zsumowaniu daje wynik 95% wyjaśnienia zjawiska.
- Stwierdzenie, na podstawie przeprowadzonych badań, że zastosowanie pierwszego rzędu aproksymacji dla modelu 5-wskaźnikowego do analizy ilościowej wag poszczególnych wskaźników cząstkowych, (taki sposób pokazany został dla modelu 3-wskaźnikowego w pracy [A1]), przynosi mało zadowalające rezultaty. Analizy wykazały, że taki sposób otrzymania wag jest użyteczny, gdy wskaźniki macierzy obserwacji są ze sobą skorelowane, co występuje w modelu uproszczonym, zawierającym 3 wskaźniki cząstkowe (pogłosowy, brzmienia muzyki oraz zrozumiałości mowy). Procentowy udział pierwszej składowej szczególnej σ_1 był dla uproszczonego modelu duży (88%) w stosunku do pozostałych składowych. Natomiast w modelu 5-wskaźnikowym udział składowej σ_1 , wynoszący 65%, w zastosowaniu do obliczeń wag wskaźników, wykorzystując pierwszy rząd aproksymacji, był niewystarczający do przybliżenia struktury zależności we wskaźnikowej macierzy obserwacji. Błąd aproksymacji pierwszego rzędu dla dwóch modeli obliczeniowych różni się w przybliżeniu o rząd wielkości.

Ad. [A3] W tym artykule zaproponowano inne niż dotychczas podejście we wskaźnikowej ocenie właściwości akustycznych obiektów sakralnych. Wyznaczenie wag wybranych, silnie skorelowanych ze sobą, wskaźników cząstkowych, co było głównym celem badań opisanych w artykule, polegało na rozwiązaniu problemu nadmiarowej informacji, czyli układu równań liniowych nadokreślonych, przy wykorzystaniu obliczonej pseudoodwrotnej macierzy obserwacji. Analiz dokonywano na wskaźnikowej macierzy obserwacji obiektów sakralnych o wymiarach 6×3 , zawierającej nowe wskaźniki cząstkowe. Do najważniejszych wyników poznawczych uzyskanych w pracy zaliczam:

- Opracowanie nowych procedur obliczeniowych na trzy wskaźniki cząstkowe: pogłosowy W_R , brzmienia muzyki W_M , i zrozumiałości mowy W_S . Zastosowanie uproszczeń w obliczeniach wartości wymienionych wskaźników cząstkowych przyniosło efekt w postaci silniejszej niż dotychczas korelacji liniowej między wskaźnikami cząstkowymi. Współczynniki korelacji liniowej są z przedziału $0,92 \div 0,98$. Rezygnacja z uwzględnienia obecności publiczności w obiekcie we wzorze na wskaźnik pogłosowy W_R przyniosła korzyści w postaci: (i) uproszczenia obliczeń, (ii) zmniejszenia ryzyka popełnienia pewnego błędu przy obliczeniach uwzględniających publiczność oraz (iii) większą, w porównaniu poprzedniego wskaźnika (pokazanego w [A1]) rozpiętość wynikową. Przy użyciu nowego wskaźnika pogłosowego W_R , dla przypadku 6 badanych kościołów rzymsko-katolickich, wynosi ona od 0 (złe warunki pogłosowe, oznaczające, że wyznaczony uśredniony w pasmach oktawowych częstotliwości czas pogłosu odbiega od zalecanej dla danego obiektu wartości czasu pogłosu o 4,5 s) do 1 (bardzo dobre warunki pogłosowe, odpowiadające literaturowym wartościom preferowanym dla kościołów tego wyznania).
- Opracowanie nowych wzorów na wskaźniki globalne wybranych parametrów akustycznych obiektów sakralnych: W'_{SAP} i W_{SAP} . Za pomocą pierwszego z wymienionych możliwe jest wyznaczenie wartości wskaźników globalnych obiektów poddanych SVD, będących składnikami wskaźnikowej macierzy obserwacji \mathbf{A} . Jednoliczbowy wskaźnik W'_{SAP} jest funkcją uzyskanych z SVD macierzy \mathbf{A} lewego i prawego wektora szczególnego macierzy \mathbf{A}' , obliczonej z aproksymacji macierzy \mathbf{A} pierwszego rzędu. Drugi wskaźnik globalny W_{SAP} jest wskaźnikiem uniwersalnym. Oznacza to, że traktując wskaźnikową macierz obserwacji \mathbf{A} , o wymiarach 6×3 , jako wzorzec, można przy pomocy pokazanego w pracy wzoru na W_{SAP} obliczyć jednoliczbowe wskaźniki dowolnego kościoła rzymsko-katolickiego (nie wchodzącego w skład macierzy obserwacji \mathbf{A}). Wskaźnik W_{SAP} , będący ważoną sumą wskaźników cząstkowych W_R , W_M i W_S opracowano rozwiązując układ 6 równań liniowych z 3 niewiadomymi, jakimi były wagi. Nadokreślony układ równań, w którym ich liczba jest większa od niewiadomych, określa problem nadmiarowej informacji. Rozwiązanie problemu nadmiarowej informacji sprowadza się do rozwiązania układu równań w postaci $\mathbf{Ax}=\mathbf{b}$, gdzie \mathbf{x} jest szukanym wektorem rozwiązań (wektorem wag) a \mathbf{b} jest wektorem prawej strony równania (wektorem wskaźników globalnych W'_{SAP}). Znając rozkład SVD macierzy \mathbf{A} , można wyznaczyć rozwiązanie zadania jakim jest liniowe zadanie najmniejszych kwadratów. Na podstawie macierzy \mathbf{A}^+ (pseudoodwrotnej do \mathbf{A}) i wektora \mathbf{b} wyznacza się wektor $\mathbf{x}^*=\mathbf{A}^+\mathbf{b}$. Z porównania obliczonych wskaźników globalnych dla 6 kościołów rzymsko-katolickich W'_{SAP} i W_{SAP} wynika, że ich wartości są praktycznie jednakowe. Bardzo małe różnice w otrzymanych wartościach są rzędu $0,02 \div 0,03$.
- Uzyskanie, we wskaźnikowej analizie wybranych parametrów akustycznych obiektów sakralnych z użyciem jednoliczbowego wskaźnika globalnego, będącego funkcją 3-ch skorelowanych wskaźników cząstkowych, przeprowadzonej dla 6 kościołów rzymsko-katolickich, największej do tej pory rozpiętości liczbowej wskaźnika globalnego. Zabytkowy kościół drewniany, cieszący się opiniami dobrych właściwości akustycznych uzyskał

maksymalną wartość wskaźnika globalnego $W_{SAP}=1$, oznaczającą według założeń metody wskaźnikowej bardzo dobre właściwości akustyczne, a obiekt, który ma negatywne opinie wśród jego użytkowników, jakim jest nowoczesny kościół oparty na planie elipsy uzyskał wartość $W_{SAP}=0,2$, czyli bliską 0, oznaczającą złe właściwości akustyczne, nieodpowiednie do sprawowania swojej funkcji pod względem akustycznym.

Ad. [A4]. Celem badań było opracowanie wskaźnika globalnego oceny jakości akustycznej obiektu sakralnego w badaniach symulacyjnych adaptacji akustycznej kościoła. Jednoliczbowy wskaźnik globalny oceny wariantu symulacji W_{GS} , bazuje na czterech wskaźnikach cząstkowych: pogłosowym, zrozumiałości mowy, brzmienia muzyki oraz zaproponowanym w artykule, nowym – wskaźniku siły dźwięku. Liczbowy wskaźnik jakości akustycznej określa w przybliżony sposób, w jakim stopniu parametry akustyczne odbiegają od zalecanych wartości. Dokładniejsze informacje są określane przez wskaźniki cząstkowe. Obiektem badań było wnętrze kościoła św. Pawła Apostoła w Bochni, które nie cieszy się dobrymi opiniami pod względem jego akustyki wśród użytkowników, co potwierdzają przeprowadzone w ramach wcześniejszych badań analizy parametrów akustycznych wnętrza. Do najważniejszych wyników poznawczych uzyskanych w pracy zaliczam:

- Opracowanie modelu geometrycznego (w programie AutoCad), składającego się z 522 powierzchni oraz modelu akustycznego wnętrza kościoła (w programie CATT-Acoustic). Model akustyczny poddano kalibracji przy wykorzystaniu zbadanego w rzeczywistym obiekcie czasu pogłosu w funkcji częstotliwości.
- Otrzymanie na drodze symulacji wartości parametrów akustycznych badanego wnętrza, w szczególności takich jak: czas pogłosu RT, wskaźnik wyrazistości dla muzyki C_{80} , współczynnik zrozumiałości mowy RASTI, siła dźwięku G, (wraz z ich charakterystykami częstotliwościowymi) dla 17 wariantów symulacji, uwzględniających między innymi obecność publiczności oraz zaproponowane różne rodzaje materiałów pochłaniających dźwięk.
- Opracowanie wskaźnikowej macierzy obserwacji wariantów symulacji ***IOMSV*** (*Index Observation Matrix of Simulation Variants*), o wymiarach 17×4 , na podstawie wyznaczonych wskaźników cząstkowych oceny: pogłosowego, zrozumiałości mowy i brzmienia muzyki według procedur obliczeniowych pokazanych w [A3] oraz nowego wskaźnika siły dźwięku.
- Wykonanie dekompozycji macierzy ***IOMSV*** względem wartości szczególnych i poznanie udziałów procentowego wyjaśnienia informacji o niezależnych zmiennych przez kolejne składowe szczególne $\sigma_1 \div \sigma_4$, wynoszące odpowiednio 88, 7, 5 i 1% jak również opracowanie macierzy doskonale skorelowanych ze sobą nowych wskaźników ***PIOM*** (*Perfectly correlated Index Observation Matrix*). Macierz ***PIOM*** otrzymano wykorzystując aproksymację pierwszego rzędu przy użyciu pierwszej wartości szczególnej (największej spośród wszystkich otrzymanych) oraz pierwszego lewego i prawego wektora szczególnego. Wektor \mathbf{a}_1' zawiera wartości wskaźników globalnych W_{GS}' poszczególnych wariantów symulacji i odpowiada wejściowemu wskaźnikowi pogłosowemu, który jest najsilniej skorelowany z pozostałymi wskaźnikami cząstkowymi. Współczynnik korelacji liniowej pomiędzy wskaźnikami

pogłosowym a wektorem \mathbf{a}_l' wynosi 0.99, natomiast pomiędzy macierzami **IOMSV** i **PIOM**: 0.96.

- Opracowanie uniwersalnego wzoru na ocenę wariantów symulacji – wskaźnika globalnego W_{GS} . Mając wyznaczone, na podstawie wyników badań symulacyjnych uśrednione w pasmach oktaowych częstotliwości wartości 4 parametrów akustycznych: czasu pogłosu RT, wskaźnika wyrazistości dla muzyki C_{80} , współczynnika zrozumiałości mowy RASTI, i siły dźwięku G, można po obliczeniu wskaźników cząstkowych ocenić dowolny wariant symulacji parametrów akustycznych. Do wyznaczenia wag czterech wskaźników cząstkowych we wzorze na wskaźnik W_{GS} , został wykorzystany sposób rozwiązania problemu nadmiarowej informacji, opisanego w pracy [A3], w której wagi obliczono dla 3 wskaźników cząstkowych. Uniwersalny wzór na wskaźnik globalny W_{GS} jest prosty w użyciu i nie wymaga od projektanta, bądź osoby dokonującej oceny, znajomości techniki SVD.
- Wskazanie najkorzystniejszego wariantu symulacji (wariant nr 7) adaptacji akustycznej w postaci celulozowego tynku natryskowego K13, z uwzględnieniem ilości tego materiału i miejsca jego rozmieszczenia, co według badań symulacyjnych ma zapewnić preferowaną dla badanego obiektu wartość czasu pogłosu oraz płaski przebieg jego charakterystyki w funkcji częstotliwości.
- Zbadanie zakresu wartości wskaźnika globalnego od 0,2 – najgorsze parametry akustyczne znacznie odbiegające od preferowanych (wariant nr 1 bez adaptacji) do 0,9 – najlepsze parametry akustyczne zgodne z preferowanymi (warianty nr 7 i 10).
- Ustalenie, że uwzględnienie samej publiczności, bez wykonywania adaptacji akustycznej, (wariant nr 2 symulacji), niewiele poprawia parametry akustyczne wnętrza, prognozując $W_{GS}=0,5$, podobnie jak zastosowanie wariantów nr 13 i 15, z niewielką ilością materiału dźwiękochłonnego, dla których $W_{GS}=0,4\div 0,5$.
- Potwierdzenie, przy pomocy wskaźnika jednoliczbowego W_{GS} , wariantu 7 jako jednego z najlepszych pod względem akustycznym rozwiązania adaptacji akustycznej, prognozującego odpowiednie warunki pogłosowe do sprawowania liturgii, jednocześnie przy zapewnieniu dobrej zrozumiałości mowy i dobrej jakości brzmienia muzyki. Drugi dobry wariant symulacji (nr 10), o wskaźniku $W_{GS}=0,9$, nie uwzględnia obecności publiczności i wymaga zastosowania większej ilości materiału pochłaniającego.

Ad. [A5] Głównym celem badań pokazanych w pracy było sprawdzenie czy budowa jednoliczbowych wskaźników oceny jakości akustycznej obiektów z użyciem SVD może przynieść dobre rezultaty gdy wskaźnikowa macierz obserwacji poddawana rozkładowi względem wartości szczególnych zawiera nie tylko wskaźniki cząstkowe skorelowane ze sobą ale również i wskaźniki nieskorelowane. W pracy pokazano 2 opracowane sposoby syntezy wskaźników cząstkowych do jednoliczbowych wskaźników globalnych W_{GS} oraz W_{Gd} na przykładzie oceny grupy obiektów użyteczności publicznej – 6 kościołów rzymsko-katolickich.

Pierwszy, polegał na syntezie dwóch wskaźników nieskorelowanych, w wyniku czego globalny wskaźnik W_{GS} jest ważoną sumą wskaźników: (i) jednoliczbowego, tak zwanego wskaźnika lokalnego W_l , czyli wskaźnika wybranych parametrów akustycznych, skorelowanych ze sobą, pozyskanego

techniką SVD, opisaną w pracy [A3], oraz (ii) nieskorelowanego z innymi wskaźnika zakłóceń zewnętrznych W_{ZZ} . Trzy wskaźniki cząstkowe skorelowane ze sobą: pogłosowy W_P , brzmienia muzyki W_M i zrozumiałości mowy W_Z , obliczane były według aktualnych procedur, opisanych w [A3]. Synteza nieskorelowanych 2 wskaźników W_1 i W_{ZZ} odbyła się przy zaadaptowaniu metody statystycznej, stosowanej w ekonometrii, jaką była Wielowymiarowa Analiza Porównawcza (CMA – Comparative Multivariate Analysis). Wykorzystano współczynniki zmienności cech dla obliczenia mierników względnej wartości informacyjnej, które stanowią wagi ω_j zmiennych – wskaźników W_1 i W_{ZZ} .

Drugi sposób otrzymania globalnego wskaźnika jednoliczbowego oceny W_{Gd} był próbą zastosowania nowego podejścia w wykorzystaniu techniki SVD do budowy syntetycznego jednoliczbowego wskaźnika z dowolnych (skorelowanych i nieskorelowanych) wskaźników będących składnikami macierzy obserwacji o wymiarach 6×4 . Wskaźniki cząstkowe to W_P , W_M , W_Z i W_{ZZ} . W tym celu wykorzystano SVD do transformacji zmiennych zawartych we wskaźnikowej macierzy obserwacji w nowy zbiór składników zupełnie nieskorelowanych ze sobą. Wskaźnik globalny W_{Gd} , uzyskany z dekompozycji tej macierzy, jest dla i -tego badanego obiektu, ważoną sumą wektorów szczególnych uzyskanych z SVD: u_i i v_i . Udziały informacji o niezależnych cechach, otrzymane z wartości szczególnych σ_i , opisujących zmienność cech, zaproponowano do wykorzystania jako wagi tych cech. Otrzymane wartości ocen jednoliczbowych porównano ze sobą. Do najważniejszych wyników poznawczych uzyskanych w pracy zaliczam:

- Stwierdzenie, że wskaźnikowy opis właściwości akustycznych obiektów może odbywać się w sposób kompleksowy, przy użyciu jednej liczby. Globalny wskaźnik jednoliczbowy, będący miarą ogólną oceny, jest funkcją kilku wskaźników cząstkowych dostarczających dokładniejszych informacji o zjawisku. Przybliżona ocena globalna, związana jest z akustycznymi funkcjami i przeznaczeniem danego obiektu o określonym zakresie produkcji akustycznej. Ocena jednoliczbowa jest poprzedzona szeregiem badań doświadczalnych parametrów akustycznych, przeprowadzonych w obiektach rzeczywistych.
- Stwierdzenie, że konstrukcja syntetycznego wskaźnika jednoliczbowego nieskorelowanych wskaźników cząstkowych oceny może odbywać się metodami: statystyczną - CMA oraz SVD, co zostało zweryfikowane na wybranej grupie obiektów - kościołów rzymsko-katolickich. Ze względu na swoją specyfikę objekty te muszą pogodzić wymagania kompromisowe polegające na zapewnieniu dobrych warunków dla odsłuchu muzyki i mowy.
- Pokazanie, że otrzymane dwoma sposobami wartości wskaźników globalnych jednoliczbowych są bardzo zbliżone do siebie i dają jednakowe efekty, gdy chodzi o ranking jakości akustycznej obiektów. Ze względu na to, że wskaźnik globalny W_{Gd} , otrzymany na drodze dekorelacji SVD, jest silniej skorelowany z wyjściowymi wskaźnikami cząstkowymi (uśredniony współczynnik korelacji liniowej $r=0,9186$) niż wskaźnik W_{Gs} , otrzymany metodą statystyczną ($r=0,9082$), ocena dokonywana wskaźnikiem W_{Gd} wydaje się bardziej miarodajna.
- Przeprowadzenie analizy właściwości akustycznych 6 zbadanych kościołów rzymsko-katolickich przy użyciu wskaźników, i potwierdzenie zgodności ocen z dotychczasowymi przeprowadzonymi badaniami. Jednoliczbową oceną jakości akustycznej

dokonana z użyciem wskaźnika W_{Gd} oraz wskaźnikami cząstkowymi W_P , W_M , W_Z i W_{ZZ} wykazała, że najlepsze parametry akustyczne pod względem pogłosowym, zrozumiałości mowy, brzmienia muzyki jak również braku zakłóceń zewnętrznych ma zabytkowy kościół drewniany św. Sebastiana. Najgorszymi parametrami akustycznymi, poza poziomem zakłóceń zewnętrznych, cechuje się nowoczesny kościół, oparty na planie elipsy, św. Pawła. Wskaźnik globalny W_{Gd} dla tego kościoła, bazujący na 4 wskaźnikach cząstkowych, jest równy 0,4. Oceny przy użyciu jednoliczbowych wskaźników globalnych wykazały, że drugim kościołem o złych parametrach akustycznych, znacznie odbiegających od ich wartości preferowanych, jest kościół oo. Jezuitów. Nadmierna pogłosowość wnętrza wpływa na słabą zrozumiałość mowy i nie najlepszą jakość brzmienia muzyki. Trzy sposób badanych kościołów: Najświętszego Serca Pana Jezusa, oo. Reformatorów oraz św. Klemensa mają wskaźniki globalne o wartościach 0,6, co oznacza dość dobre warunki do pełnienia swojej funkcji pod względem akustycznym.

Ad. [A6]. W pracy przedstawiono wyniki badań i analiz właściwości akustycznych polskich kościołów rzymsko-katolickich metodami klasycznymi i najnowszą wersją metody wskaźnikowej. Praca stanowi kontynuację badań w zakresie udoskonalania metody wskaźnikowej oceny jakości akustycznej kościołów rzymsko-katolickich. Zaproponowana w artykule jednoliczbową oceną wskaźnikiem globalnym GAP jest wynikiem zastosowania dwóch technik SVD i CMA oraz operacji matematycznych na wskaźnikowej macierzy obserwacji o wymiarach 8×4 . Weryfikację zaproponowanego przybliżonego sposobu oceny właściwości akustycznych przeprowadzono na 8 kościołach rzymsko-katolickich badanych przez autorów. Są to obiekty o zróżnicowanej kubaturze, kształcie podłogi i wyposażeniu wnętrza. Do najważniejszych wyników poznawczych pokazanych w pracy zaliczam:

- Zbiornicze zestawienie analizy parametrów akustycznych 8 kościołów rzymsko-katolickich. Badania wykazały, że dobrymi parametrami akustycznymi cechują się obiekty o niewielkiej kubaturze (do 6400 m^3), a w szczególności obiekty zabytkowe drewniane. Wraz ze wzrostem kubatury kościołów parametry akustyczne ulegają pogorszeniu. Analiza parametrów akustycznych kościołów pozwoliła na stwierdzenie, że ich wartości czasu pogłosu dla częstotliwości 500 Hz są z zakresu 1,5÷9,7 s. Za wyjątkiem jednego kościoła pozostałe obiekty mają czas pogłosu przekraczający preferowane wartości. Poza zabytkowym kościołem drewnianym, zbadane kościoły wykazują odpowiednie warunki sprzyjające odsłuchowi muzyki symfonicznej. Żaden z badanych nie miał uśrednionego z pasm oktawowych częstotliwości 0,5; 1 i 2 kHz, wartości wskaźnika wyrazistości dla muzyki C_{80} odpowiedniego dla muzyki organowej. Badane kościoły charakteryzują się słabą zrozumiałością mowy. Współczynnik zrozumiałości mowy RASTI, za wyjątkiem zabytkowego kościoła drewnianego, w którym zrozumiałość jest dostateczna do dobrej, ma wartości $0,4 \pm 0,2$, co oznacza zrozumiałość mowy ubogą lub złą. Wyznaczone widma hałasu tła akustycznego wszystkich badanych kościołów są poniżej dopuszczalnych wartości określonych krzywą N35, co zapewnia dobre warunki do sprawowania liturgii.

- Wykazanie dużego podobieństwa wyników analiz i ocen właściwości akustycznych 8 kościołów rzymsko-katolickich metodami klasycznymi (przy użyciu parametrów akustycznych) oraz zaproponowaną wskaźnikową.
- Opracowanie uniwersalnego, prostego w użyciu wzoru na syntetyczny wskaźnik globalny, będący przybliżoną miarą ogólną i mogący służyć do orientacyjnego porównywania właściwości akustycznych kościołów rzymsko-katolickich. Wzór został opracowany przede wszystkim dla osób nie będących specjalistami w dziedzinie akustyki, ale chcących w obiektywny i miarodajny sposób poznać walory akustyczne danego kościoła. Do takich osób należą na przykład księża oraz uczestnicy nabożeństw liturgicznych. Uśredniony w częstotliwości i przestrzeni jednoliczbowy wskaźnik wydaje się być pomocnym i wygodnym narzędziem także i dla badaczy, chociażby ze względu na swoją prostotę w użyciu. Dokładniejszych informacji o właściwościach akustycznych dostarczają kolejne wskaźniki cząstkowe, składniki wskaźnika globalnego oceny, oparte na parametrach akustycznych i ogólnie przyjętych, zalecanych wartościach tych parametrów. Z analizy wartości wskaźników cząstkowych może wynikać czy badany kościół wykazuje cechy wnętrza zbliżone do sali koncertowej lub do audytorium, w którym dominuje przekaz słowny. Wskaźniki cząstkowe są źródłem informacji, który parametr akustyczny wymaga ewentualnej korekty. Pokazana w pracy ocena globalna bazuje na 4 parametrach, z których obliczane są wskaźniki: pogłosowy R , brzmienia muzyki M , zrozumiałości mowy S oraz zakłóceń zewnętrznych D . Traktując wskaźnikową macierz obserwacji (o wymiarach 8×4) jako wzorzec, przy pomocy otrzymanego wzoru na jednoliczbowy wskaźnik właściwości akustycznych kościołów rzymsko-katolickich, i wykonanych badań parametrów akustycznych wnętrza można ocenić dowolny kościół, spoza macierzy obserwacji. Zaproponowany wagowy wskaźnik globalny może być używany w prosty sposób w badaniach symulacyjnych i prognozowaniu zmian jakości akustycznej kościoła pod wpływem nowych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych przy adaptacji akustycznej czy też uwzględnienia zmiennego wypełnienia kościoła słuchaczami.
- Uzyskanie największej w dotychczasowych badaniach rozpiętości wartości wskaźnika globalnego GAP , będącego funkcją 4 wskaźników cząstkowych: od 0,2 (obiekt o złych właściwościach akustycznych, jakim jest kościół św. Pawła) do 1 (obiekt o bardzo dobrych właściwościach akustycznych, jakim jest zabytkowy kościół drewniany), zastosowanego do największej do tej pory ilości obiektów: 8 kościołów.
- Pokazanie nowej, przynoszącej najlepsze z dotychczasowych badań rezultaty, próby zastosowania rozkładu wskaźnikowej macierzy obserwacji względem wartości szczególnych do otrzymania jednoliczbowego wskaźnika RMS . Technika SVD została w niniejszej pracy wykorzystana do redukcji ilości skorelowanych wskaźników. W tym celu, jeden z otrzymanych w wyniku rozkładu macierzy obserwacji produktów, macierz V została użyta do transformacji liniowej standaryzowanych danych poprzez iloczyn macierzy A i V . Wykorzystując w powstałej w ten sposób macierzy B , o wymiarach 8×3 , zawierającej 3 nieskorelowane wektory kolumnowe b_i , znormalizowany do przedziału $\langle 0, 1 \rangle$ pierwszy, najbardziej znaczący wektor b_1 ,

otrzymuje się wektor jednoczłonowych wskaźników RMS. Wskaźnik RMS jest bardzo silnie skorelowany ze wskaźnikami cząstkowymi R, M i S natomiast nie jest skorelowany ze wskaźnikiem D. Badania współczynników korelacji liniowej wykazały wartości odpowiednio: 0,97; 0,98; 0,97 i 0,08. Otrzymane techniką SVD wartości wskaźników jednoczłonowych RMS wraz ze wskaźnikami D badanych kościołów, zostały użyte do obliczeń wag do wzoru na wskaźnik globalny GAP, przy użyciu metody CMA.

Ad. [A7] Celem kolejnego etapu badań nad udoskonaleniem wskaźnikowej metody oceny jakości akustycznej kościołów rzymsko-katolickich było opracowanie nowego wzoru na globalny wskaźnik jednoczłonowy rozbudowanego o kolejny nieskorelowany z pozostałymi wskaźnik cząstkowy przy wykorzystaniu większej niż dotychczas ilości zbadanych obiektów. Procedura obliczeniowa zaproponowanego wskaźnika globalnego GI, oparta była między innymi o wyniki uzyskane z rozkładu względem wartości szczególnych wskaźnikowej macierzy obserwacji o wymiarach 12×3 , zawierającej skorelowane wskaźniki cząstkowe: pogłosowy R, brzmienia muzyki M oraz zrozumiałości mowy S. Uzyskany wskaźnik jednoczłonowy wybranych parametrów akustycznych RMS wraz z dwoma nieskorelowanymi wskaźnikami: zakłóceń zewnętrznych D oraz siły dźwięku S_T są składnikami ważonej sumy definiującej wskaźnik globalny GI. Wagi nieskorelowanych wskaźników obliczono przy wykorzystaniu wielowymiarowej analizy porównawczej (CMA). Do najważniejszych wyników poznawczych pokazanych w pracy zaliczam:

- Opracowanie nowego podejścia, wykorzystującego technikę SVD do otrzymania wskaźnika jednoczłonowego RMS, zredukowanego z trzech skorelowanych innych wskaźników cząstkowych R, M i S, przy użyciu transformacji liniowej, wykonanej na większej niż dotychczas, 12 obiektowej macierzy obserwacji. Współczynniki korelacji liniowych pomiędzy wskaźnikiem zredukowanym RMS a trzema wskaźnikami cząstkowymi: R, M i S wynoszą odpowiednio: 0,982; 0,981 oraz 0,979. Analiza korelacji liniowej trzech wskaźników cząstkowych R, M i S, wykazała korelację bardzo silną. Współczynniki korelacji liniowych są równe: $R \leftrightarrow M$: 0,947; $R \leftrightarrow S$: 0,941; $M \leftrightarrow S$: 0,938. Wektor zawierający wskaźniki RMS dla 12 kościołów wyznaczono w sposób opisany w [A6]. Udziały procentowe wyjaśnienia informacji przez kolejne składowe szczególne, uzyskane z rozkładu SVD macierzy obserwacji o wymiarach 12×3 wyniosły: 78, 12 i 10%. Uznano, że wektory b_2 i b_3 , będące wektorami kolumnowymi macierzy $B=AV=U\Sigma$, można odrzucić, redukując w ten sposób liczbę wskaźników do jednego wektora b_1 , który po normalizacji do przedziału $\langle 0,1 \rangle$ stanowił wektor wskaźników zredukowanych RMS.
- Stwierdzenie, że wskaźnikowy opis właściwości akustycznych kościołów rzymsko-katolickich może odbywać się w sposób jednoczłonowy, również uwzględniając kolejny – piąty wskaźnik cząstkowy, związany z siłą dźwięku oraz opracowanie uniwersalnego wzoru na wskaźnik globalny GI. Wartości wag wskaźników nieskorelowanych ze sobą, otrzymane metodą statystyczną CMA na podstawie wyników badań przeprowadzonych w 12 kościołach, proponuje się do oceny dowolnych kościołów rzymsko-katolickich, które mają kubaturę z zakresu 1100 do 41000 m³. Ocena dowolnego kościoła musi być poprzedzona badaniami

parametrów akustycznych wnętrza takich jak: czas pogłosu RT , wskaźnik wyrazistości dla muzyki C_{80} , współczynnik zrozumiałości mowy RASTI, poziom zakłóceń zewnętrznych L_A oraz siła dźwięku G . Następnie obliczane są wskaźniki cząstkowe R , M , S , D i S_T . Trzy wskaźniki cząstkowe R , M i S należy umieścić jako kolejny wiersz we wskaźnikowej macierzy obserwacji pokazanej w pracy, następnie za pomocą pokazanej procedury i wykorzystaniu techniki SVD obliczyć nowy wskaźnik RMS badanego kościoła. Mając wartość wskaźnika RMS oraz obliczone wartości dwóch pozostałych wskaźników D i S_T oblicza się wskaźnik globalny GI badanego kościoła.

- Uzyskanie wskaźnikowej analizy porównawczej właściwości akustycznych 12 kościołów rzymsko-katolickich, w postaci oceny cząstkowej i przybliżonej globalnej, w której zarówno wskaźniki cząstkowe jak i globalny przyjmują wartości od 0 dla obiektów o złych właściwościach akustycznych do 1 dla obiektów właściwościami akustycznymi bardzo dobrymi odpowiadającymi preferowanym. Wskaźnik globalny GI przyjmuje wartości z najszerszego z dotychczasowych badań przedziału 0,1 do 1. Przeprowadzona analiza porównawcza 12 kościołów wskaźnikiem globalnym GI wykazała, że spośród badanych obiektów tylko jeden kościół - św. Sebastiana ($GI=1$) ma bardzo dobrą jakość akustyczną wnętrza. Dwa zabytkowe drewniane kościoły, mające wskaźnik $GI=0,8$ są bliskie takiej oceny. Najgorsze właściwości akustyczne, związane z najniższymi wartościami wskaźników GI mają kościoły św. Apostołów Piotra i Pawła ($GI=0,2$) oraz Sanktuarium Bożego Miłosierdzia ($GI=0,2$). Przeprowadzona analiza wskaźnikami cząstkowymi wykazała, że 3 zabytkowe kościoły drewniane mają bardzo dobre warunki pogłosowe ($R=1$), co sprzyja dobrej zrozumiałości mowy ($S \approx 0,5$), oraz dobremu brzmieniu muzyki ($M=1$). Najgorsze parametry akustyczne mają kościoły o dużej kubaturze. Ich wskaźniki pogłosowe są bliskie lub równe 0. Zrozumiałość mowy tych kościołów jest zła ($S < 0,3$). Tylko 5, spośród 12 badanych obiektów, ma odpowiednie warunki, sprzyjające niezakłóconej modlitwie lub medytacji ($D=1$). Dwa kościoły Sanktuarium Bożego Miłosierdzia i św. Apostołów Piotra i Pawła mają wskaźniki siły dźwięku $S_T=0$.

Podsumowanie

W niniejszych artykułach stanowiących jednotematyczny cykl wyznaczono doświadczalnie parametry akustyczne 12 obiektów użyteczności publicznej (8 obiektów zbadano po doktoracie), jakimi były kościoły rzymsko-katolickie. Na podstawie tych parametrów dokonano kompleksowej oceny właściwości akustycznych obiektów, stwierdzając aktualny stan i stopień, w jakim spełniają one swoje funkcje użytkowe pod względem akustycznym. Jednolita ocena jakości akustycznej możliwa jest przy wykorzystaniu opracowanego wzoru na jednoliczbowy globalny wskaźnik jakości akustycznej kościołów rzymsko-katolickich, będący przybliżoną miarą ogólną oceny i funkcją 5 wskaźników cząstkowych. Wskaźnik globalny opracowany został z wykorzystaniem narzędzia analitycznego, jakim był rozkład względem wartości szczególnych zastosowany na tak zwanej wskaźnikowej macierzy obserwacji obiektów. Uzyskane z SVD wartości i wektory szczególne były podstawą w opracowaniu formalizmu matematycznego w postaci wzoru na wskaźnik jednoliczbowy.

Zdaniem autora za najważniejsze oryginalne osiągnięcia naukowo-badawcze przedstawionego cyklu publikacji, wnoszące istotny wkład w dyscyplinę mechanika, można uznać:

- Pokazanie, na przykładzie obiektów sakralnych, jakimi były kościoły rzymsko-katolickie, że ocena właściwości akustycznych obiektów może być dokonana w sposób jednolity, przy użyciu jednej liczby. W badaniach procesów wibroakustycznych można stosować metody wskaźnikowe, a do oceny tych procesów mogą być w wybranych przypadkach stosowane wskaźniki jednoliczbowe. Należy dodatkowo podać, jakiemu celowi te wskaźniki oceny mają służyć i dla kogo wyniki tej oceny są przeznaczone. Wskaźnik określony jedną liczbą może służyć dla społeczeństwa, a w pewnych przypadkach dla polityków. Natomiast do celów badań naukowych wskaźniki opisane jedną liczbą, mogą w wielu przypadkach być niewystarczające.
- Wykazanie przydatności narzędzia analitycznego w postaci rozkładu względem wartości szczególnych (SVD) w budowie wskaźników jednoliczbowych oraz w analizie i ocenie jakości akustycznej wybranych obiektów, co pokazano na przykładzie kościołów rzymsko-katolickich. Technikę SVD można stosować do: (i) redukcji skorelowanych ze sobą wskaźników cząstkowych do wskaźnika jednoliczbowego, wykorzystując uzyskane z rozkładu składowe szczególne, wektory szczególne i transformację liniową oraz do (ii) syntezy wskaźników nieskorelowanych ze sobą, gdzie udziały informacji o niezależnych cechach, otrzymane z wartości szczególnych, opisujących zmienność cech, proponuje się wykorzystać jako wagi tych cech. Pomocniczym narzędziem w budowie wskaźników jednoliczbowych (globalnych) jest także metoda wielowymiarowej analizy porównawczej (CMA), która może mieć zastosowanie przy syntezie niezależnych cech (wskaźników).
- Wykazanie przydatności zastosowania rozkładu względem wartości szczególnych do rozwiązania problemów oceny jakości akustycznej obiektów przy niepełnej informacji o obiekcie oraz problemów doboru wag wskaźników cząstkowych przy nadmiarowej informacji, gdzie występuje nadokreślony układ równań liniowych.
- Ustalenie, w jakim stopniu jednoliczbowe wskaźniki globalne oceny jakości akustycznej wybranej grupy obiektów (kościół rzymsko-katolickich) są skorelowane z pierwotnymi symptomami otrzymanymi z badań akustycznych, czyli parametrami akustycznymi oraz z wyznaczonymi wskaźnikami cząstkowymi oceny.
- Implementację metody wskaźnikowej do oceny właściwości akustycznych 12 kościołów rzeczywistych oraz do analizy adaptacji akustycznej jednego kościoła. Badania symulacyjne, wraz z dodatkowym narzędziem w postaci zaproponowanych wskaźników, pozwalają na ocenę i kształtowanie właściwości akustycznych wnętrza obiektu odpowiednich do oczekiwań zarządzających obiektami, projektantów, użytkowników oraz dysponowanego budżetu, przeznaczonego na adaptację akustyczną.

Ponadto, istnieją możliwości wykorzystania uzyskanych wyników z prac naukowo-badawczych w:

- opracowaniu wytycznych projektowych odnośnie jakości akustycznej kościołów rzymsko-katolickich,
- opracowaniu (lub modyfikacji) wskaźnikowych metod oceny jakości akustycznych innych obiektów technicznych typu: maszyny, urządzenia, obiekty użyteczności publicznej (w tym sale szkolne), obiekty przemysłowe typu hale fabryczne, odkrywkowe kopalnie surowców skalnych itp.
- adaptacji akustycznej kościołów rzymsko-katolickich o wadliwej akustyce lub projektowaniu nowych obiektów, z wykorzystaniem symulacyjnych badań na modelu akustycznym kościoła,
- opracowaniu wibroakustycznych wskaźników rozwoju zrównoważonego, służących do monitorowania i aktualizacji strategii rozwoju.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze

5.1. Osiągnięcia przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

Początek mojej pracy naukowej miał miejsce jeszcze podczas trwania studiów w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, rozpoczętych w 1996 roku. Będąc studentem V roku zostałem asystentem stażystą i prowadziłem zajęcia dydaktyczne, jakimi były ćwiczenia audytoryjne z Mechaniki. Odbываяc staż byłem zaangażowany w prace naukowo-badawcze realizowane w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki. Brałem wówczas udział w projektach badawczych [G1,G2]^{*} związanych z zagadnieniami hałasów uderzeniowych w przemyśle i ich zwalczaniem na przykładzie pras oraz [G3] dotyczącego wysokoefektywnych i nowoczesnych metod ograniczenia energii wibroakustycznej w warunkach przemysłowych, w których będąc wykonawcą opracowywałem dokumentację techniczną zabezpieczeń przeciwhałasowych dla prasy mechanicznej.

Pracę magisterską pt. „Metody oceny akustycznej obiektów sakralnych”, której promotorem był Prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Engel obroniłem w 2001r. Celem pracy była analiza dotychczasowych metod oceny akustycznej obiektów sakralnych traktowanych jako audytorium do odsłuchu mowy i muzyki. Tuż po obronie pracy magisterskiej w 2001r. podjąłem studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH. Nadal, równolegle do prowadzonych badań z zakresu akustyki wewnątrz sakralnych [K1], [P6], kontynuowałem prace badawcze dotyczące hałasu przemysłowego. Były to badania i analizy związane z tematami: pras, których wyniki pracy zespołowej, dotyczące jednego z zabezpieczeń przeciwhałasowych, jakim były ruchome osłony dźwiękoizacyjne, wdrożone do rzeczywistej prasy zainstalowanej w laboratorium Katedry Mechaniki i Wibroakustyki AGH, wygłosiłem na konferencji naukowej [K10] i opublikowałem, jako współautor w czasopiśmie Bezpieczeństwo Pracy [P5]; transformatorów, będąc współautorem publikacji [P4] oraz zagadnień modelowania pola akustycznego w pomieszczeniach przemysłowych [K12].

W październiku 2003 roku rozpocząłem pracę w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki, Akademii Górniczo-Hutniczej jako asystent. Będąc pracownikiem na stanowisku asystenta prowadziłem zajęcia dydaktyczne – ćwiczenia audytoryjne z przedmiotów Mechanika oraz Podstawy informatyki dla

* Numeracja wszystkich cytowanych w autoreferacie prac jest zgodna z wykazem opublikowanych prac naukowych (załącznik 5).

studentów studiów dziennych wydziału IMiR AGH. Moje zainteresowanie problemami akustyki wewnątrz sakralnych spowodowało, że tematykę rozwijałem w ramach pracy doktorskiej. Brałem udział w badaniach akustycznych, realizowanych w ramach studenckich prac magisterskich dyplomowych pod kierunkiem Prof. Engela, lub w ramach prac własnych, polegających na wyznaczeniu parametrów akustycznych kilku kościołów rzymsko-katolickich. W latach 2003-2004 realizowałem grant promotorski pod kierunkiem Prof. Engela pt. „Zagadnienia akustyczne w obiektach sakralnych” [G4], którego efektem była moja rozprawa doktorska, publikacje naukowe oraz referaty na konferencjach. Celem rozprawy było opracowanie na podstawie badań metodami klasycznymi właściwości akustycznych obiektów sakralnych, jednolitej metody oceny akustycznej wewnątrz świątyń. W rozprawie dokonałem klasyfikacji obiektów sakralnych, przeprowadziłem przegląd metod klasycznych, adaptowanych do oceny akustycznej pomieszczeń sakralnych oraz dokonałem analizy tych metod, przeprowadziłem w wybranych kościołach badania parametrów akustycznych, mających wpływ na kształtowanie jakości akustycznej wewnątrz sakralnych, opracowałem metodę wskaźnikową oceny obiektów sakralnych, opartą na wyznaczeniu jednoliczbowego wskaźnika globalnego oceny, będącego funkcją 5 wskaźników cząstkowych. Weryfikację proponowanej metody przeprowadziłem na 4 wybranych obiektach, jakimi były kościoły rzymsko-katolickie. Wyniki przeprowadzonych badań i analiz zostały przedstawione na międzynarodowej konferencji Budownictwo Sakralne i Monumentalne [K2], oraz 3 konferencjach krajowych Otwartego Seminarium z Akustyki OSA [K11, K13, K14] oraz w 2 publikacjach w czasopiśmie z listy MNiSW [P7,P8]. Publiczna obrona mojej rozprawy doktorskiej pt. „Zagadnienia akustyczne w obiektach sakralnych” odbyła się 28 października 2004 roku i niedługo potem otrzymałem tytuł doktora nauk technicznych w dyscyplinie mechanika. Informacje dotyczące moich osiągnięć publikacyjnych przed uzyskaniem stopnia doktora zawarte są w rozdziale 6 autoreferatu (w tabeli z ilościowym zestawieniem zbiorczym dorobku) oraz w załączniku 5 (wykaz publikacji [P4÷P8], [K1,K2], [K10÷K14], oraz projektów badawczych [G1÷G4]).

5.2. Inne osiągnięcia po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

W marcu 2005 roku zostałem zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH. W okresie pracy naukowej na tym stanowisku moje inne zainteresowania naukowo-badawcze, nie dotyczące przedłożonego osiągnięcia naukowego, obejmowały następujące zagadnienia:

1. Problemy akustyki obiektów sakralnych.
2. Badania i analiza procesów wibroakustycznych w układach i obiektach technicznych.
3. Badania, ocena i kształtowanie klimatu akustycznego w odkrywkowych kopalniach surowców skalnych.

Ad. 1.

W wielu krajach kształtowanie warunków akustycznych wewnątrz sakralnych było przedmiotem badań naukowych, a projekty tych świątyń były na ogół poprzedzone szczegółową analizą, mającą na celu ocenę nowo projektowanego wnętrza pod względem jego walorów akustycznych. Analizy te zawierały wnioski dla projektantów, dotyczące ewentualnych adaptacji akustycznych wewnątrz tych obiektów, w celu uzyskania odpowiedniego klimatu akustycznego. Na podstawie przeprowadzonych badań kościołów w Polsce, głównie w ramach prac dyplomowych magisterskich, można stwierdzić, że

przy projektowaniu, budowaniu i modernizacji, nie przywiązywano należytej wagi do prawidłowego kształtowania ich właściwości akustycznych. Szczególnie problem dotyczy budowanych współcześnie w Polsce obiektów sakralnych. Pozostawianie spraw akustycznych wewnątrz inżynierom dźwięku, którzy instalując urządzenia nagłaśniające mają poprawić jakość brzmienia muzyki czy zrozumiałość mowy nie zawsze przynosi dobre efekty a może nawet doprowadzić do powstawania właściwości niezgodnych z oczekiwaniami wiernych (użytkowników) lub też do usterek ograniczających funkcjonowanie świątyni. Usterki takie bardzo często występują w obiektach sakralnych opartych na planie koła, elipsy lub spirali. Utrudnieniem dla projektantów obiektów sakralnych jest brak odpowiednich metod i sposobów, pozwalających na określenie warunków akustycznych istniejących w obiektach sakralnych. Do tej pory do oceny akustycznej takich obiektów stosowane są metody, które służą do oceny akustycznej sal typu koncertowe, teatralne i audytoria.

Wymagania akustyczne obiektów sakralnych można podzielić na dwie zasadnicze grupy: pierwszą, obejmującą sprawowanie obrzędów liturgicznych oraz drugą związaną z działalnością kulturalną prowadzoną we wnętrzach obiektów kultu religijnego, nie zawsze pozostającą w ścisłym związku z religią, której obrzędy odprawiane są w danym kościele. Pierwszą grupę pożądanych właściwości stanowią: dobra zrozumiałość mowy celebrującego kapłana, dobre warunki odsłuchu muzyki (w tym organowej, w obiektach, w których są organy), śpiewów wiernych i chóru, możliwość niezakłóconej modlitwy. Do drugiej grupy zaliczyć należy: wymagania dotyczące odsłuchu mowy i muzyki: odpowiednio niski poziom zakłóceń zewnętrznych, dobra zrozumiałość tekstu słownego, równomierność nagłośnienia oraz walory brzmieniowe. Dobrze zaprojektowany pod względem akustycznym obiekt sakralny powinien spełniać wszystkie wymagania dotyczące audytoriów oraz wymagania właściwe funkcjom liturgicznym danego wyznania. Niestety, wymienione wymagania akustyczne w odniesieniu do wnętrz sakralnych są często przeciwstawne. Trudno jest zaprojektować wnętrze, które będzie miało jednocześnie dobry odsłuch muzyki, wymagający dłuższego czasu pogłosu przy jednoczesnym zapewnieniu dobrej zrozumiałości mowy, która wymaga krótkiego czasu pogłosu. Stąd akustyczne projektowanie obiektów sakralnych polega na harmonijnym rozwiązywaniu wielu zagadnień wpływających na jakość samego obiektu, jak również jego wnętrza, w zgodzie z najważniejszym czynnikiem zamierzonym przez architekta czyli sacrum.

Przedstawione skrótowo problemy skłoniły badaczy do opracowania monografii [M1], w której zawarte zostały podstawy akustyki obiektów sakralnych. W monografii obok zagadnień podstawowych z akustyki, zawarta jest klasyfikacja obiektów sakralnych z punktu widzenia akustyki, podane są opisy klasycznych metod ocen akustycznych świątyń. Opisana jest metodyka pomiarów parametrów wielkości akustycznych w obiektach sakralnych. Podane są przykłady oceny akustycznej wielu obiektów sakralnych polskich i zagranicznych. Autorzy proponują również do stosowania wskaźnikową metodę oceny jakości akustycznej. Monografia zawiera rozdziały poświęcone: materiałom i ustrojom akustycznym oraz wytycznym dla projektantów. Uzupełnienie stanowią zagadnienia korekcji klimatu akustycznego w istniejących świątyniach, zagadnienia nagłośnienia obiektów sakralnych oraz podstawowe określenia dotyczące dzwonów. Praca [M1] jest przeznaczona dla wszystkich zajmujących się projektowaniem i eksploatacją obiektów sakralnych. Może znaleźć wykorzystanie zarówno przez księży, projektantów jak i studentów zainteresowanych zagadnieniami akustyki wnętrza.

Wybrane zagadnienia akustyki wewnątrz sakralnych, poruszone w pracy doktorskiej, były przede mną nadal rozwijane a wyniki badań referowane na 4 międzynarodowych konferencjach naukowych [K3, K4, K5, K8] i opublikowane w materiałach konferencyjnych oraz w czasopiśmie naukowych [P1, P10, P11, P12].

W pracy [P1] przedstawiono procedurę obliczeniową opracowanej wskaźnikowej metody oceny akustycznej obiektów sakralnych typu kościoły rzymsko-katolickie, protestanckie i synagogi. Zaproponowana metoda wskaźnikowa powstała na podstawie analiz metod klasycznych stosowanych do oceny sal koncertowych, operowych i audytoriów. Jednoliczbowy globalny wskaźnik jakości akustycznej obiektów sakralnych W_{AQS} jest przybliżoną miarą ogólną oceny, natomiast dokładniejszych informacji o najbardziej istotnych dla tego typu wewnątrz parametrach akustycznych, w odniesieniu do wartości preferowanych tych parametrów, dostarczają wskaźniki cząstkowe. Opracowanych zostało 5 wskaźników cząstkowych: wskaźnik pogłosowy W_r , zrozumiałości mowy W_{is} , zakłóceń zewnętrznych W_{ed} , równomierności nagłośnienia W_{ul} , brzmienia muzyki W_m . W artykule przedstawiono opracowane nomogramy i wzory potrzebne do wyznaczenia wartości wskaźników oceny jakości akustycznej oraz podano założenia zaproponowanej metody wskaźnikowej. Weryfikację metody pokazano dokonując oceny jakości akustycznej 4 kościołów rzymsko-katolickich, poprzedzonej badaniami parametrów akustycznych, uzyskanych z wyznaczonych odpowiedzi impulsowych wewnątrz.

Wyniki przedstawione w pracy [P1] zostały wykorzystane przez António P.O. Carvalho i Pedro M.A. Silva² do oceny jakości akustycznej metodą wskaźnikową kościoła Świętej Trójcy w Sanktuarium w Fatimie . Nowoczesny obiekt będąc jednym z największych kościołów chrześcijańskich (kubatura: 130 000 m³, 9000 miejsc siedzących) należy do nielicznych, mających wewnątrz o bardzo dobrych właściwościach akustycznych pod względem występującej w nim zarówno słownej jak i muzycznej produkcji akustycznej. Ocena bardzo dobrej jakości akustycznej uzyskana metodą wskaźnikową potwierdziła tę opinię jak i wartości parametrów akustycznych założone przez projektantów budowli.

Wyniki badań polskich kościołów rzymsko-katolickich metodami klasycznymi (według Beranka, Ando i metodą impulsową) pokazano w pracy [P10]. Badania właściwości akustycznych obiektów sakralnych, różnymi metodami (klasycznymi, adaptowanymi do obiektów sakralnych, oraz metodą wskaźnikową) wraz z porównaniem otrzymanych wyników zaprezentowano w pracach [K3, K4, P11]. Przeprowadzone różnymi metodami badania wykazały, że najlepszymi spośród badanych warunkami akustycznymi sprzyjającymi szerokiemu zakresowi produkcji akustycznej, jaki ma miejsce w kościołach rzymsko-katolickich, wyróżnia się zabytkowy kościół drewniany Św. Sebastiana w Strzelcach Wielkich, a najgorszymi współczesne obiekty oparte na planach elipsy – kościół św. Pawła Apostoła w Bochni, i spirali – kościół św. Jana Kantego w Krakowie. Należy podkreślić, że oceny metodami klasycznymi w pojedynczym zastosowaniu są często niekompletne i muszą być uzupełniane. Nie ujmują one w wystarczającym stopniu specyfiki wewnątrz sakralnych. Ocena metodą wskaźnikową natomiast pozwala jednoznacznie określić właściwości akustyczne obiektu sakralnego.

² A.P.O. Carvalho, P.M.A. Silva, *Sound, Noise and Speech at the 9000-Seat Holy Trinity Church in Fatima, Portugal*. Archives of Acoustics, 35, 2, 2010, 145-156.

Niezadowolająca jakość akustyczna jednego z badanych obiektów, kościoła rzymsko-katolickiego Św. Pawła Apostoła w Bochni, skłoniła badaczy do podjęcia próby predykcji parametrów akustycznych po wykonaniu ewentualnej adaptacji akustycznej. W tym celu przeprowadzono szereg badań symulacyjnych na opracowanym modelu akustycznym badanego kościoła. Wyniki tych badań omówiono na konferencji [K8] i przedstawiono w pracy [P12]. Z przeprowadzonych w kościele badań akustycznych wynika, że wewnątrz charakteryzuje się nadmierną pogłosowością. Zmierzona uśredniona wartość czasu pogłosu ($T_{30}=8s$) kilkakrotnie przekracza wartość preferowaną ($T_{30pref}=2s$), co wpływa na słabą zrozumiałość mowy oraz niezadowolające walory brzmienia muzyki. Na podstawie wykonanych pomiarów akustycznych wewnątrz kościoła oraz wielowariantowych symulacji komputerowych zaproponowano adaptację akustyczną, która może rozwiązać ten problem przy jednoczesnym zachowaniu formy architektonicznej obiektu. Obliczenia symulacji komputerowej wykazały, że uwzględnienie obecności publiczności tylko w niewielkim stopniu wpływa na poprawę parametrów akustycznych. Pozytywne rezultaty dała adaptacja akustyczna w postaci natryskowych tynków celulozowych, którymi należałoby pokryć odpowiednio określone powierzchnie ścian tylnych oraz sufit schodkowy obiektu. Uzyskano charakterystykę czasu pogłosu w funkcji częstotliwości zgodną z zaleceniami literatury. Znacznej poprawie uległy parametry dotyczące zrozumiałości mowy ($RASTI_{przed}=0,23$; $RASTI_{po}=0,51$) oraz jakości brzmienia muzyki ($C_{80-przed}=-6dB$, $C_{80-po}=1,02$ dB). Pokazane rozwiązanie będzie miało pozytywny wpływ na działanie instalacji nagłośnieniowej, która w obiekcie bez adaptacji akustycznej nie spełnia prawidłowo swojej funkcji. Badania mogą być wykorzystane do celów praktycznych, jakim jest poprawa jakości akustycznej obiektu.

Badacze prognozują dalsze badania dotyczące analizy właściwości akustycznych obiektów sakralnych w kierunku zastosowania metody inwersji oraz zastosowania jednego z najbardziej rozpowszechnionych rozkładów w numerycznej algebrze liniowej, mianowicie rozkładu względem wartości szczególnych (Singular Value Decomposition), co stanowi przedmiot osiągnięcia naukowego przedstawianego do oceny.

Możliwość zastosowania metody inwersji w analizie akustycznej obiektów sakralnych, omówiona w [K5], polega na wyznaczeniu wartości poszczególnych wskaźników cząstkowych, przy znanej (lub założonej) wartości wskaźnika globalnego jakości akustycznej obiektu sakralnego. Do rozwiązania tego problemu wykorzystać można badania symulacyjne przeprowadzone na modelu akustycznym obiektu. Parametry modelu takie jak geometria wnętrza, materiały wykończeniowe, rozmieszczenie odbiorników i źródeł dźwięku, wymiary powierzchni pochłaniającej, odpowiadającej obecności publiczności mogą być zmieniane w sposób bezkosztowy. Parametry akustyczne badanego obiektu, z których obliczane są wartości wskaźników cząstkowych i w rezultacie wartość wskaźnika globalnego otrzymuje się w wyniku przeprowadzonych symulacji. Tego typu badania mogą mieć wykorzystanie w przyszłości przy projektowaniu nowych obiektów sakralnych lub adaptacji akustycznej świątyń o złej jakości akustycznej.

Ad. 2.

Przez procesy wibroakustyczne rozumie się wszelkie zjawiska drganiowe i akustyczne zachodzące w przyrodzie, technice, maszynach i urządzeniach. Zachodzą one więc w środowisku

naturalnym oraz w środowisku życia i wypoczynku człowieka. Z pojęciem procesów wibroakustycznych związana jest wibroakustyka, a więc dziedzina nauki zajmująca się wszelkimi problemami drganiowymi i akustycznymi zachodzącymi w przyrodzie, technice, maszynach, urządzeniach, środkach transportu i komunikacji, a więc w szeroko pojętym środowisku. Wibroakustyka zajmuje się więc procesami wibroakustycznymi, czyli wszelkimi przebiegami drganiowymi i akustycznymi powiązаныmi ze sobą przyczynowo. Do zagadnień wibroakustycznych można podchodzić z różnych punktów widzenia. Z jednej strony procesy wibroakustyczne są szkodliwe, mają ujemny wpływ na organizm człowieka i inne żywe istoty, powodują zakłócenia w prawidłowym działaniu maszyn i urządzeń, zmniejszając ich trwałość i niezawodność, ujemnie wpływają na konstrukcje i budowle (drgania i hałasy). Zadaniem konstruktorów i projektantów jest ograniczenie lub wyeliminowanie źródeł energii wibroakustycznej. Z drugiej strony procesy wibroakustyczne są czynnikiem pożytecznym, celowo wprowadzanym do realizacji określonego procesu technologicznego. Przykładem są maszyny i urządzenia wibracyjne takie jak: wibracyjne urządzenia transportowe, przesiewacze wibracyjne, oczyszczarki ultradźwiękowe. Również celowo wprowadzane jest odpowiednie nagłaśnianie pomieszczeń, sal koncertowych, kościołów itp.

Badania prowadzone w ośrodkach naukowych całego świata związane są z coraz nowszymi metodami służącymi do analizy procesów wibroakustycznych. Do badań i oceny procesów wibroakustycznych zachodzących w maszynach, urządzeniach, w halach fabrycznych i innych obiektach stosowane są metody oparte na zasadzie wzajemności, metody inwersyjne oraz dla oceny jakości akustycznych wskaźniki. Opracowana w Polsce wibroakustyczna zasada wzajemności, metody inwersyjne, a także wprowadzone wskaźniki oceny służą nie tylko do oceny akustycznej maszyn i obiektów, lecz również do identyfikacji źródeł energii wibroakustycznej, co jest związane z obniżeniem wibroaktywności źródeł oraz wykorzystaniem dla celów diagnostyki wibroakustycznej.

Badania i analizy procesów wibroakustycznych były prowadzone przez badaczy w ramach realizacji projektu badawczego [G5] pt. „Współczesne metody badań procesów wibroakustycznych w układach i obiektach technicznych – analiza porównawcza”. W ramach realizacji projektu wykonano szereg badań dotyczących zastosowania metod wzajemnościowych i inwersyjnych w analizie procesów wibroakustycznych. Badań dokonano na bazie wcześniejszych prac autorów wykonywanych w Akademii Górniczo-Hutniczej dotyczących zastosowania metod inwersyjnych i wzajemnościowych w wibroakustyce. Praca obejmuje zarówno analizę teoretyczną, badania w warunkach laboratoryjnych jak również w rzeczywistych warunkach technicznych. Zostały opracowane metody, które mogą być stosowane przy analizie wibroakustycznej maszyn i urządzeń. Szczególnie cenne jest pokazanie zastosowania metod inwersyjnych w rzeczywistych warunkach przemysłowych. Na podstawie przeprowadzonej analizy porównawczej metod wzajemnościowych i inwersyjnych pokazano obszary stosowalności tych metod. Opisane i opracowane metody mogą służyć dla różnych celów między innymi do identyfikacji źródeł energii wibroakustycznej, dla celów diagnostyki a także do badań obiektów budowlanych np. obiektów sakralnych. W wyniku realizacji projektu badawczego powstała monografia pt. "Procesy wibroakustyczne-źródła, badania, analiza" [M2].

Mimo wielu istniejących publikacji związanych z szeroko pojętą wibroakustyką, mało jest prac poświęconych samym procesom wibroakustycznym zachodzącym w środowisku życia, pracy

i wypoczynku człowieka. W monografii [M2], która ma w pewnym sensie wypełnić istniejącą lukę, zwrócono szczególną uwagę na metody badań procesów wibroakustycznych. Omówione zostały przede wszystkim metody rozwinięte przez Prof. Zbigniewa Engela i jego współpracowników, a w szczególności metody wzajemnościowe i inwersji. Oprócz tych metod w pracy przedstawiono metody: natężeniowe, statystycznej analizy energii, elementów skończonych, elementów brzegowych, analizy falkowej oraz rozkładu względem wartości szczególnych SVD. W poszczególnych rozdziałach monografii zawarte jest także omówienie problemów dotyczących źródeł energii wibroakustycznej oraz identyfikacji tych źródeł, przenoszenia i transformacji energii wibroakustycznej, modelowania i syntezy w wibroakustyce. Monografię kończy rozdział opisujący zastosowania i porównanie metod wzajemności i inwersji, które są związane ze sobą. Przeprowadzonych zostało wiele badań tych samych maszyn i urządzeń z zastosowaniem różnych metod. Jedno z badań, opisane w monografii, dotyczyło określenia parametrów akustycznych prasy mechanicznej przy wykorzystaniu metody wzajemności, oraz porównania wyników obliczeń całkowitej mocy akustycznej prasy mechanicznej metodą inwersji, wzajemności i orientacyjnej *in-situ* dla tego samego trybu prasy. Stosując wibroakustyczną zasadę wzajemności, podstawowym problemem jest dyskretyzacja badanej powierzchni emitującej energię akustyczną, a przede wszystkim ilość punktów (elementarnych powierzchni), które traktuje się, jako monopolowe źródła dźwięku. Do chwili obecnej nie opracowano odpowiednich kryteriów dotyczących dyskretyzacji powierzchni, szczególnie dla przypadków, gdy struktury mają niejednorodne sztywności a masy rozłożone są w sposób przypadkowy. Zastosowanie metod inwersyjnych ma związek z odtwarzaniem rozwiązań za pomocą pewnych funkcjonałów określanych na zbiorach rozwiązań lub odtwarzaniem operatorów opisujących zadania. Zadania inwersji tworzą klasę zagadnień trudnych, gdyż związane jest to z rozwiązywaniem zadań niepoprawnie sformułowanych w sensie Hadamarda, do których rozwiązania stosuje się różnego rodzaju regularyzacje, między innymi regularyzację Tichonowa. Istotnym zagadnieniem jest wybór parametrów regularyzacji, związanych z badaniami konkretnych układów technicznych.

Ad. 3.

Odkrywkowe kopalnie surowców skalnych należą do obiektów uciążliwych dla środowiska. Ich eksploatacja powoduje poważne zagrożenia wibroakustyczne zarówno dla środowiska zewnętrznego, jak również na stanowiskach pracy w tych kopalniach. W wielu przypadkach tego typu zakłady przemysłowe zlokalizowane są w pobliżu osiedli mieszkalnych, a także w pobliżu rezerwatów przyrody, co powoduje, że ich działalność wpływa ujemnie na stan środowiska przyrodniczego. Swoje prace naukowo-badawcze z tematu kopalni odkrywkowych mogę podzielić na trzy nurty takie jak: (i) badania źródeł zagrożeń wibroakustycznych, (ii) klimat akustyczny odkrywkowych kopalni surowców skalnych a rozwój zrównoważony, (iii) koncepcje zabezpieczeń przeciwhałasowych.

- **Badania źródeł zagrożeń wibroakustycznych**

Źródła zagrożeń wibroakustycznych w kopalniach odkrywkowych surowców skalnych można podzielić na 2 grupy. Pierwszą stanowią maszyny i urządzenia, biorące udział w realizacji procesu technologicznego, będące źródłami hałasu ciągłego. Drugą grupę stanowią wykonywane prace strzelnicze, z wykorzystaniem materiałów wybuchowych w celu pozyskania surowca, które są źródłami

hałasu impulsowego (krótkotrwałego). Z przeprowadzonych wielu badań akustycznych maszyn i urządzeń pracujących w kopalniach odkrywkowych, opisanych szczegółowo w pracy [K15], wynika, że w chwili obecnej zagrożenie hałasem w wielu przypadkach jest duże, gdyż w zakładach tego typu pracują maszyny i urządzenia stare, bez odpowiednich zabezpieczeń przeciwhałasowych. Badania akustyczne maszyn i urządzeń pracujących w odkrywkowej kopalni andezytu zostały przedstawione na konferencji [K7], a następnie opublikowane w pracy [P2]. W wyniku pomiarów przeprowadzonych w rzeczywistych warunkach przemysłowych wyznaczono poziomy ciśnienia akustycznego a następnie poziomy mocy akustycznych maszyn takich jak: kruszarki, przesiewacze, przenośniki taśmowe, silosy załadownicze. Badania wykazały wysokie poziomy hałasu w wielu przypadkach przekraczające dopuszczalne wartości. Mają one niekorzystny wpływ na klimat akustyczny panujący na terenie kopalni, ale przede wszystkim stanowią bezpośrednie zagrożenie dla pracowników obsługi tych maszyn.

Problem oceny ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas na wybranych stanowiskach pracy w kopalniach odkrywkowych podjęto w pracy [P9]. Ocenę ryzyka przeprowadzono dla stanowisk pracy usytuowanych przy najbardziej hałaśliwych urządzeniach jakimi są kruszarki. Na podstawie oceny ryzyka zawodowego w trójstopniowej skali, ryzyko ocenia się jako duże. Tylko w jednej kopalni (na 3 badane) ryzyko pracy przy kruszarce jest średnie.

Badania poziomów hałasu impulsowego, pochodzącego od prac strzałowych, zostały przedstawione w pracy [K16]. Pracom strzałowym towarzyszą wysokie poziomy ciśnienia akustycznego. Dla strzelania ścianowego są to poziomy rzędu 80÷100 dB, natomiast dla rozszczepkowego 90–130 dB. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów akustycznych, wyznaczono wartości poziomów ekspozycyjnych L_{AE} dla zjawiska odstrzałów, które największe, rzędu 110÷130 dB, były w miejscu eksplozji, natomiast również wysokie ($L_{AE}=100$ dB) były na terenie zakładu, co stanowi zagrożenie dla pracowników zakładu. W obszarach najbliższych zabudów mieszkaniowych, znajdujących się w odległości 1 km i 2 km od zakładu, poziom L_{AE} wynosi 70÷80 dB. Z analizy widma tego źródła hałasu krótkotrwałego wynika, że dominują przy tym zjawisku składowe niskoczęstotliwościowe, które oprócz zagrożeń dla okolicznych mieszkańców, wpływają szkodliwie na budynki i obiekty znajdujące się na terenie górniczym, jak i terenach zamieszkałych.

Kontynuacją wieloletnich prac badawczych wykonywanych w kopalniach odkrywkowych andezytu, dolomitu i gipsu, opisanych w pracy [K17], były badania przeprowadzone w kopalni wapienia, opublikowane w pracy [K26]. Obiektami badań wibroakustycznych były źródła hałasu ciągłego, jakie stanowiły maszyny do przeróbki kamienia wapiennego na kruszywo różnych frakcji. W wyniku badań zarejestrowano poziomy hałasu w kabinach ładowarek i koparki, przyspieszenia drgań i poziomy hałasu na pokładzie kruszarki mobilnej, poziomy hałasu przy kruszarce i przesiewaczu (maszyn mobilnych). Wyznaczono poziomy mocy akustycznych wybranych maszyn oraz dokonano oceny zagrożenia hałasem i drganiami operatorów maszyn górniczych. Badania wykazały, że najbardziej narażony na hałas jest pracownik obsługi kruszarki mobilnej, która wymaga opracowania i wdrożenia odpowiednich zabezpieczeń przeciwhałasowych.

Zagrożenia wibroakustyczne powodowane eksploatacją surowców skalnych to jest zagadnieniem ważnym, gdyż w Polsce działa ponad 3300 zakładów górnictwa tzn. kopalni pospolitych. W większości

przypadków są to zakłady małe, ale w wielu przypadkach zlokalizowane blisko osiedli mieszkalnych. Zagrożenia wibroakustyczne zależą od miejsca i lokalizacji, realizowanych procesów technologicznych, eksploatowanych maszyn i urządzeń, rodzaju wydobywanych surowców itp.

- **Klimat akustyczny odkrywkowych kopalni surowców skalnych a rozwój zrównoważony**

Z analizą procesów wibroakustycznych, zachodzących w środowisku życia i pracy człowieka, coraz częściej związane są problemy rozwoju zrównoważonego^{3,4,5}. Wprowadzić można wskaźniki wibroakustyczne występujące w środowisku pracy, które z jednej strony określać będą stan zagrożenia wibroakustycznego, a z drugiej – jego przyczyny, a ponadto będą pokazywać efektywne środki zmniejszenia zagrożenia i poprawy stanu, reprezentowanego jako klimat akustyczny⁶. Wskaźniki wibroakustyczne mają na celu wykrywanie i ewidencję obszarów zanieczyszczonych hałasem, co oznacza, że mają określić klimat akustyczny środowiska naturalnego i pracy człowieka.

Badania i opracowanie metody oceny klimatu akustycznego w odkrywkowych kopalniach surowców skalnych było jednym z zadań zrealizowanych w ramach projektu badawczego [G6] pt. „Kształtowanie klimatu akustycznego w odkrywkowych kopalniach surowców skalnych jako element rozwoju zrównoważonego”, koordynowanego w latach 2010-2013 przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy. Procedura obliczeniowa wskaźnikowej oceny zagrożenia hałasem środowiska pracy w odkrywkowych kopalniach surowców skalnych została przedstawiona w pracy [K28] i była poprzedzona badaniami pokazanymi w [K24]. Klimat akustyczny odkrywkowej kopalni surowców skalnych jest zależny od szeregu czynników, wśród których głównymi są parametry akustyczne maszyn i urządzeń pracujących w otwartej przestrzeni, ich liczba i sposób zainstalowania. W odkrywkowej kopalni surowców skalnych może znajdować się wiele stanowisk pracy, które w całości tworzą określony klimat akustyczny danej kopalni. Do oceny jakości tego klimatu można wprowadzić wskaźnik globalny, będący przybliżoną miarą ogólną oraz funkcją kilku wskaźników cząstkowych oceny. Opracowano cztery wskaźniki cząstkowe: wskaźnik zagrożenia hałasem na stanowisku pracy W_{HS} , wskaźnik hałasu impulsowego W_{HI} , wskaźnik hałasu ciągłego W_{HC} i wskaźnik mocy akustycznej W_{MA} [K28]. Wskaźniki te, będące składnikami jednoczynnikowego wskaźnika globalnego W_{GKO} , pozwalają na oszacowanie jakości klimatu akustycznego badanej kopalni uwzględniając człowieka (W_{HS}), maszynę (wskaźnik W_{MA}) oraz ogólne warunki akustyczne w odkrywkowej kopalni surowców skalnych (W_{HC} i W_{HI}). Zaproponowany, na podstawie dotychczasowych badań i analiz, wskaźnik globalny W_{GKO} , który przyjmuje podobnie jak wskaźniki

³ Rozwój zrównoważony zdefiniowany jest jako rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspakajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego jak i przyszłych pokoleń. Koncepcja zrównoważonego rozwoju opiera się na tworzeniu zbioru wskaźników, dzięki którym możliwe jest monitorowanie i aktualizacja strategii rozwoju. Taka idea nabiera w dzisiejszych czasach coraz większego znaczenia w różnych dziedzinach nauki, techniki i życia.

⁴ Z. Engel, W.M. Zawieska, *Noise Control at Workplace as an Element of Sustainable Development*. Proc. ICSV18, Rio de Janeiro, 2011.

⁵ A. Wawrzeńczyk-Zdżyłowska, W.M. Zawieska, *Problemy zrównoważonego rozwoju w analizie wibroakustycznej środowiska pracy*. Bezpieczeństwo Pracy, 12, 10-13, 2011.

⁶ Klimat akustyczny środowiska pracy może być zdefiniowany, jako zespół zjawisk akustycznych zachodzących w tym środowisku, wywołanych źródłami hałasu i drgań, i określony za pomocą odpowiednich parametrów akustycznych (wskaźników cząstkowych), wyrażeniami w funkcji czasu, częstotliwości, przestrzeni itp.

cząstkowe wartości z przedziału od 0 (bardzo dobry klimat akustyczny) do 1 (zła jakość klimatu akustycznego, szkodliwe oddziaływanie hałasu na załogę kopalni), jest obliczany ze wzoru (10) w pracy [K28] i uwzględnia między innymi ilość stanowisk pracy oraz ilość maszyn pracujących w kopalni. Weryfikację zaproponowanej metody wskaźnikowej, przeprowadzono, w ramach projektu badawczego [G6], na 1 kopalni odkrywkowej andezytu. Analizując klimat akustyczny przy użyciu wskaźników stwierdzono, że obliczony wskaźnik globalny wynosi 0,2, co oznacza bardzo dobry klimat akustyczny. Badania przeprowadzone w ramach realizacji projektu badawczego, wykazały między innymi, że wskazana jest kontynuacja badań klimatu akustycznego dla większej ilości odkrywkowych kopalń surowców skalnych, oraz uwzględnienia wpływu problemów hałasowych i zagrożeń wibroakustycznych nie tylko na środowisko pracy, ale również na środowisko zewnętrzne. Badania i analizy zagrożeń wibroakustycznych w odkrywkowych kopalniach są przeze mnie nadal kontynuowane.

- **Koncepcje zabezpieczeń przeciwhałasowych**

W wyniku wieloletnich prac badawczych przeprowadzonych w odkrywkowych kopalniach surowców skalnych takich jak andezyt, dolomit, wapienie, stwierdzono, że w mniejszych kopalniach największym zagrożeniem ze względu na hałas dla pracowników są kruszarki mobilne. Równoważny poziom dźwięku A, L_{Aeq} , zazwyczaj przekracza na stanowisku pracy dopuszczalną wartość wynoszącą 85 dB. Zarejestrowany przy kruszarce podczas operacji kruszenia w kopalni wapienia, poziom L_{Aeq} wynosił 104 dB [K9]. Jednym z zadań zrealizowanych w ramach projektu badawczego [G6] było opracowanie koncepcji zabezpieczeń przeciwhałasowych dla tego typu maszyn. Zaproponowano stosunkowo łatwe, spośród przeanalizowanych możliwych do zastosowania zabezpieczeń przeciwhałasowych, do zrealizowania przenośne ekrany akustyczne, instalowane tymczasowo podczas pracy, przy kruszarce mobilnej. Rozwiązanie to nie należy do najbardziej skutecznych, w porównaniu np. do obudowy dźwiękochłonno-izolacyjnej kruszarki mobilnej, która musiała by być opracowana na etapie projektowania maszyny, niemniej umożliwia wykorzystanie go w praktyce i może stanowić istotny przyczynek do poprawy bezpieczeństwa i warunków pracy pracowników odkrywkowych kopalni surowców skalnych. Szczegóły przeprowadzonych badań i analiz nad zabezpieczeniami przeciwhałasowymi zostały omówione na konferencji [K9] oraz opublikowane w pracy [P15]. Do predykcji skuteczności zaproponowanych rozwiązań przeciwhałasowych w postaci przenośnych ekranów akustycznych wykorzystano szereg badań symulacyjnych na opracowanym, na podstawie przeprowadzonych badań akustycznych zespołu kombajnowego (kruszarka-przesiewacz), modelu akustycznym tych maszyn, z pomocą którego analizowano rozkład równoważnego poziomu dźwięku A wokół maszyn bez zabezpieczeń i z przenośnymi ekranami akustycznymi o różnych wysokościach, odbijającymi i dźwiękochłonnymi. Badania wykazały, że najlepszy wpływ na poprawę klimatu akustycznego wokół kruszarki mobilnej pracującej w kopalni odkrywkowej będą miały ekrany o długości 18 m, o wysokości 5 m, nadwieszane, dźwiękochłonne [K9]. Wstępna analiza skuteczności ekranów, mająca charakter orientacyjny, była przeprowadzona w oparciu o uproszczone modele akustyczne maszyn, zawierające pojedyncze źródła wszechkierunkowe. Bardziej miarodajne wyniki uzyskać można w oparciu o dokładniejsze modele akustyczne maszyn, które zostały opracowane w ramach II etapu zadania badawczego [G6],

z wykorzystaniem metody inwersji. Model zespołu kombajnowego kruszarka przesiewacz bazuje na 7 zastępczych źródłach dźwięku o określonych współrzędnych lokalizacji tych źródeł. Szczegółowe wyniki badań akustycznych mobilnego zespołu kombajnowego maszyn kruszarka-przesiewacz przeprowadzone w rzeczywistych warunkach przemysłowych metodą inwersji przedstawiono w pracy [P3]. Badania symulacyjne z wykorzystaniem takich modeli maszyn, mogących mieć wykorzystanie przy opracowywaniu zabezpieczeń przeciwhałasowych kruszarek mobilnych wymagają kontynuacji badań w tym kierunku.

Druga opracowana koncepcja zabezpieczeń przeciwhałasowych to osłony pola operacyjnego kruszarek mobilnych, opisana w pracy [P15]. Polega ona na zastosowaniu osłony dźwiękochłonna-izolacyjnej, poprzez modyfikację istniejącej, wchodzącej w skład wyposażenia kruszarki, uchylnej pokrywy szafy sterowniczej, poprzez wyłożenie jej wewnętrznej części wełną mineralną (o grubości 5 cm) pokrytej welonem szklanym. Dodatkowo zalecono zastosowanie drugiej, uchylnej osłony dźwiękoizolacyjnej, wykonanej z pleksiglasu lub poliwęglanu o grubości 8÷10 mm, wyprofilowanej w sposób umożliwiający jej domknięcie razem z osłoną dźwiękochłonna-izolacyjną. Takie rozwiązanie ma zapewnić polepszenie komfortu akustycznego pracownika obsługi maszyny.

Innym głównym źródłem hałasu w odkrywkowych kopalniach surowców skalnych, występującym stosunkowo rzadko, lecz charakteryzującym się wysokimi poziomami ciśnienia akustycznego, są prace strzelnicze. Jednym z badań eksperymentalnych jakie przeprowadzili badacze w odkrywkowej kopalni andezytu było zastosowanie zużytych pasów gumowych z taśmociągów jako okładziny przeciwhałasowe na skale poddawanej odstrzałowi materiałami wybuchowymi. Wyniki eksperymentu były omawiane na konferencji [K6], i przedstawione w pracy [P15]. Uzyskano tym sposobem zmniejszenie poziomu hałasu (L_{AE} - poziom ekspozycyjny (SEL) z filtrem korekcyjnym A) związanego z pracami strzałowymi o 6 dB w odległości 60 m od miejsca eksplozji.

Uzyskane w ramach badań wyniki mają także charakter praktyczny. Opracowane koncepcje zabezpieczeń, które mogą mieć wykorzystanie przez projektantów i praktyków związanych z ochroną środowiska, mają docelowo ograniczyć narażenie na hałas pracowników odkrywkowych kopalni surowców skalnych.

6. Podsumowanie działalności naukowo-badawczej

Dorobek naukowy opublikowany przeze mnie do tej pory obejmuje łącznie **52** prace, w tym **39** po otrzymaniu stopnia doktora nauk technicznych. Spośród prac opublikowanych po doktoracie:

- **10** opublikowałem w czasopiśmie z listy JCR (**7** z nich posiadało Impact Factor w roku opublikowania; **6** artykułów będących na liście JCR stanowią publikacje samodzielne),
- **7** publikacji to artykuły w recenzowanych krajowych czasopiśmie naukowych i technicznych,
- **20** publikacji stanowią artykuły zamieszczone w materiałach międzynarodowych i krajowych konferencji,
- **2** prace to współautorstwo monografii.

Ponadto, 1 praca została zgłoszona do czasopisma z listy JCR⁷.

Wykaz opublikowanych prac naukowych, z uwzględnieniem okresu przed i po doktoracie, wraz z podanym wskaźnikiem Impact Factor i punktacją MNiSW pokazano w Załączniku 5.

Wyniki prowadzonych badań i analiz wygłosiłem na **9** konferencjach międzynarodowych:

1. IV Międzynarodowa Konferencja Budownictwo Sakralne i Monumentalne, 2002, Białystok
2. V Międzynarodowa Konferencja Budownictwo Sakralne i Monumentalne, 2004, Białystok
3. Forum Acusticum, 2005, Budapeszt
4. VI Międzynarodowa Konferencja Budownictwo Sakralne i Monumentalne, 2006, Białystok
5. Thirteenth International Congress on Sound and Vibration (ICSV13), 2006, Wiedeń
6. 33rd International Acoustical Conference – EAA Symposium, 2006, Strbske Pleso
7. 14th International Conference on Noise Control, 2007, Elbląg
8. IX Międzynarodowa Konf. Naukowo-techniczna: Problemy projektowe w kontekście nowych technologii budowlanych, 2011, Kraków
9. 16th International Conference on Noise Control, 2013, Ryn

19 konferencjach krajowych:

1. XXX Zimowa Szkoła Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych, 2002, Ustroń
2. XLIX Otwarte Seminarium z Akustyki OSA, 2002, Stare Jabłonki
3. XXXI Zimowa Szkoła Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych, 2003, Szczyrk
4. 50. Otwarte Seminarium z Akustyki OSA, 2003, Szczyrk
5. 51 Otwarte Seminarium z Akustyki OSA, 2004, Gdańsk
6. XXXIII Zimowa Szkoła Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych, 2005, Ustroń
7. XXXIV Zimowa Szkoła Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych, 2006, Ustroń
8. 53 Otwarte Seminarium z Akustyki OSA, 2006, Zakopane
9. WibroTech 2007: XIII Konferencja Naukowa Wibroakustyki i Wibrotechniki i VIII Ogólnopolskie Seminarium Wibroakustyka w Systemach Technicznych, 2007, Jachranka
10. XV Konferencja Inżynierii Akustycznej i Biomedycznej, 2008, Zakopane
11. 55 Otwarte Seminarium z Akustyki OSA, 2008, Szklarska Poręba/Piechowice
12. XIII Sympozjum Dynamiki Konstrukcji – DYNKON, Bystre, 2008
13. WibroTech 2010: XV Konferencja Naukowa Wibroakustyki i Wibrotechniki i XV Ogólnopolskie Seminarium Wibroakustyka w Systemach Technicznych, 2010, Sękocin Stary
14. 58 Otwarte Seminarium z Akustyki OSA, 2011, Jurata
15. XL Zimowa Szkoła Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych, 2012, Szczyrk
16. XIX Konferencja Inżynierii Akustycznej i Biomedycznej, 2012, Zakopane
17. WibroTech 2012: XVI Konferencja Naukowa Wibroakustyki i Wibrotechniki i XI Ogólnopolskie Seminarium Wibroakustyki w Systemach Technicznych, 2012, Kraków

⁷ K.Kosała, B.Stępień, *Analysis of noise pollution in an andesite quarry with use of simulation studies and evaluation indices, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), 2014, artykuł zgłoszony, aktualnie – po 2-ch pozytywnych recenzjach.*

18. XX Konferencja Inżynierii Akustycznej i Biomedycznej, 2013, Zakopane

19. 60 Otwarte Seminarium z Akustyki OSA, 2013, Polańczyk

oraz 4 seminariach naukowych:

1. Seminarium w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie pt. „Rozkład względem wartości szczególnych – SVD”, 30.01.2008.
2. Seminarium Zakładu Wibroakustyki i Biodynamiki Systemów w Politechnice Poznańskiej pt. „Rozkład względem wartości szczególnych na przykładzie oceny akustycznej świątyń”, 09.06.2008.
3. Seminarium Katedry Mechaniki i Wibroakustyki w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie pt. „Rozkład względem wartości szczególnych przy ocenie jakości akustycznej świątyń”, 11.01.2010.
4. Seminarium: „Nowe rozwiązania w zakresie badań i ograniczania zagrożeń wibroakustycznych”, w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym w Warszawie pt. „Zabezpieczenia przeciwhałasowe dla wybranych maszyn stosowanych w odkrywkowych kopalniach surowców skalnych”, 03.09.2013.

Według bazy Web of Science indeks Hirscha wynosi **3**, a sumaryczna liczba cytowań publikacji wynosi **22** (**10** – bez autocytowań). Według bazy Scopus łączna liczba cytowań wynosi **37** (**14** – bez autocytowań) a indeks Hirscha jest równy **4**. W załączniku 9 przedstawiono zestawienie publikacji posiadających cytowania wraz z pracami, w których były cytowane.

Brałem udział w **5** projektach badawczych finansowanych przez Komitet Badań Naukowych – Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (w tym 1 był grantem promotorskim) oraz **1** finansowanym przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej, pełniąc w nich rolę wykonawcy lub głównego wykonawcy.

W latach 2012–2014 byłem autorem **8** recenzji artykułów zgłoszonych do dwóch czasopism z listy JCR: Archives of Acoustics (5) i Acta Physica Polonica A (3). W roku 2014 byłem redaktorem wydania numeru 125 czasopisma Acta Physica Polonica A.

Zbiorcze zestawienie informacji obejmujących mój dorobek naukowo-badawczy zestawiono w tabeli poniżej.

Ilościowe zestawienie zbiorcze dorobku naukowo-badawczego wraz ze wskaźnikami oceny

DOROBEK NAUKOWO-BADAWCZY		Przed doktoratem	Po doktoracie	RAZEM
OPUBLIKOWANE PRACE NAUKOWE				
Rodzaj publikacji	Punkty MNiSW ¹⁾			
Artykuły ogółem	267	5	17	22
Artykuły z listy JCR (źródło: Web of Science)	190	–	10	10
Artykuły samodzielne z listy JCR (źródło: Web of Science)	110	–	6	6
Artykuły spoza listy JCR	81	5	7	12
Materiały konferencyjne ogółem	–	8	20	28
Materiały konferencyjne krajowe	–	5	14	19
Materiały konferencyjne międzynarodowe	–	3	6	9
Monografie (współautorstwo)	40	–	2	2
RAZEM	307	13	39	52
UDZIAŁ W KONFERENCJACH I SEMINARIACH NAUKOWYCH				
Referaty międzynarodowe		2	7	9
Referaty krajowe		5	14	19
Seminaria naukowe		–	4	4
UDZIAŁ W PROJEKTACH				
KBN/MNiSW		4	1	5
MPiPS			1	1
POZOSTAŁA DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWO-BADAWCZA				
Recenzje artykułów do czasopism z listy JCR		–	8	8
WSKAŹNIKI OCENY DOROBKU NAUKOWEGO				
Indeks Hirscha (według Web of Science)		–	3	3
Liczba cytowań publikacji (według Web of Science)		–	22	22
Liczba cytowań (Scopus)		1	36	37

¹⁾ punktacja czasopism według aktualnej listy MNiSW (z 2013 r.) oraz punktacja monografii według Rozporządzenia MNiSW z dnia 13 lipca 2012 r. w sprawie kryteriów i trybu przyznawania kategorii naukowej jednostkom naukowym.

Artykuły naukowe mojego autorstwa i współautorstwa opracowane po doktoracie zostały opublikowane w wymienionych w poniższej tabeli czasopismach naukowych znajdujących się w bazie Journal Citation Reports. Sumaryczny Impact Factor wynosi **4,518**.

Wykaz czasopism znajdujących się w bazie Journal Citation Reports wraz z Impact Factor

Czasopismo (wg JCR)	Rok publikacji	Impact Factor (zgodny z rokiem opublikowania)
Archives of Acoustics	2007	–
Archives of Acoustics	2007	–
Archives of Acoustics	2008	–
Archives of Acoustics	2009	0,313
Archives of Acoustics	2011	0,847
Archives of Acoustics	2012	0,829
Applied Acoustics	2013	1,068
Acta Physica Polonica A	2013	0,604
International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE)	2013	0,253
Acta Physica Polonica A	2014	0,604*
Sumaryczny Impact Factor		4,518

* z uwzględnieniem Impact Factor z roku 2013

W tabeli poniżej przedstawiono zbiorcze zestawienie czasopism naukowych, z uwzględnieniem aktualnej punktacji MNiSW, w których ukazały się wszystkie opublikowane do tej pory artykuły mojego autorstwa i współautorstwa.

Zestawienie czasopism naukowych z punktacją MNiSW

Czasopismo	Aktualna punktacja MNiSW	Liczba publikacji	Liczba punktów
Applied Acoustics (JCR)	25	1	25
Archives of Acoustics (JCR)	20	6	120
International Journal of Occupational Safety and Ergonomics - JOSE (JCR)	15	1	15
Acta Physica Polonica A (JCR)	15	2	30
Archives of Acoustics	20	1	20
Diagnostyka – Diagnostics and Structural Health Monitoring	7	2	14
Czasopismo Techniczne	6	1	6
Kwartalnik Mechanika (później Mechanics, aktualnie: Mechanics and Control)	5	4	20
Bezpieczeństwo Pracy, Nauka i Praktyka	5	3	15
Aura	2	1	2
Razem:		22	267

Za osiągnięcia naukowe w roku 2009 zostałem otrzymałem nagrodę III stopnia JM Rektora AGH.

7. Działalność dydaktyczna

Początek mojej pracy dydaktycznej miał miejsce w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki AGH, gdzie będąc studentem ostatniego roku studiów magisterskich, jako asystent stażysta prowadziłem ćwiczenia z przedmiotu *Mechanika*. Ćwiczenia tablicowe z tego przedmiotu, dla studentów Wydziału IMiR, kończące się egzaminami, prowadzę do dziś.

Będąc asystentem w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki prowadziłem w latach 2003–2005 również zajęcia audytoryjne dla studentów studiów dziennych wydziału IMiR AGH z przedmiotu *Podstawy informatyki*.

Jako adiunkt, oprócz *Mechaniki*, od 2006 roku prowadzę ćwiczenia tablicowe i laboratoryjne dla studentów studiów stacjonarnych Wydziału IMiR AGH z przedmiotu *Teoria mechanizmów i maszyn*. Od roku 2013 prowadzę wykłady, kończące się egzaminami, dla studentów studiów stacjonarnych i niestacjonarnych Wydziału IMiP AGH z przedmiotu *Mechanika techniczna i wytrzymałość materiałów* oraz dla studentów studiów stacjonarnych z przedmiotu *Mechanika techniczna*.

8. Działalność organizacyjna

Od czasu rozpoczęcia pracy naukowej biorę stale udział w pracach organizacyjnych związanych z aktualnymi działaniami Katedry Mechaniki i Wibroakustyki AGH. Uczestniczyłem w pracach finansowanych z funduszu Badań Statutowych dotyczących tematu „Predykcja i badania eksperymentalne nowych struktur w adaptacji akustycznej budowli”.

W latach 2009–2010 byłem członkiem Komisji Studenckich Kół Naukowych AGH i brałem udział w pracach Komisji.

W latach 2006–2012 jako członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej WIMiR AGH brałem czynny udział w pracach Komisji.

W latach 2010 i 2013 byłem członkiem komitetu organizacyjnego międzynarodowych konferencji Noise Control oraz wiceprzewodniczącym sesji naukowej (w 2013). Konferencje te są organizowane przez Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB) w Warszawie, przy współpracy Katedry Mechaniki i Wibroakustyki AGH.

Od września 2014 roku pełnię funkcję kierownika Zespołu Nowych Materiałów i Rozwiązań w Redukcji Zagrożeń Wibroakustycznych działającego w Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki AGH.

Szczegółowy wykaz wszystkich osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzacyjnych został zawarty w Załączniku 5.

UWAGA: Symbolika oznaczeń publikacji nie wchodzących w skład osiągnięcia naukowego odpowiada oznaczeniom wg Załącznika 5.

30.09.2014

data

Krzysztof Kosata

Podpis