

# Walka z hałasem i drganiami



dr inż. D. Pleban (kierownik Zakładu Zagrożeń Wibroakustycznych)  
doc. dr inż. D. Augustyńska-Jakubowska



prof. dr hab. inż. Zbigniew Engel

Ochrona pracowników przed zagrożeniami powodowanymi hałasem i drganiami mechanicznymi (wibracjami) w środowisku pracy jest podstawowym celem badań prowadzonych przez Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych. Utworzony w 1956 r., działał początkowo jako Zakład Badań Drgań. Pierwszym jego kierownikiem był doc. dr inż. Czesław Puzyna, a kolejnymi – doc. dr inż. Danuta Augustyńska (1983-2004) i dr inż. Grzegorz Makarewicz (2004-2006). Od 2007 r. Zakładem kieruje dr inż. Dariusz Pleban.

Od początku Zakład współpracował z najwybitniejszymi polskimi uczonymi w dziedzinie akustyki: prof. I. Maleckim (był on również pierwszym przewodniczącym Rady Naukowej CIOP), prof. S. Czarneckim, prof. S. Ziembą, prof. Z. Engelem, prof. A. Lipowczanem i prof. J. Sadowskim. Obecnie w Zakładzie pracuje 20 osób: 1 profesor, 3 docentów, 5 adiunktów, 4 asystentów, 3 inżynierów i 4 techników. Strukturę organi-

zacyjną Zakładu tworzą: Pracownia Hałasu (kierownik dr inż. Witold Mikulski), Pracownia Drgań Mechanicznych (kierownik dr inż. Piotr Kowalski), Pracownia Aktywnych Metod Redukcji Hałasu (kierownik dr inż. Leszek Morzyński), Pracownia Ochrony Słuchu (kierownik dr hab. inż. Jan Żera).

Główne kierunki działalności Zakładu od momentu jego utworzenia dotyczyły: rozpoznania stanu zagrożenia hałasem i wibracjami w środowisku pracy, opracowywania i doskonalenia metod pomiaru i oceny hałasu i wibracji, badań wpływu hałasu i wibracji na organizm człowieka, opracowywania rozwiązań technicznych i organizacyjnych ograniczenia hałasu i wibracji u źródła ich powstawania (w maszynach i urządzeniach) oraz na drodze ich rozprzestrzeniania, opracowywania i badania ochronników słuchu oraz ochron przeznaczonych do tłumienia wibracji.

W wyniku prac realizowanych w pierwszym okresie działalności powstały m.in. metody pomiarów hałasu na stanowiskach pracy oraz źródeł hałasu (maszyn). Wyniki tych prac zostały uwzględnione w polskich normach, sukcesywnie nowelizowanych zgodnie z normami międzynarodowymi, a także umożliwiły m.in. opracowanie i wykonanie komór pogłosowej i bezchowej – jednych z pierwszych w kraju. Opracowano ponadto metody i stanowiska badawcze do pomiarów i rejestracji wibracji na stanowiskach pracy, prototyp miernika czucia wibracji (patent 57064), metody badania urządzeń ultradźwiękowych oraz wytyczne do konstrukcji ekranów i obudów do tych urządzeń, tłumiki hałasu maszyn przepływowych i silników spalinowych (patent 66348), prototyp typowej kabiny dźwiękoszczelnej przeznaczonej do hal o wysokich poziomach hałasu, a także inne rozwiązania środków ochrony zbiorowej (ekranów, pochłaniaczy przestrzennych). W zakładzie opracowano wówczas także metody pomiaru i oceny zagrożeń hałasem infradźwiękowym i ultradźwiękowym w środowisku pracy. Wyniki tych prac były podstawą do sporządzenia dokumentacji i określenia wartości najwyższego dopuszczalnego natężenia (NDN) hałasu infradźwiękowego i ultradźwiękowego.

W latach 1990-2001, po zmianie siedziby Instytutu i powstaniu nowych laboratoriów, podjęto badania ukierunkowane przede wszystkim na opracowanie metod i stanowisk do badań certyfikacyjnych maszyn oraz środków ochrony indywidualnej i zbiorowej (ochronników słuchu, rękawic do ochrony przed drganiami, kabin dla operatorów maszyn i urządzeń) pod względem spełnienia wymagań bezpieczeństwa pracy i ergonomii, zgodnych z wymaganiami dyrektyw i norm europejskich. Pracowano także nad aktywnymi metodami redukcji hałasu, metodami

i wytycznymi do projektowania dźwiękowych sygnałów bezpieczeństwa spełniających wymagania dyrektywy maszynowej i normy europejskiej, a także metodami oceny ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas i drgania mechaniczne.

W wyniku tych badań powstały m.in. metody i unikatowe w kraju stanowiska do badań właściwości akustycznych i mechanicznych ochronników słuchu. Dzięki nim możliwe jest prowadzenie badań do oceny zgodności ochronników słuchu zgodnie z wymaganiami dyrektywy 89/686/EWG, a tym samym sukcesywnie eliminowanie z polskiego rynku ochronników słuchu niespełniających tych wymagań.

Opracowano ponadto metody i unikatowe w kraju i Europie stanowiska do badania materiałów i rękawic do ochrony przed drganiami mechanicznymi zgodnie z wymaganiami norm europejskich. Metody te i stanowiska, zweryfikowane we wspólnych badaniach z notyfikowanym w Unii Europejskiej laboratorium drgań Instytutu BIA z Sankt Augustin w Niemczech, umożliwiają prowadzenie badań zgodnie z europejskim systemem oceny zgodności wyrobów, a tym samym wyselekcjonowanie spośród kilku typów rękawic krajowych i zagranicznych oferowanych na rynku jako antywibracyjne tych, które spełniają wymagania normy europejskiej i odrzucenie wyrobów nieskutecznych, a wręcz wzmacniających drgania. Twórcy tych stanowisk otrzymali nagrodę I stopnia w Ogólnopolskim Konkursie Poprawy Warunków Pracy (1997 r.) w kategorii prac naukowo-badawczych zastosowanych w praktyce w zakładach pracy.

W Zakładzie powstały również nowe rozwiązania środków ochrony indywidualnej przed hałasem, m.in. model ochronnika słuchu z elektronicznym systemem aktywnej redukcji hałasu i łączności wewnętrznej, niezależne nauszniki przeciwhałasowe FASER N1 i nahełmowe FASER H1, nauszniki przeciwhałasowe z regulowanym tłumieniem FA-

SER N1-E3 charakteryzujące się rosnącym tłumieniem dźwięku wraz ze wzrostem poziomu dźwięku w środowisku (srebrny medal Brussels Eureka 2000) oraz komputerowy program doboru ochronników słuchu DOBOS 3. Opracowano i uruchomiono produkcję nowych rękawic antywibracyjnych ORPEL AV-1, które jako jedne z nielicznych w kraju i za granicą spełniają wymagania norm europejskich EN ISO 10819, EN 420 i EN 388 w zakresie właściwości ochronnych i użytkowych.

Począwszy od 2002 r. głównym celem badań pro-



Od lewej: dr inż. W. Mikulski (kierownik Pracowni Hałasu), J. Radosz, dr inż. A. Kaczmarzka-Kozłowska, J. Kozłowski



wadzonych w Zakładzie Zagrożeń Wibroakustycznych jest unowocześnienie i doskonalenie metod i środków służących profilaktyce zawodowych uszkodzeń słuchu i choroby wibracyjnej oraz ograniczenie narażenia na hałas i wibracje do stanu występującego w krajach Unii Europejskiej. Badania są ukierunkowane na rozwój metod oceny ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na hałas, hałas infradźwiękowy i ultradźwiękowy oraz drgania mechaniczne, a w ich wyniku m.in. weryfikację wartości NDN tych czynników, oszacowanie ryzyka zawodowego mało jeszcze rozpoznanych zagrożeń, np. zagrożeń drganiami o działaniu ogólnym i hałasem impulsowym, a także kontrolę i monitorowanie ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy w działach gospodarki narodowej i przedsiębiorstwach, w których jest największe narażenie na hałas i drgania mechaniczne.

Innym kierunkiem badań jest unowocześnienie metod i środków eliminacji i ograniczenia zagrożeń hałasem i drganiami mechanicznymi, z priorytetem redukcji tych zagrożeń u źródła ich powstawania, przez wprowadzanie nowych technologii i maszyn cichobieżnych oraz dobór środków wibroizolacji, środków ochrony zbiorowej i indywidualnej, w tym obudów dźwiękochłonno-izolacyjnych maszyn, dźwiękoizolacyjnych kabin zdalnego sterowania, ekranów akustycznych, elektronicznych ochronników słuchu (aktywnych, z regulowanym tłumieniem, z łącznością), rękawic antywibracyjnych, a także rozwiązań organizacyjnych. Prace ukierunkowane są ponadto na rozwój nowych technologii akustycznych, takich jak wykorzystanie aktywnych metod redukcji hałasu do poprawy komfortu akustycznego. Podnoszeniu poziomu wiedzy i świadomości w społeczeń-



Od lewej: R. Młyński, dr inż. L. Morzyński (kierownik Pracowni Aktywnych Metod Redukcji Hałasu), E. Kozłowski

stwie o zagrożeniach hałasem i drganiami mechanicznymi oraz profilaktyce tych zagrożeń służy tworzenie nowoczesnych systemów informatycznych i baz danych (udostępnianych w Internecie).

W wyniku wymienionych badań m.in. przeprowadzono ocenę ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na



dr hab. inż. Jan Żera

hałas i drgania mechaniczne na stanowiskach pracy w środkach komunikacji miejskiej, z wykorzystaniem dozymetrycznej metody badań i wykonanych w tym celu systemów pomiarowych (dozymetrów drgań). Powstała baza danych *Drgania i hałas w środkach komunikacji miejskiej*, zamieszczona na stronie internetowej CIOP-PIB. Opracowano metodę badań i oceny drgań mechanicznych (ogólnych i miejscowych) oraz hałasu działających jednocześnie. Przeprowadzono badania terenowe drgań mechanicznych i hałasu w wybranych środkach transportu drogowego. Opracowano ponadto metodę badań i oceny ryzyka zawodowego związanego z narażeniem kierowców transportu drogowego na hałas infradźwiękowy oraz roboczy projekt normy PN-N-01338: *Hałas infradźwiękowy. Zalecane wartości poziomów ciśnienia akustycznego. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów*.

W zakresie aktywnych metod redukcji hałasu powstał laboratoryjny system aktywnej redukcji hałasu niskoczęstotliwościowego o charakterze stacjonarnym (oprogramowanie i dokumentacja techniczna), wykorzystujący algorytmy genetyczne, które będąc procedurami poszukiwania najlepszego rozwiązania, oparte są na mechanizmach doboru naturalnego i dziedziczności. Powstały również prototypy i dokumentacje techniczne trzech rozwiązań umożliwiających redukcję hałasu niskoczęstotliwościowego w przemysłowych kabinach dźwiękoizolacyjnych, pełniących funkcje kabin sterowniczych – układ do tworzenia przestrzennych stref ciszy, sterowane cyfrowo słuchawki aktywne i aktywne zagłówek. Opracowano ponadto oprogramowanie do badań symulacyjnych nad wpływem przyczynowości na parametry systemów aktywnej redukcji hałasu i sformułowano zalecenia dotyczące nieprzyczynowych systemów aktywnej redukcji hałasu. Powstał też model systemu aktywnej redukcji hałasu (wraz z oprogramowaniem) zawierający elementy z materiału inteligentnego (piezokompozytowego).

W zakresie nowych metod badania i oceny skuteczności ochronników słuchu opracowano stanowisko badawcze oraz procedury w języku Matlab do analizy przebiegów czasowych sygnałów akustycznych do badań skuteczności



Od lewej: dr inż. P. Kowalski (kierownik Pracowni Drgań Mechanicznych), J. Zajac

tłumienia hałasów impulsowych przez ochronniki słuchu, w tym wkładek przeciwhałasowych w warunkach różnej geometrii przewodu słuchowego. Opracowano procedury badania skuteczności tłumienia hałasu impulsowego w warunkach jednoczesnego stosowania naszników i wkładek przeciwhałasowych na potrzeby badań zarówno w laboratorium, jak i na stanowiskach pracy. Powstały także procedury dotyczące badań właściwości akustycznych naszników przeciwhałasowych w warunkach rzeczywistego narażenia na hałas.

Prowadzone obecnie w Zakładzie badania dotyczą przede wszystkim: ustalenia kryteriów oceny skuteczności środków ochrony indywidualnej przed drganiami mechanicznymi dla różnych grup narzędzi ręcznych, opracowania metody modelowania skuteczności rękawic chroniących przed drganiami z zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych, opracowania metody doboru ochronników słuchu dla pracowników zagrożonych hałasem impulsowym, procedur wyznaczenia poziomu mocy akustycznej technologicznych źródeł ultradźwiękowych, określenia wpływu hałasu ultradźwiękowego na funkcje poznawcze



Od lewej: T. Krukowicz, P. Górski

człowieka realizującego prace wymagające koncentracji uwagi, zaprojektowania stanowiska pomiarowego do badań hałasu ultradźwiękowego z zastosowaniem źródła emitującego hałas ultradźwiękowy o stabilnej i dużej mocy akustycznej, opracowania metod oceny narażenia na hałas muzyków zawodowych i zasad jego ograniczania, oceny narażenia na hałas szkolny i opracowania zasad profilaktyki, oceny narażenia na drgania mechaniczne pracowników transportu wewnątrzzakładowego.

Inne kierunki badań dotyczą m.in.: opracowania adaptacyjnego akustycznego sygnalizatora drogowego z modułem rejestracji danych o hałasie, sformułowania zasad predykcji emisji hałasu maszyn i urządzeń na podstawie globalnego wskaźnika jakości akustycznej, modelowania parametrów akustycznych pomieszczeń pracy pod kątem zapewnienia zrozumiałości mowy i percepcji sygnałów akustycznych dla osób niedosłyszących i niewidomych, opracowania modelu semiaktywnego układu redukcji drgań mechanicznych na stanowiskach pracy, zastosowania sieci neuronowych w systemach aktywnej redukcji hałasu z uwzględnieniem zjawisk o charakterze nieliniowym, opracowania algorytmów genetycznych do minimalizacji ryzyka zawodowego związanego z ekspozycją na hałas, określenia wpływu różnic w zespolonej charakterystyce tłumienia ochronników słuchu na ich skuteczność, oceny zmniejszenia zagrożenia hałasem wśród muzyków stosujących wkładki przeciwhałasowe, opracowania modelu aktywnego ustroju dźwiękochłono-izolacyjnego o zmiennym tłumieniu i izolacyjności, opracowania układu sygnalizującego przekroczenie wartości dopuszczalnych hałasu pod czasami naszników przeciwhałasowych.



## Z Archiwum



Przygotowywanie wyników do pracy magisterskiej na temat własności dźwiękochłonnych materiałów. H. Kurzeja-Musiątek. Rok 1959



Analiza hałasu występującego na hali fabrycznej za pomocą typowego zestawu aparatury firmy Brüel. Ok. 1960 r.



Badania lokalizacji sygnałów dźwiękowych maskowanych hałasem przemysłowym.  
Od lewej: Cz. Puzyna, J. Okraśniński, B. Miszczyk. Rok 1980



Pomiary drgań w terenie – Zakłady „Zamech” w Elblągu.  
 Od lewej: R. Ciosek, A. Czajka, Cz. Puzyna, R. Pilipkiewicz. Rok 1965



Wizyta na wysokim szczeblu. Pracownicy Instytutu udzielają informacji o badaniach ochronników słuchu w komorze pogłosowej na sztucznym uchu. Od lewej: A. Nuzbek, H. Białczyński, S. Dąbrowski, M. Milczarek, Cz. Puzyna. Rok 1979



Zespół Zakładu Akustyki przy badanej myjce ultradźwiękowej w komorze pogłosowej.  
 Od lewej: J. Okrański, B. Miszczyk, Cz. Puzyna, J. Metelski (u dołu), D. Augustyńska, I. Dąbrowski, R. Ciosek. Rok 1980