



Technika pochłaniania i rozpraszania dźwięku

Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Inżynieria Akustyczna Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Poziom kształcenia Studia inżynierskie I stopnia Forma studiów Stacjonarne Profil studiów Ogólnoakademicki		Cykl dydaktyczny 2025/2026 Kod przedmiotu RIAKS.II20.02614.25 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Do wyboru Blok zajęciowy Przedmioty kierunkowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Koordynator przedmiotu	Adam Pilch	
Prowadzący zajęcia	Adam Pilch, Jarosław Rubacha, Artur Flach, Aleksandra Chojak, Bartłomiej Chojnacki	
Okres Semestr 6	Forma zaliczenia Zaliczenie Forma prowadzenia i godziny zajęć Wykład: 14 Ćwiczenia laboratoryjne: 14 Ćwiczenia projektowe: 24	Liczba punktów ECTS 4

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Przedmiot ma na celu dostarczenie studentom wiedzy i umiejętności dotyczących modelowania, pomiaru i zastosowania ustrojów pochłaniających i rozpraszających dźwięk wykorzystywanych w akustyce pomieszczeń.
----	--

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	Definiuje parametry akustyczne ustrojów rozpraszających	IAK1A_W05, IAK1A_W08, IAK1A_W19	Aktywność na zajęciach, Sprawozdanie, Studium przypadków
W2	Analizuje parametry akustyczne ustrojów dźwiękochłonnych	IAK1A_W12	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Sprawozdanie
W3	Zna modele opisujące pochłanianie dźwięku materiałów porowatych i włóknistych	IAK1A_W04, IAK1A_W06	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Sprawozdanie
W4	Zna metody pomiaru wielkości opisujących pochłanianie i rozpraszanie dźwięku przez ustroje akustyczne	IAK1A_W06, IAK1A_W12	Aktywność na zajęciach, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu
W5	Zna modele opisujące pochłanianie dźwięku ustrojów rezonansowych	IAK1A_W04, IAK1A_W06	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Projekt
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	Świadomie stosuje materiały i ustroje akustyczne w adaptacjach akustycznych pomieszczeń	IAK1A_U01, IAK1A_U20, IAK1A_U26	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Sprawozdanie, Studium przypadków
U2	Projektuje ustroje rozpraszające o zadanych parametrach	IAK1A_U01, IAK1A_U09	Aktywność na zajęciach, Projekt, Zaangażowanie w pracę zespołu
U3	Umie wyznaczyć na podstawie modeli teoretycznych charakterystyki pochłaniania dźwięku dla ustrojów rezonansowych	IAK1A_U01, IAK1A_U08, IAK1A_U09, IAK1A_U11	Aktywność na zajęciach, Projekt, Studium przypadków
U4	Umie wyznaczyć na podstawie modeli teoretycznych charakterystyki pochłaniania dźwięku dla materiałów porowatych i włóknistych.	IAK1A_U01, IAK1A_U09, IAK1A_U17	Aktywność na zajęciach, Projekt, Zaangażowanie w pracę zespołu
Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:			
K1	Umie współpracować z innymi branżami (architekci, konstruktorzy) przy projektowaniu ustrojów akustycznych	IAK1A_K01	Aktywność na zajęciach, Projekt, Zaangażowanie w pracę zespołu

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Moduł ma na celu dostarczenie studentom wiedzy i umiejętności dotyczących modelowania, pomiaru i stosowania ustrojów dźwiękochłonnych i rozpraszających wykorzystywanych w akustyce pomieszczeń.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	14

Ćwiczenia laboratoryjne	14
Ćwiczenia projektowe	24
Przygotowanie do zajęć	17
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2
Dodatkowe godziny kontaktowe	5
Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	30
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 106
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 52

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	1. Zjawisko pochłaniania dźwięku przez materiały i metody pomiaru Podstawy fizyczne pochłaniania dźwięku, współczynnik odbicia, impedancja, współczynnik pochłaniania dźwięku. Pomiar z wykorzystaniem rury impedancyjnej, w komorze pogłosowej, metoda impedancyjna. 2. Pochłanianie dźwięku przez materiały porowate i włókniste Wielkości opisujące zjawiska akustyczne w materiałach porowatych i włóknistych – definicja i pomiar, Modele pochłaniania dźwięku przez materiały włókniste, Rodzaje materiałów porowatych i włóknistych, Typowe charakterystyki pochłaniania dźwięku, Zastosowanie. 3. Ustroje rezonansowe Budowa i wielkości charakterystyczne ustrojów płytowych, perforowanych, szczelinowych i z mikroperforacją, Modele pochłaniania dźwięku przez ustroje rezonansowe, Przykłady rozwiązań komercyjnych, Zastosowanie. 4. Ustroje rozpraszające dźwięk Rozproszenie dźwięku – definicja i pomiar. Ogólne wytyczne do budowy ustrojów rozpraszających dźwięk. 5. Predykcja pochłaniania i rozpraszania dźwięku ustrojów rozpraszających Modele pochłaniania dźwięku przez ustroje rozpraszające. Modele rozpraszania dźwięku przez ustroje rozpraszające. Sekwencje pseudolosowe wykorzystywane w kształtowaniu ustrojów rozpraszających, Problemy projektowe i aplikacyjne. 6. Zastosowanie ustrojów akustycznych w kształtowaniu akustyki pomieszczeń Redukcja wad akustycznych małych pomieszczeń z wykorzystaniem ustrojów akustycznych. Optymalizacja ustrojów rozpraszających dla różnych funkcji w salach audytoryjnych.	W1, W2, W3, W4, W5	Wykład

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
2.	1. Pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku metodą impedancyjną Przygotowanie stanowiska pomiarowego zgodnie z zaleceniami normy PN EN ISO 10534-2. Obróbka zarejestrowanych sygnałów. Analiza wpływu grubości materiału na własności akustyczne. 2. Pomiar oporności przepływu. Wpływ wykończenia ustroju akustycznego na jego współczynnik pochłaniania Przygotowanie stanowiska pomiarowego. Analiza wpływu wykończenia powierzchni ustroju porowatego/włóknistego na jego właściwości akustyczne. 3. Pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku ustrojów akustycznych w skali 1:8 Przygotowanie stanowiska pomiarowego. Przeprowadzenie badań. Analiza niepewności pomiaru. 4. Wpływ rozmieszczenia ustrojów akustycznych na parametry akustyczne wnętrza Pomiar współczynnika pochłaniania ustroju akustycznego zgodnie z zaleceniami normatywnymi. Analiza wpływu powierzchni, położenia i konfiguracji ustroju akustycznego na wyznaczone właściwości akustyczne. 5. Pomiary parametrów akustycznych nadscenicznych paneli refleksyjnych Przygotowanie układu paneli do pomiarów i obliczenie ich parametrów charakterystycznych. Przygotowanie stanowiska pomiarowego. Pomiar parametrów akustycznych układu paneli. 6. Pomiar współczynnika rozproszenia dźwięku d Zapoznanie z wymaganiami normy ISO 17497-2, Obliczenie indywidualnej sekwencji ustroju rozpraszającego, Przygotowanie stanowiska pomiarowego, Wyznaczenie odpowiedzi impulsowych oraz obliczenie współczynnika rozpraszania dźwięku d, Dyskusja dot. otrzymanych wartości. 7. Pomiar współczynnika rozproszenia dźwięku s Zapoznanie z wymaganiami normy ISO 17497-1, Przygotowanie próbki do badań, Pomiar czasu pogłosu i obliczenie współczynnika rozpraszania dźwięku s, Dyskusja dot. otrzymanych wartości.	W2, W4, U1, U3, U4	Ćwiczenia laboratoryjne

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
3.	1. Odpowiedź impulsowa układu – projekt aplikacji (Matlab) Generacja sygnałów pozwalających na wyznaczenie odpowiedzi impulsowej układu, Obsługa kart wyjścia/wejścia, rejestracja odtworzonego sygnału, Obliczanie odpowiedzi impulsowej. 2. Modelowanie ustroju warstwowego z wełny mineralnej (Matlab) Obliczenie impedancji, współczynnika odbicia i współczynnika pochłaniania na podstawie modeli teoretycznych (Delany Bazley), Analiza wpływu montażu, grubości i oporności przepływu wełny na jej własności akustyczne, Porównanie uzyskanych wyników z wielkościami z pomiaru laboratoryjnego. 3. Modelowanie pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku (Matlab) Model Parisa dla próbki o nieskończonych wymiarach, Model Thomassona i Jeonga dla próbki o ograniczonych wymiarach, Porównanie uzyskanych wyników z wielkościami z pomiaru w komorze pogłosowej. 4. Modelowanie współczynnika pochłaniania dźwięku ustroju rezonansowego (perforowanego) Obliczenie oporności przepływu, masy powietrza, impedancji i współczynnika pochłaniania ustroju, Analiza wpływu montażu, udziału perforacji, promienia otworów (szerokości szczelin) na właściwości akustyczne ustroju, Uśrednianie wyników do pasm 1/3 oktaawowych. 5. Projekt układu nadscenicznych paneli refleksyjnych Dobór geometrii i wzajemnego ułożenia paneli w zależności do zadanych parametrów akustycznych, Obróbka danych pomiarowych z laboratorium i porównanie z wartościami predykowanymi, Dyskusja dot. otrzymanych wartości. 6. Modelowanie numeryczne ustrojów rozpraszających dźwięk (Matlab) Modelowanie za pomocą wzorów uproszczonych (Kuttruff) i dokładnych (Fresnel). 7. Wyznaczanie współczynnika rozpraszania dźwięku na podstawie pomiarów (Matlab) obróbka danych pomiarowych (przebiegów czasowych ciśnienia akustycznego) obliczenia współczynników d i d_n, porównanie uzyskanych wyników z wielkościami uzyskanymi z modeli teoretycznych. 8. Dokumentacja techniczna ustroju rozpraszającego dźwięk (AutoCAD) Dobór materiałów konstrukcyjnych, Określenie sposobu montażu i wykończenia ustroju, Przygotowanie dokumentacji technicznej.	U2, K1	Ćwiczenia projektowe

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia :

Grywalizacja, gamifikacja, Metoda problemowa (ang. Problem Based Learning), Praca grupowa, Studium przypadku (ang. case study), Dyskusja, Wykład

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Wykład	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Studium przypadków	
Ćwiczenia laboratoryjne	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji, Sprawozdanie, Studium przypadków , Zaangażowanie w pracę zespołu	Udział we wszystkich ćwiczeniach laboratoryjnych, zaliczenie wymaganych sprawozdań z pomiarów.
Ćwiczenia projektowe	Aktywność na zajęciach, Projekt, Zaangażowanie w pracę zespołu	Udział i realizacja zadanych ćwiczeń projektowych.

Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu

Ćwiczenia laboratoryjne: Obecność na minimum 6 zajęciach, zaliczenie minimum 5 sprawozdań z laboratoriów w zespołach maksymalnie 4 osobowej. Zaliczenie dwóch kolokwii sprawdzających wiadomości z laboratorium. Ćwiczenia projektowe: Obecność na co najmniej 9 zajęciach projektowych, zaliczenie wszystkich tematów projektów zadanych na zajęciach.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena średnia ze sprawozdań z laboratoriów – 30% Ocena średnia z projektów – 70%

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Ćwiczenia laboratoryjne: możliwość odrobienia wybranych ćwiczeń w ramach prac naukowych zespołu Akustyki Architektonicznej Ćwiczenia projektowe: temat, na którym student był nieobecny musi być odrobiony w ramach indywidualnej prezentacji wykonanego projektu.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Znajomość pakietu Matlab, AutoCAD, Catt acoustic
Znajomość podstawowych zasad adaptacji akustycznej
Umiejętność zestawienia toru pomiarowego do pomiarów akustycznych.

Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa

Wykład: Z uwagi na złożoność przedstawianego materiału, udział w wykładach jest szczególnie zalecany. Rejestracja audiowizualna jest niedozwolona.

Ćwiczenia laboratoryjne: Ćwiczenia laboratoryjne wykonywane są zgodnie z programem przedstawionym przez prowadzącego i pod jego nadzorem w wydzielonych zespołach maksymalnie 4 osobowych.

Ćwiczenia projektowe: Studenci wykonują projekty w programie Matlab realizując treści zawarte w instrukcjach do ćwiczeń. Ocenie podlega sposób wykonania projektu oraz efekt końcowy.

Literatura

Obowiązkowa

1. Cox T.: Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application, Taylor & Francis, 2009
2. Allard J., Propagation of Sound in Porous Media: Modelling Sound Absorbing Materials, John Wiley & Sons 2009
3. Kuttruff H., Room acoustics, Taylor & Francis, London 2009

Dodatkowa

1. Kulowski A., Akustyka Sal, Wydawnictwo PG, Gdańsk 2011
2. Makarewicz R., Wstęp do akustyki teoretycznej, Wydawnictwo UAM, Poznań 2005

Badania i publikacje

Badania

1. Badania związane z pomiarami akustycznymi

Publikacje

1. A. Pilch, "Sources of measurement uncertainty in determination of the directional diffusion coefficient value," Applied Acoustics, vol. 129, pp. 268–276, 2018.
2. J. Smardzewski, T. Kamisiński, A. Pilch et al. "Sound absorption of wood-based materials," Holzforschung, vol. 69, no. 4, pp. 431–439, 2015.
3. T. Kamisiński, A. Pilch et al., "The comprehensive research of the road acoustic screen with absorbing and diffusing surface," Archives of Acoustics, vol. 40, no. 1, 2015.
4. J. Smardzewski, T. Kamisiński, A. Pilch et al., "Experimental study of wood acoustic absorption characteristics," Holzforschung, vol. 68, no. 4, 2014.
5. A. Pilch, A. Karlińska, A. Snakowska, T. Kamisiński, "The application of double-layer curtains for shaping acoustics of concert halls," Acta Physica Polonica A, vol. 125, no. 4 A, 2014.
6. A. Pilch, T. Kamisiński, M. Zastawnik, "Comparison of pressure and intensity methods in evaluating the directional diffusion coefficient," Acta Physica Polonica A, vol. 123, no. 6, pp. 1054–1058, 2013.
7. T. Kamisiński, K. Brawata, A. Pilch, J. Rubacha, M. Zastawnik, "Test Signal Selection for Determining the Sound Scattering Coefficient in a Reverberation Chamber," Archives of Acoustics, vol. 37, no. 4, pp. 405–409, 2012.
8. T. Kamisiński, K. Brawata, A. Pilch, J. Rubacha, M. Zastawnik, "Sound Diffusers with Fabric Covering," Archives of Acoustics, vol. 37, no. 3, pp. 317–322, 2012.
9. J. Rubacha, A. Pilch, M. Zastawnik, "Measurements of the sound absorption coefficient of auditorium seats for various geometries of the samples," Archives of Acoustics, vol. 37, no. 4, 2012.
10. A. Pilch, T. Kamisiński, "The Effect of Geometrical and Material Modification of Sound Diffusers on Their Acoustic Parameters," Archives of Acoustics, vol. i, no. 4, pp. 955–966, 2011.

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
IAK1A_K01	umie efektywnie pracować w zespole, korzystać efektywnie z wyników pracy innych jego członków, skutecznie przekazywać wyniki swojej pracy, potrafi też w razie potrzeby przejmować zadania innych członków zespołu
IAK1A_U01	umie posługiwać się regułami ścisłego, logicznego myślenia w analizie procesów fizycznych i technicznych
IAK1A_U08	potrafi — przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań związanych z modelowaniem i projektowaniem układów, urządzeń i oprogramowania akustycznego — integrować pochodzącą z różnych źródeł wiedzę z dziedziny akustyki, elektroniki, informatyki, mechaniki i innych dyscyplin
IAK1A_U09	potrafi posłużyć się właściwie dobranymi środowiskami programistycznymi oraz narzędziami komputerowo wspomaganego projektowania do symulacji, projektowania i weryfikacji układów elektronicznych, mechanicznych i akustycznych a także do projektowania algorytmów przetwarzania sygnałów
IAK1A_U11	potrafi opracować dokumentację dotyczącą realizacji zadania inżynierskiego, sporządzić odpowiednie rysunki, schematy i przygotować tekst zawierający omówienie wyników realizacji tego zadania
IAK1A_U17	umie przeprowadzić pomiary akustyczne i wibracyjne przy pomocy odpowiednich urządzeń i właściwych technik pomiaru oraz prawidłowo udokumentować ich wyniki
IAK1A_U20	potrafi przeprowadzić analizę akustyczną pomieszczenia, ocenić konieczność zastosowania adaptacji akustycznej wnętrza, jak również ją zaprojektować zgodnie z zaleceniami literaturowymi
IAK1A_U26	potrafi wykorzystać znajomość źródeł hałasu i drgań oraz ich charakterystyk dla skutecznego obniżania zagrożeń wibroakustycznych lub znajomość budowy, charakterystyki i techniki gry na instrumentach muzycznych oraz składu, układu i charakterystyki zespołów wykonawczych do realizacji ich nagrań i nagłośnienia
IAK1A_W04	ma wiedzę w zakresie fizyki klasycznej, w szczególności: podstawową wiedzę na temat ogólnych zasad fizyki, wielkości fizycznych, oddziaływań fundamentalnych; uporządkowaną wiedzę termodynamiki, fizyki statystycznej, elektryczności, magnetyzmu, optyki
IAK1A_W05	ma wiedzę na temat zasad przeprowadzania i opracowania wyników pomiarów fizycznych, rodzajów niepewności pomiarowych i sposobów ich wyznaczania
IAK1A_W06	ma wiedzę w zakresie podstaw akustyki - zna podstawowe pojęcia pola akustycznego i zależności między nimi - zna podstawowe prawa wyprowadzone z zasad zachowania - zna podstawowe modele pól i układów akustycznych - zna analogie mechano-akusto-elektryczne
IAK1A_W08	ma podstawową wiedzę w zakresie metrologii, zna i rozumie metody i techniki pomiaru i estymacji podstawowych wielkości elektrycznych, akustycznych i mechanicznych
IAK1A_W12	zna prawa i zasady rządzące propagacją dźwięku w przestrzeni zamkniętej oraz zna zasady kształtowania parametrów akustycznych wnętrza
IAK1A_W19	zna elementy toru elektroakustycznego, rodzaje występujących w nim urządzeń i ich przeznaczenie, charakteryzujące je parametry i sposoby ich pomiaru