

OLSZEWSKI Ryszard

WPLYW OPRZYRZĄDOWANIA POMIAROWEGO NA ROZKŁAD POŁA AKUSTYCZNEGO*

Streszczenie

Artykuł dotyczy badań modelowych wpływu oprzyrządowania pomiarowego na pole akustyczne w którym się znajdują. Przedstawiono wyniki dla dwóch obiektów różniących się kształtem, które są wymieniane jako możliwe do wykorzystania w charakterze urządzenia pozwalającego przemieszczać elementy toru pomiarowego.

WSTĘP

Procedury pomiarów akustycznych nie zostały dotąd zautomatyzowane. Szczególnie w średnich i dużych pomieszczeniach takich jak poczekalnie dworcowe, hale odpraw lotnisk, hale centrów przeładunkowych itp., narzucone odrębnymi przepisami pomiary własności akustycznych wymagają dużego nakładu pracy i czasu, co wprost przekłada się na wzrost kosztów ich realizacji. W ostatnim czasie powstaje szereg opracowań, pomysłów i rozwiązań technicznych umożliwiających przynajmniej częściową automatyzację pomiarów. Automatyzacja pomiarów wymaga wprowadzenia do badanego wnętrza oprzyrządowania, które w konsekwencji może zakłócać pole akustyczne. Sam pomiar ciśnienia akustycznego traktowany jest jako pomiar inwazyjny [4]. Ze względu na stosunkowo falowe małe (w odniesieniu do długości fali) rozmiary mikrofonu przyjmuje się, że w zakresie fal słyszalnych wpływ ten jest znikomy. Niestety nie można tego założyć przy zastosowaniu oprzyrządowania na przykład w postaci wysięgnika oraz elementów zapewniających możliwość przemieszczania niektórych elementów toru pomiarowego. W pracy przeanalizowano dwa warianty kształtu obiektu umieszczonego w mierzonym polu akustycznym, bryły o przekroju owalu oraz ramienia wysięgnika. Dla każdego z tych wariantów wykonano serię symulacji aby oszacować jakościowy wpływ na pole akustyczne.

1. POMIESZCZENIE JAKO UKŁAD AKUSTYCZNY

Pomieszczenie zamknięte można traktować jako wyodrębnioną przestrzeń za pomocą zamkniętego układu ścian. Wówczas objętość, całkowita powierzchnia ścian, wykorzystane materiały oraz geometria są elementarnymi danymi, które uwzględniane są w akustyce wnętrz. Wnętrze pomieszczenia wypełnione jest powietrzem o określonych parametrach takimi jak ciśnienie atmosferyczne, temperatura i wilgotność względna. Na ogół objętość pomieszczenia, jak i całkowita powierzchnia odbijająca ścian ograniczających przestrzeń traktowane są jako wielkości niezmienne. W każdym pomieszczeniu możliwe jest

* Praca wykonana w ramach badań statutowych nr 11. 11.130.885

wyróżnienie co najmniej 2 punktów, które odpowiadają lokalizacji źródła dźwięku oraz miejscu gdzie prowadzona jest ogólnie pojęta obserwacja, rozumiana jako odbiór (percepcja przez słuchacza) lub rejestracja dźwięku.

Jednakże rzeczywiste warunki rozchodzenia się dźwięku w pomieszczeniach są znacznie złożone ze względu na występowanie szeregu zjawisk, jakim podlegają fale akustyczne. Można wskazać na istnienie zjawisk pochłaniania, odbicia, rozproszenia oraz ugięcia fali akustycznej. Rejestrując dźwięk w określonym punkcie pomieszczenia trzeba pamiętać, że stanowi on wypadkową dźwięków, które zanim dotarły do punktu obserwacji to przebyły znaczną drogę ulegając czy to jednym czy też wielokrotnym odbiciom[3].

Zatem na potrzeby niektórych badań o charakterze poznawczym wystarczające jest wyróżnienie w pomieszczeniu 2 punktów, tj. punktu generacji i punktu obserwacji fali dźwiękowej. Przy założeniu, że pomieszczenie jest układem o stałych parametrach i że nie wprowadza ono zniekształceń nieliniowych to można wykorzystać teorię liniowych układów fizycznych o niezmiennych w czasie parametrach do opisu zjawisk zachodzących przy propagacji fali dźwiękowej w pomieszczeniu [2].

Zgodnie z tą teorią, relację pomiędzy sygnałem obserwowanym w punkcie odbioru a sygnałem docierającym ze źródła opisuje całka spłotu (1)[2]:

$$y(t) = h(t) * x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau)x(t - \tau)d\tau \quad (1)$$

Gdzie: symbol * oznacza operację spłotu, zaś $h(t)$ jest odpowiedzią impulsową, która definiowana jest jako reakcja na impuls o „kształcie” delty Diraca $\delta(t)$.

$$h(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(\tau)d\tau \quad (2)$$

Teoria liniowych układów fizycznych o niezmiennych w czasie parametrach stanowiła podstawę do sformułowania obiektywnych metod oceny własności akustycznych wnętrz opartych na szeregu wskaźników, które wyznaczane są w oparciu o zarejestrowaną odpowiedź impulsową.

Poważną niedogodnością zależności (1) jest to, że funkcja $h(t)$ jest w pomieszczeniu zależna zarówno od położenia źródła dźwięku jak i punktu obserwacji. Dla różnych lokalizacji, zależności pomiędzy sygnałem wejściowym a sygnałem wyjściowym będą różne, a zatem funkcja $h(t)$ będzie inna. Z punktu widzenia teorii liniowych układów fizycznych można postawić trudną do obronienia tezę, że niezależnie od położenia źródła dźwięku i punktu obserwacji uzyskiwane odpowiedzi impulsowe będą zawierać informacje o najistotniejszych cechach pomieszczenia. Dlatego też we współczesnych technikach oceny parametrów wnętrz opartych na pomiarze odpowiedzi impulsowej wykonuje się wielokrotny pomiar odpowiedzi impulsowej w całej objętości wnętrza badanego pomieszczenia. Uzyskany wynik albo się uśrednia dla pomieszczenia albo prezentuje się w postaci rozkładu na powierzchni pomiarowej. Taka technika wymaga jednak bardzo dużego nakładu pracy i tym samym jest bardzo czasochłonna. Jednym ze sposobów ograniczenia nakładu pracy przy rejestrowaniu odpowiedzi impulsowych jest automatyzacja pomiarów.

Wiedza w zakresie oddziaływania elementów stanowiących oprzyrządowanie pomiarowe (stojaki, uchwyty, itp.) na pole akustyczne wytwarzane przez źródła fal dźwiękowych ograniczona jest w zasadzie do pola swobodnego. Katedra Mechaniki i Wibroakustyki prowadziła w tym zakresie badania, które zaowocowały zastosowaniem manipulatora w komorze bezdechowej do automatyzacji pomiarów akustycznych [1]. Należy zwrócić uwagę, że w przypadku komory bezdechowej występuje pole swobodne bez fal odbitych i nie jest możliwe przeniesienie tak uzyskanych doświadczeń i wiedzy na grunt warunków jakie panują w pomieszczeniu, w którym występują fale odbite.

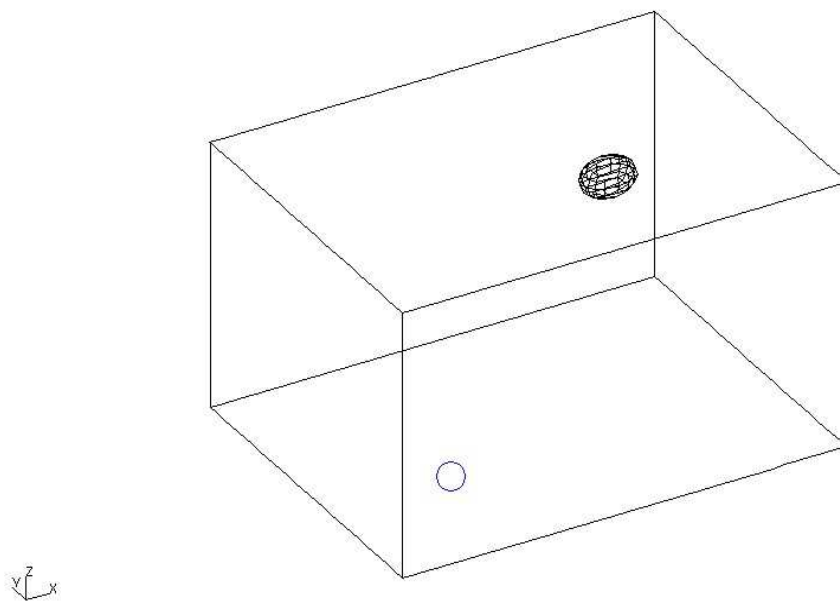
2. MODEL POLA AKUSTYCZNEGO W POMIESZCZENIU

2.1. Bryła o przekroju owalu

Analizując ten problem nie sposób jest nie skorzystać z możliwości zamodelowania wnętrza pomieszczenia z uwzględnieniem zakłócenia od dodatkowego oprzyrządowania. W tym wypadku posłużono się metodą elementów brzegowych jako przybliżoną metodą rozwiązania modelu matematycznego jakim jest równanie Helmholtza (3).

$$\nabla^2 p(u) + k^2 p(u) = f(u) \quad (3)$$

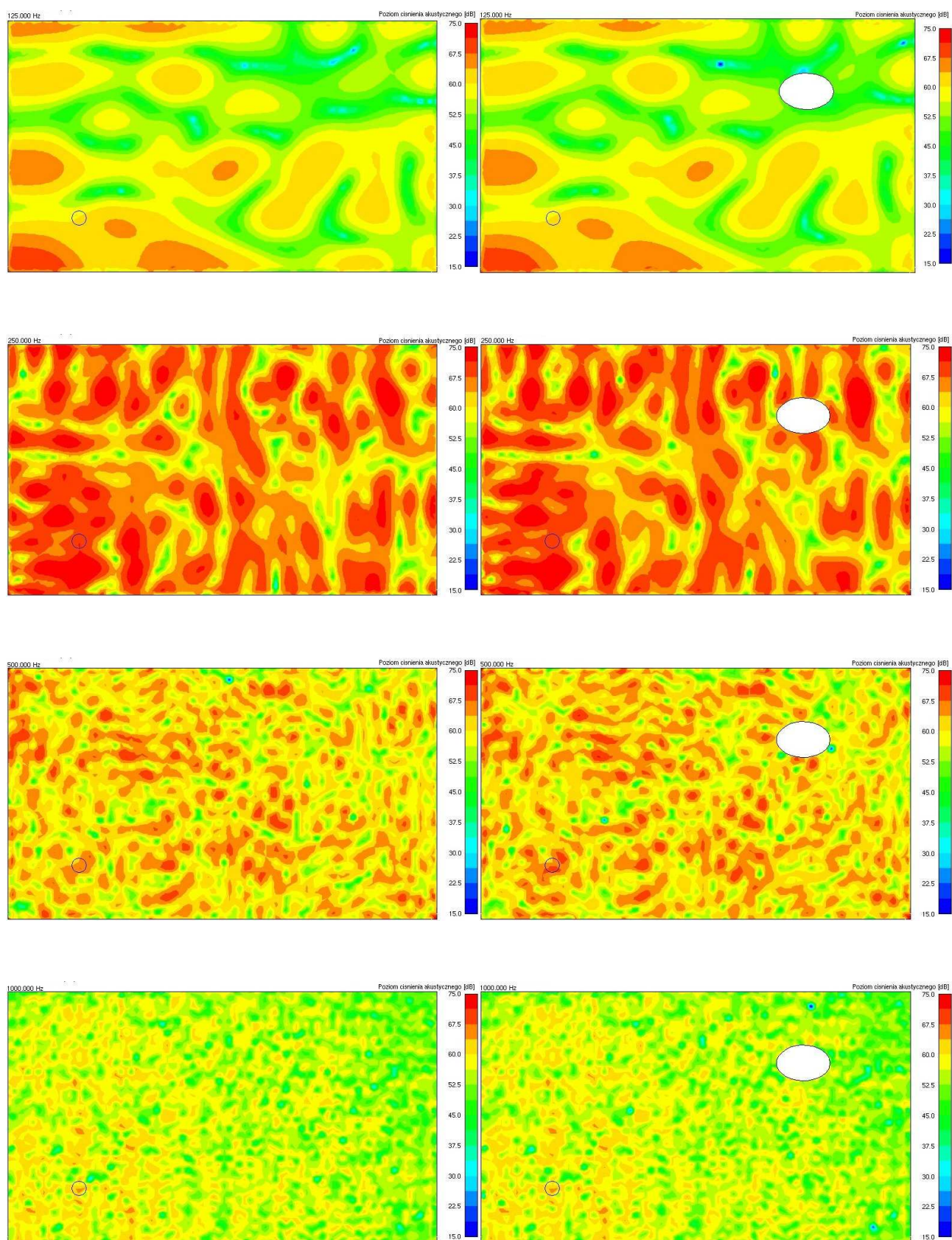
Zamodelowano pomieszczenie przedstawione na rysunku 1 o wymiarach: $l=12$ [m], $s=9$ [m], $h=7$ [m], do którego wprowadzono bryłę o wymiarach $1,5$ [m] x 1 [m], która stanowiła ogólnie pojęte zakłócenie wnętrza, a tym samym wpływała na pole akustyczne wewnątrz. Stanowiła ona hipotetyczne urządzenie służące do przemieszczania mikrofonu w pomieszczeniu rzeczywistemu jakiemu odpowiada model.



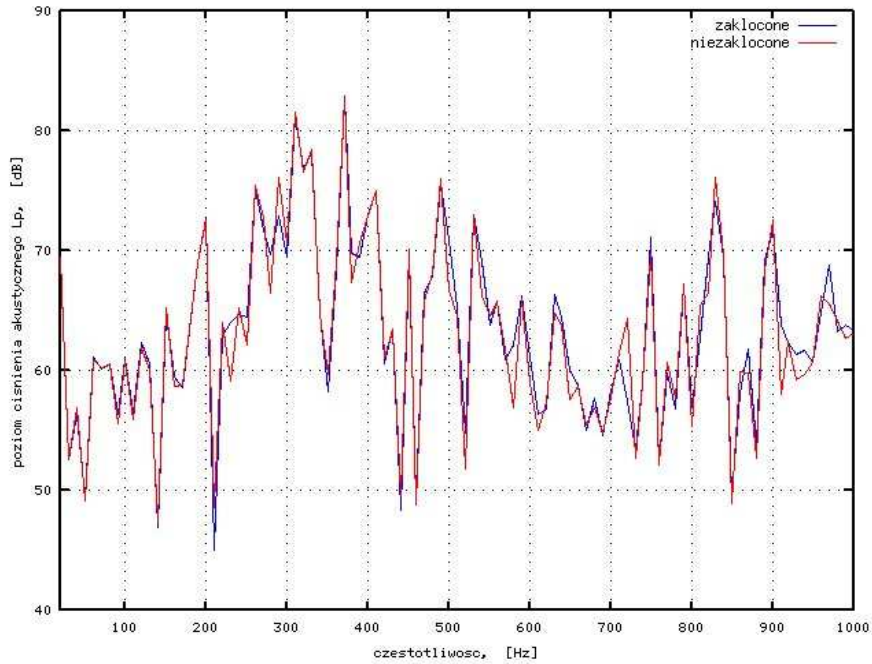
Rys. 1. Model pomieszczenia z elementem zakłócającym o przekroju owalu

Przyjęto, iż dla ośrodka (powietrze) gęstość wynosi $\rho=1,221$ [kg/m³], prędkość rozchodzenia się dźwięku $c=343$ [m/s]. Dla uproszczenia, które nie wpływa istotnie na walory poznawcze, przyjęto, iż na wszystkich ścianach ograniczających wnętrze impedancja akustyczna jest taka sama i wynosi $Z_s=4750 - i520$ zaś impedancja akustyczna elementu zakłócającego jest równa $Z_z=1200 - i90$. Źródło fali sferycznej o poziomie mocy akustycznej $L_N=75$ [dB] przyjęto w punkcie o współrzędnych $x_g=1,2$ [m], $y_g=1,0$ [m], $z_g=1,5$ [m]. Element stanowiący zakłócenie pola akustycznego umiejscowiono w $x_s=9,0$ [m], $y_s=6,0$ [m], $z_s=5,5$ [m]. Punkt obserwacji (rejestracji) zlokalizowano w $x_e=9,0$ [m], $y_e=6,0$ [m], $z_e=4,25$ [m], a zatem bezpośrednio w rejonie elementu zakłócającego, ale w taki sposób, że jest on „widoczny” ze źródła, czyli dociera do niego fala bezpośrednia. Dodatkowo, dla uzyskania rozkładu ciśnienia akustycznego wewnątrz pomieszczenia zdefiniowana została powierzchnia pomiarowa w płaszczyźnie ZX.

Obliczenia wykonano w zakresie częstotliwości od 20 Hz do 1 kHz z przyrostem $\Delta f=5$ Hz. Wyniki w postaci rozkładów poziomu ciśnienia akustycznego na powierzchni pomiarowej dla modelowanego wnętrza bez elementu zakłócającego oraz z elementem w arbitralnie wybranych częstotliwościach: 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz zestawiono na rys. r.2



Rys. 2. Rozkłady poziomu ciśnienia akustycznego dla „pustego” oraz wnętrza z obiektem o owalnym przekroju

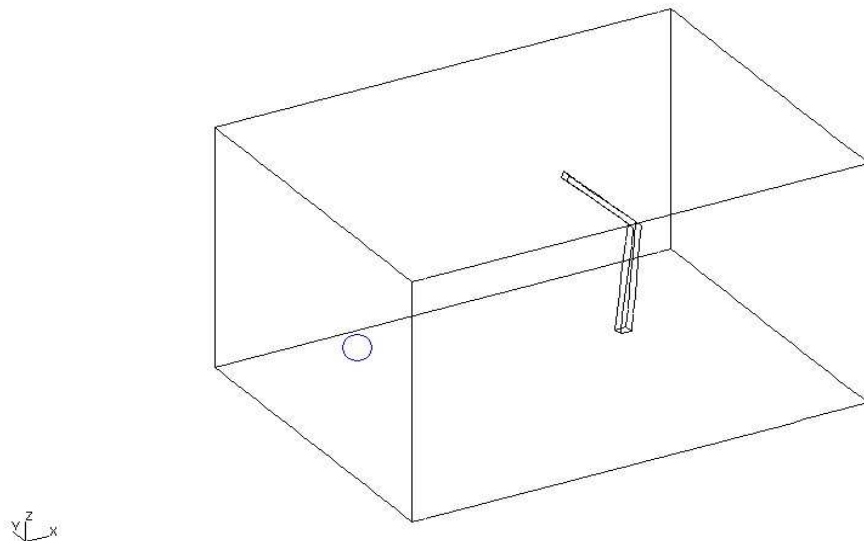


Rys. 3. Charakterystyka amplitudowo – częstotliwościowa poziomu ciśnienia akustycznego w punkcie obserwacji dla obiektu o owalnym przekroju

Na rysunku 3 przedstawiono zależność poziomu ciśnienia akustycznego w funkcji częstotliwości wyznaczonego w punkcie obserwacji dla pola akustycznego zakłóconego i nie zakłóconego dodatkowym elementem od oprzyrządowania pomiarowego.

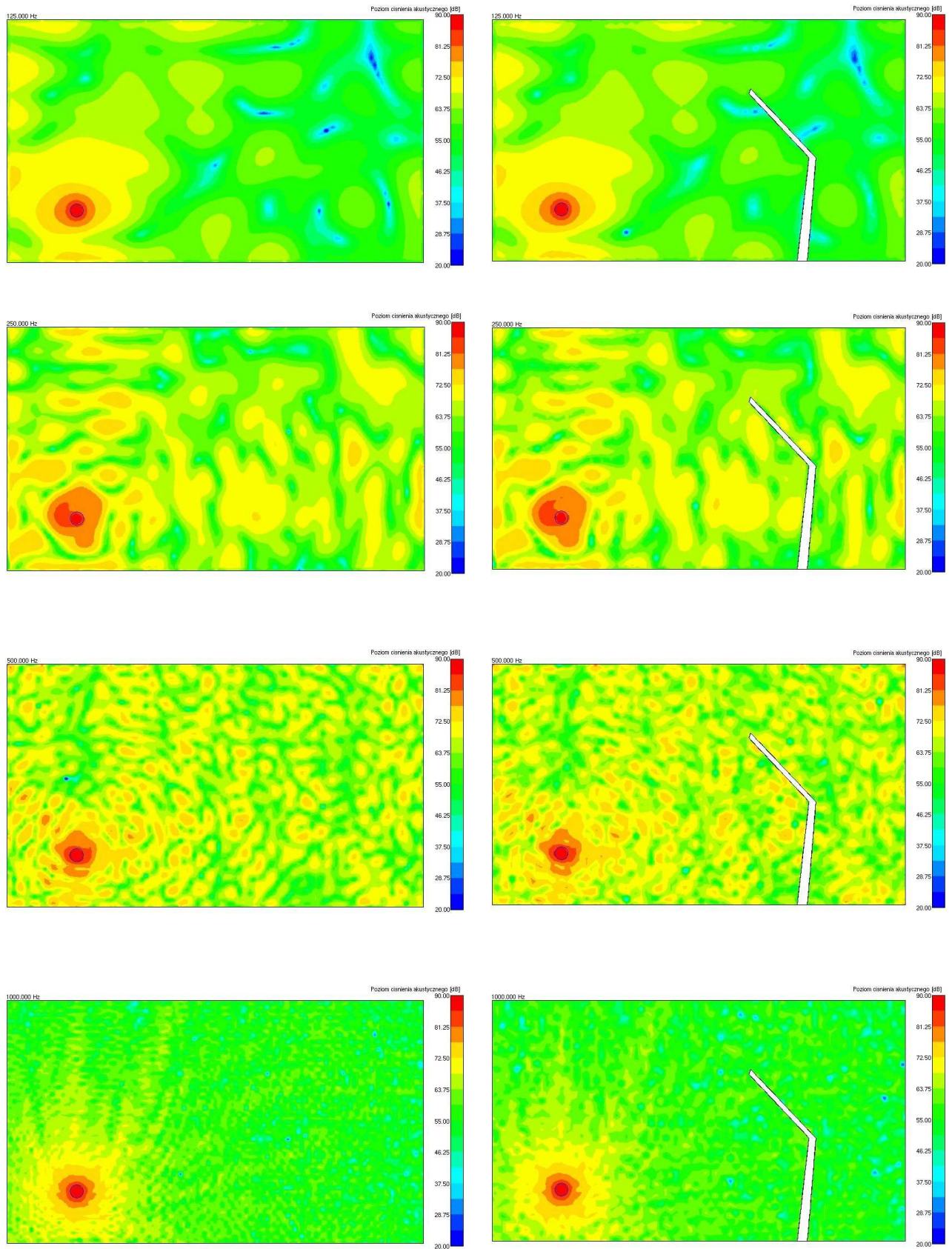
2.2. Ramię wysięgnika

Pod względem wpływu na pole akustyczne rozpatrzono inny możliwy wariant oprzyrządowania wspomagającego pomiar, to jest ramienia wysięgnika stanowiący manipulator. Schematycznie ilustruje to rysunek 4.

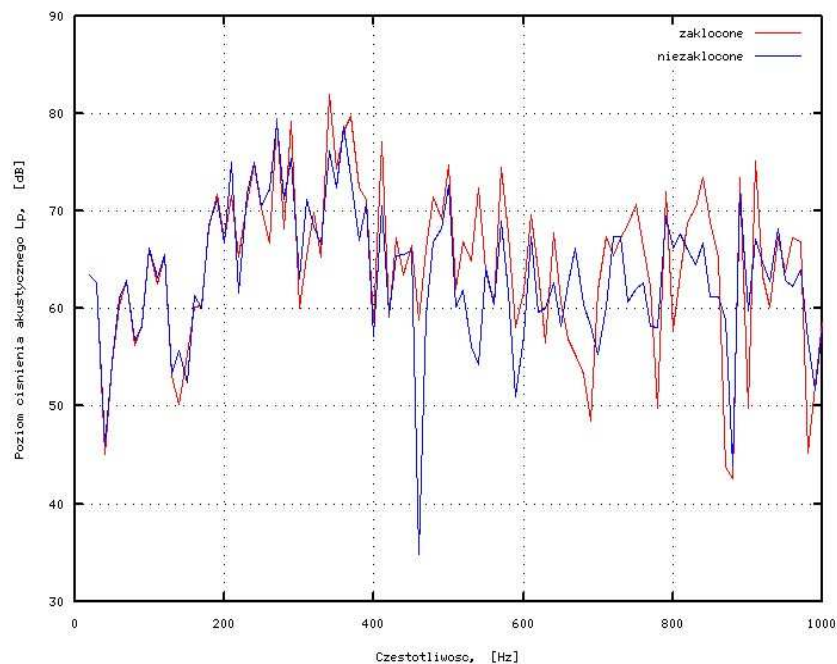


Rys.4 Model pomieszczenia z wysięgnikiem jako elementem zakłócającym

W wyniku przeprowadzonych obliczeń tak jak w poprzednim przypadku, uzyskano wyniki prezentowane na rys. 5 i 6.



Rys. 5. Rozkłady poziomu ciśnienia akustycznego dla wnętrza z ramieniem wysięgnika



Rys. 6. Charakterystyka amplitudowo – częstotliwościowa poziomu ciśnienia akustycznego w punkcie obserwacji wokół wysięgnika

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki co prawda obrazują zmiany pola akustycznego wskutek wprowadzenia dodatkowego elementu w modelowanym wnętrzu, ale na tym etapie nie uprawniają do formułowania konkretnych wniosków. Należy uznać, że element nie stanowiący „wyposażenia” pomieszczenia, ale wprowadzony do jego wnętrza wpływa na wartości mierzone w polu akustycznym w zależności od swojego kształtu, wymiarów oraz położenia. Zakres tego wpływu na podstawie uzyskanych wyników jest różny w zależności od konstrukcji elementu oprzyrządowania. Analizując modelowane przypadki, swoistym zaskoczeniem okazał się większy wpływ wysięgnika na pole akustyczne. Pomimo smukłego kształtu ramię wysięgnika w znaczący sposób zakłóca w punkcie obserwacji wartość ciśnienia akustycznego dla częstotliwości powyżej 300 [Hz], podczas gdy element o „skupionej objętości” niemal w całym badanym przedziale nie wpływa istotnie na wynik obserwacji. Uzyskane na tym etapie wyniki w żaden sposób nie uprawniają do wnioskowania o tym, czy konkretne rozwiązanie jest lepsze lub gorsze. Tym bardziej, że każde z nich może być poddane zmianom konstrukcyjnym, których wpływ na pole akustyczne bez analizy jest niemożliwy do oszacowania. W dalszym etapie dla uzyskania pełnego obrazu zjawisk i ich wpływu na mierzone wielkości w polu akustycznym konieczne jest przeanalizowanie rozkładu pola akustycznego na możliwie jak największej liczbie powierzchni pomiarowych oraz geometrycznej konfiguracji układu źródła fali dźwiękowej – punkt obserwacji. Pozwoli to z jednej strony oszacować wpływ zakłóceń oprzyrządowania pomiarowego na obserwowane wyniki oraz wskazać sposoby minimalizacji tego wpływu przez przyjęcie odpowiednich rozwiązań technicznych.

BIBLIOGRAFIA

1. Kamisiński T., Flach A., *A uniplanar manipulator for precision acoustic studies*. Archives of Acoustics, 2006 vol. 31 no. 4 suppl. s. 235–238.

2. Poularikas A.D., Seely S., *Signals and systems*. PWS Engineering, Boston 1985.
3. Weyna S., *Identification of reflection, diffraction and scattering effects in real acoustics flow fields*. Archives of acoustics, 2003 vol. 28, no. 3, 191–203.
4. Witew I., Vorlander M., *Uncertainties of room acoustical measurements – influence of the exact source and receiver position*. Proceedings of the Institute of Acoustics, Vol.33. Pt.2 2011, (23-26).

AN INFLUENCE OF THE MEASURING INSTRUMENTS ON THE ACOUSTIC FIELD DISTRIBUTION

Abstract

The paper concerns a model based research of an impact of a measurement equipment on the acoustic field it is located in. The results for the two objects that differ in shape, and both are possible to use as a device allowing to move the measurement path elements, are presented.

Autor:

dr inż. **Ryszard Olszewski** – AGH Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie