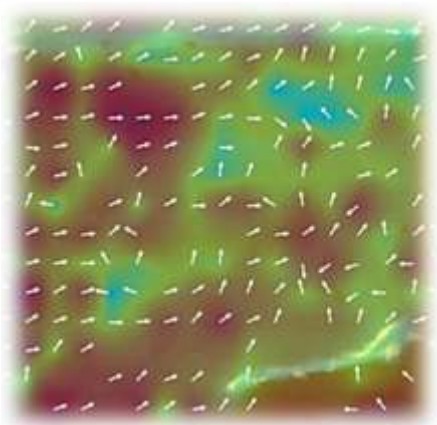


Grzegorz Szczepański

Mobilne stanowisko  
do wizualizacji parametrów  
**pola akustycznego źródeł hałasu**  
na podstawie bezpośredniego pomiaru  
prędkości akustycznej w polu bliskim



Materiały informacyjne CIOP-PIB

Mobilne stanowisko do wizualizacji parametrów pola akustycznego źródeł hałasu na podstawie bezpośredniego pomiaru prędkości akustycznej w polu bliskim

*Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.*

*Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy*

*Zadanie 2.G.06: Mobilne stanowisko do wizualizacji pola akustycznego źródeł hałasu z wykorzystaniem bezpośredniego pomiaru prędkości akustycznej w polu bliskim*

Autor:

mgr inż. Grzegorz Szczepański – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych, Pracownia Aktywnych Metod Redukcji Hałasu

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2019

**CIOP**  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. (48-22) 623 36 98, [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)

## Wprowadzenie

Proces ograniczania zagrożenia hałasem na stanowisku pracy powinien się zaczynać od zidentyfikowania źródeł emisji hałasu i oceny jego parametrów. Gdy już uda się wskazać element maszyny, który emituje hałas, można podjąć odpowiednie działania, a więc usunąć źródło hałasu bądź zastosować rozwiązania przeciwhałasowe.

## Mobilne stanowisko do wizualizacji pola akustycznego – budowa i zastosowanie

Do lokalizowania źródeł hałasu i pomiarów jego parametrów służy mobilne stanowisko (rys. 1) do wizualizacji pola akustycznego źródeł hałasu na podstawie bezpośredniego pomiaru prędkości akustycznej w polu bliskim, bazujące na systemie pomiarowym Scan & Paint 3D firmy Microflown Technologies.

To rozwiązanie pozwala na wykonanie trójwymiarowych hologramów prędkości akustycznej, ciśnienia akustycznego i natężenia dźwięku. Można je wykorzystać do lokalizowania źródeł dźwięku zarówno małych obiektów (np. silnika elektrycznego czy pompy próżniowej), jak i dużych maszyn przemysłowych.

Zakresy częstotliwości, dla których wykonuje się poszczególne pomiary, są następujące:

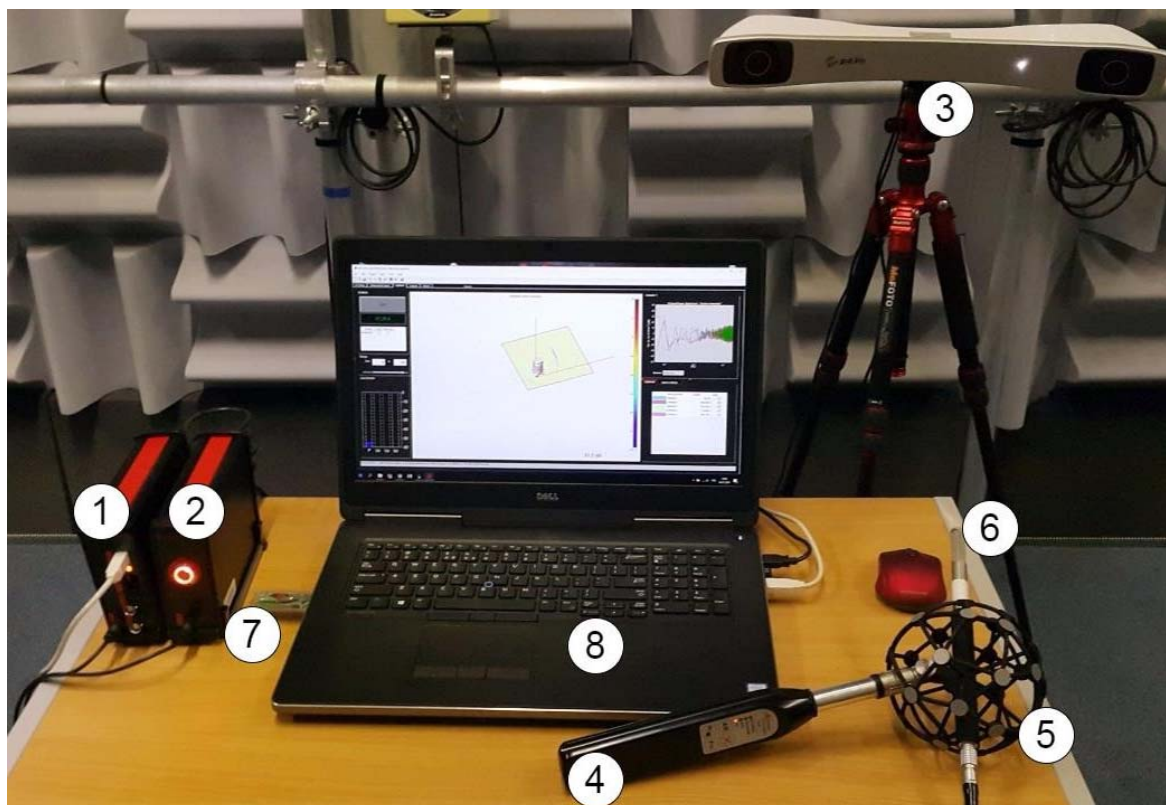
- od 40 Hz do 10 kHz – w przypadku lokalizowania źródeł emisji dźwięku i pomiarów prędkości akustycznej
- od 400 Hz do 10 kHz – w przypadku pomiarów natężenia dźwięku i mocy akustycznej
- od 40 Hz do 10 kHz – w przypadku pomiarów ciśnienia akustycznego.

System pomiarowy, stanowiący zasadniczy element mobilnego stanowiska, składa się z trzech podsystemów:

- podsystemu pomiarowego,
- podsystemu śledzenia lokalizacji sondy
- podsystemu skanowania powierzchni badanego obiektu.

Elementem pomiarowym jest sonda anemometryczna, umożliwiającą bezpośredni pomiar wielkości wektorowych charakteryzujących pole akustyczne (tj. prędkości akustycznej w trzech ortogonalnych kierunkach) oraz wyznaczenie i zobrazowanie rozkładu energetycznego pola akustycznego generowanego przez obiekty o dowolnym kształcie.

Maksymalny możliwy do zmierzenia poziom ciśnienia akustycznego wynosi 110 dB, a poziom prędkości akustycznej – 135 dB.



**Rys. 1.** Widok mobilnego stanowiska do wizualizacji pola akustycznego źródeł hałasu: 1 – moduł akwizycji danych SCOUT V2, 2 – układ kondycjonujący MFPA-4, 3 – stereoskopowa kamera podczerwieni PST-Iris, 4 – pilot operatora, 5 – sferyczny znacznik lokalizacji sondy, 6 – sonda USP REGULAR, 7 – moduł radiowej transmisji danych, 8 – komputer z dedykowanym oprogramowaniem VELO

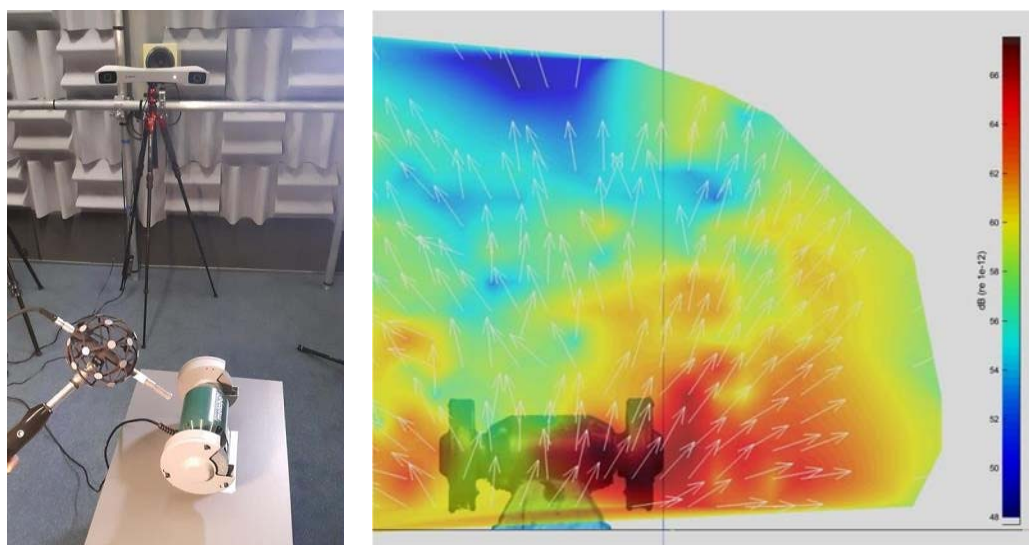
Badania przeprowadza się w miejscu zainstalowania (funkcjonowania) maszyny. Najpierw wykonuje się skan maszyny (lub jej elementu), aby w programie komputerowym uzyskać jej trójwymiarowy model. Następnie za pomocą akustycznej sondy natężeniowej skanuje się przestrzeń wokół maszyny w celu pozyskania danych o emitowanym hałasie. Proces pomiarowy zależy od wielkości i właściwości maszyny, lecz zazwyczaj jest czasochłonny (niekiedy trwa nawet kilka godzin).

Wyniki pomiarów są prezentowane w formie barwnych grafik, obrazujących emisję i propagację hałasu wokół maszyny – na tej podstawie można zidentyfikować główne źródła hałasu w maszynie. Dane mogą być również przedstawione na wykresach i w postaci liczbowej.

Identyfikacja źródeł hałasu ma kluczowe znaczenie w ocenie maszyn, urządzeń i zabezpieczeń przeciwhałasowych – zwłaszcza tych projektowanych lub modernizowanych.

## Wpływ zakłóceń oraz parametrów analiz na dokładność otrzymywanych wyników

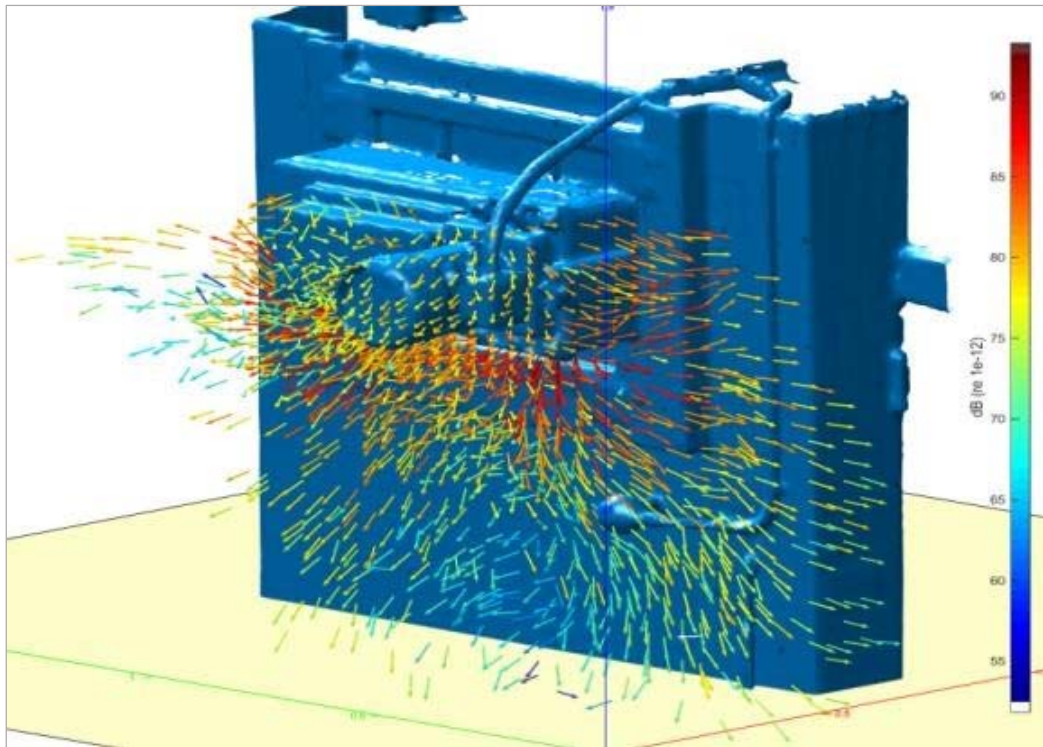
W ramach badań prowadzonych w CIOP-PIB przeanalizowano możliwości wykorzystania mobilnego stanowiska w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych. Sprawdzano m.in. wpływ zakłóceń (elektromagnetycznych i termicznych oraz związanych z przepływem masowym ośrodka) na rozdzielczość wizualizacji oraz dokładność pomiaru prędkości akustycznej w polu bliskim. Wyniki tych analiz były podstawą do opracowania procedury obrazowania prędkości akustycznej, ciśnienia oraz natężenia dźwięku metodą skaningową. Procedurę zweryfikowano w toku pilotażowych badań laboratoryjnych (z wykorzystaniem źródeł rzeczywistych), które koncentrowały się na promieniowaniu hałasu oraz wpływie zmian parametrów analiz zarejestrowanych sygnałów na otrzymywane wyniki. Przykładowe wizualizacje przedstawiono na rys. 2.



**Rys. 2.** Stanowisko pomiarowe do badania promienia hałasu szlifierki (po lewej) oraz przykładowa wizualizacja natężenia dźwięku emitowanego przez szlifierkę (po prawej)



Badania w warunkach rzeczywistych pozwoliły na udoskonalenie opracowanej procedury oraz przystosowanie mobilnego stanowiska w taki sposób, aby mogło być wykorzystywane w przedsiębiorstwach do wykonywania badań emisji hałasu maszyn i urządzeń. Przykładową wizualizację uzyskaną w badaniach w warunkach rzeczywistych pokazano na rys. 3.

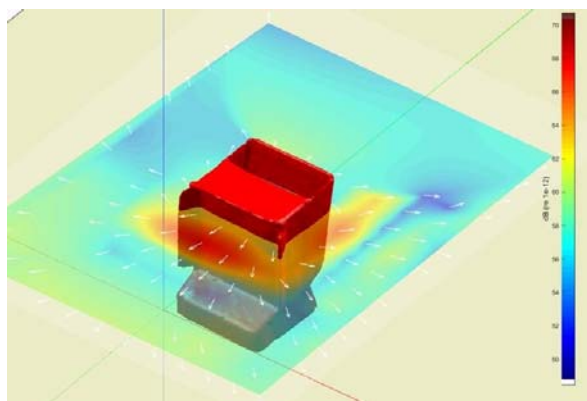
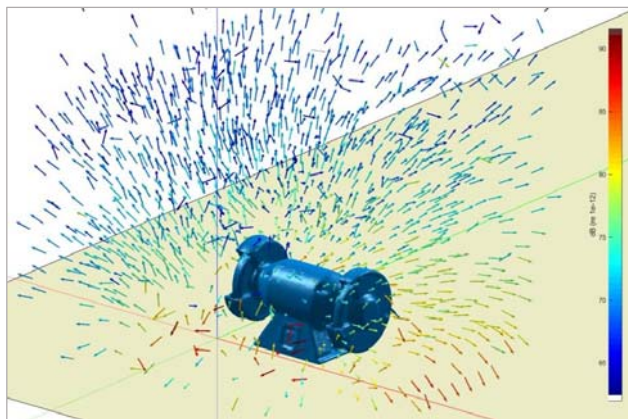


Rys. 3. Wizualizacja rozkładu wektorowego natężenia dźwięku emitowanego przez piec

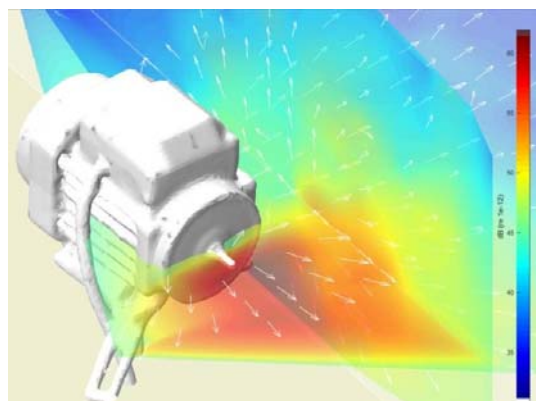
## Rodzaje wizualizacji

Mobilne stanowisko znajduje zastosowanie w badaniach promieniowania dźwięku i przepływu energii akustycznej wokół źródeł. Pozwala na uzyskanie różnego rodzaju wizualizacji rozkładu energetycznego hałasu emitowanego przez źródło w polu bliskim i dalekim. Pierwszym rodzajem jest wizualizacja rozkładu natężenia dźwięku emitowanego przez źródło w przestrzeni 3D (rys. 4), która daje ogólny obraz przepływu energii akustycznej. Drugim rodzajem wizualizacji jest zrzutowanie wybranych parametrów pola akustycznego (poziomu ciśnienia akustycznego, natężenia dźwięku lub prędkości akustycznej dla danego kierunku) na wybraną płaszczyznę pomiarową (rys. 5) lub kombinacja wizualizacji kilku płaszczyzn (rys. 6).

**Rys. 4.** Wizualizacja rozkładów 3D natężenia dźwięku emitowanego przez szlifierkę



**Rys. 5.** Wizualizacja natężenia dźwięku emitowanego przez odsysacz oparów dla płaszczyzny prostopadłej do otworu wlotowego



**Rys. 6.** Wizualizacja natężenia dźwięku emitowanego przez silnik elektryczny dla złożenia dwóch prostopadłych płaszczyzn

Mobilne stanowisko do wizualizacji pola akustycznego ułatwi przedsiębiorcom proces detekcji źródeł hałasu stacjonarnego i pomoże im wprowadzać na rynek maszyny i urządzenia o niskiej emisji hałasu do otoczenia (ze szczególnym uwzględnieniem stanowisk pracy).