

JANUSZ PIECHOWICZ

## **Wybrane metody analizy właściwości akustycznych pomieszczeń przemysłowych**

### **Streszczenie**

Właściwości akustyczne pomieszczenia wynikają z jego geometrii, konfiguracji oraz właściwości akustycznych materiałów pokrywających jego wewnętrzne powierzchnie. Układ ten ma decydujący wpływ na cechy pola akustycznego wytworzonego przez źródło dźwięku umieszczone w obszarze zamkniętym. Badania teoretyczne i eksperymentalne dostarczają wielu metod analizy cech pola akustycznego. W zakresie małych częstotliwości do opisu pola akustycznego w pomieszczeniach stosuje się model falowy bazujący na rozwiązaniu równania falowego. Wzrastające możliwości równoległego pozyskiwania danych i skutecznego ich przetwarzania oraz zwiększenie zdolności obliczeniowych komputerów umożliwiły zastosowanie metod inwersyjnych w dziedzinie wibroakustyki. Koncepcja stosowania metod inwersji w akustyce bazuje na tym, że możliwe jest odtworzenie parametrów obszaru układu wibroakustycznego, jeżeli znana jest funkcja przejścia lub model propagacji wiążący pole akustyczne z właściwościami akustycznymi brzegu obszaru. Odwrotne sformułowanie problemu w akustyce oznacza, że parametry akustyczne modelu, np. maszyny, pomieszczenia, pozyskiwane są z wyników pomiarów w ich polu akustycznym. Autor połączył metody eksperymentalne z modelowaniem numerycznym pola akustycznego w pomieszczeniu, co pozwoliło na określenie impedancji akustycznej powierzchni ograniczających analizowany obszar pola akustycznego. Celem badań była analiza właściwości akustycznych pomieszczeń typu przemysłowego z wykorzystaniem metody inwersji. Szczególną uwagę zwrócono na zjawiska akustyczne zachodzące w małych pomieszczeniach przemysłowych przy niskich częstotliwościach. W dziedzinie średnich i wysokich częstotliwości istnieje wiele programów wspomaganie komputerowego, których algorytmy bazują na zasadach akustyki geometrycznej. W przypadku modelowania małych pomieszczeń z wykorzystaniem metod numerycznych warunki brzegowe podawane są w postaci impedancji akustycznej badanych materiałów budowlanych, którą można wyznaczać w miejscach ich występowania.

Cel i zakres podjętej pracy przedstawiony jest w rozdziale pierwszym rozprawy. Dwa kolejne rozdziały to przegląd tematów związanych z akustyką pomieszczeń przemysłowych i wibroakustyką maszyn. W obu rozdziałach autor odniósł się do swoich badań z tej dziedziny. Opis zjawisk fizycznych dotyczących pochłaniania dźwięku i impedancji akustycznej przedstawia rozdział czwarty. Omówiono w nim techniki pomiarowe, w warunkach laboratoryjnych i w warunkach poligonowych, prowadzące do wyznaczenia parametrów związanych z właściwościami akustycznymi pomieszczenia. Rozdział piąty zawiera wyniki przeprowadzonych eksperymentów w zakresie wyznaczenia impedancji akustycznej materiałów i badań rozkładu ciśnienia akustycznego w pomieszczeniach. Szósty rozdział poświęcony

jest wyznaczaniu impedancji akustycznej materiałów z wykorzystaniem metody inwersji. Prezentowane są badania przeprowadzone na modelu pomieszczenia oraz w rzeczywistym pomieszczeniu. W ostatnim, siódmym, rozdziale podsumowano pracę oraz sformułowano wnioski dotyczące dalszych możliwych kierunków badawczych. W ten sposób zrealizowano cel pracy, którym było wykazanie zasadności wykorzystania metody inwersji w analizie właściwości akustycznych pomieszczeń, a w szczególności do wyznaczania impedancji akustycznej materiałów ścian w małych pomieszczeniach typu przemysłowego.

JANUSZ PIECHOWICZ

## **Selected Methods for the Analysis of Acoustic Properties of Industrial Workshops**

### **Summary**

Acoustic properties of a room follow from its geometry, configuration and the acoustic properties of the materials covering its internal surfaces. This system has a decisive effect on the characteristics of the acoustic field produced by a source located in a closed area. Theoretical and experimental methods of analysis provide many features of the sound field. The wave model – based on the solution of the wave equation – has been used to describe the low frequencies of a room's sound field.

Modern computing speeds and capacity have revolutionized vibroacoustics because parallel data acquisition and processing is now a reality, thereby making possible the application of inversion methods. The concept of inversion methods in acoustics is founded on the possibility of restoring the area of vibroacoustic parameters. These include knowledge of the transfer function or binding propagation model of the sound field acoustic boundary properties. Inverse formulation in acoustics means that the acoustic model parameters, such as the machine or the room, are derived from measurements in the sound field itself. Through experimental methods and numerical modeling of the room's sound field, it is possible to determine the acoustic impedance for limiting the surface area of the analyzed sound field.

The aim of the study was to analyze the acoustic characteristics of the industrial type room using the method of inversion, and in particular, to determine the acoustic impedance of the wall material in small areas of the industrial type. Particular attention was paid to the smaller domains of industrial settings and acoustic phenomena occurring in low frequencies. For mid to high frequencies, there are already adequate geometrically-sound computer algorithms. However, in numerical modelling of small spaces, boundary conditions are defined by acoustic impedance; this offers the advantage of testing construction materials in the places where they occur.

Chapter one outlines the purpose and scope of the work. Chapters two and three provide an overview of topics related to industrial room acoustics and vibroacoustic machines; the author's contextual research is also referenced. Chapter four describes the physical phenomena of sound absorption and acoustic impedance. In that chapter, the techniques discussed are based on measurements on laboratory conditions and under in situ conditions, leading to the designation of the parameters related to the acoustic properties of the room. Chapter five gives the results of experimental studies to determine acoustic impedance and acoustic pressure distributions in onsite research materials. Chapter six is devoted to determining

the acoustic impedance materials using the method of inversion; the presented research is carried out in both model space and real space. Finally, chapter seven summarizes the work and suggests possible further research directions. In this way the work was carried out aim, which was to use the inversion method in the analysis of acoustic properties of spaces, and in particular to determine the acoustic impedance of the wall material in small areas of the industrial type.