

WSTĘP

Instrumenty muzyczne, takie jak gitary i skrzypce, towarzyszą ludziom od kilku stuleci. Na początku powstawały metodą prób i błędów. Systematyczne badania naukowe, których celem było poznanie podstaw fizycznych rządzących generacją dźwięku oraz ulepszanie i dostosowywanie instrumentów do rosnących wymagań wykonawczych, rozpoczęto na początku XX w. Szczególnie szybki rozwój wiedzy dotyczącej zachowań dynamicznych instrumentów muzycznych związany był z pojawieniem się technik eksperymentalnych umożliwiających obrazowanie drgań skrzypiec i gitar – analizy modalnej, interferometrii holograficznej i wibrometrii laserowej. To dzięki nim możemy oglądać tańczące skrzypce czy taniec brzucha w wykonaniu gitar. Duże znaczenie mają również metody komputerowe – metoda elementów skończonych i metoda elementów brzegowych.

Eksperymentalna analiza modalna instrumentów muzycznych (i nie tylko) to połączenie rzemiosła i sztuki. Rzemiosła, bo jak każdy eksperyment fizyczny wymaga solidnego i przemyślanego przygotowania, popartego wiedzą z mechaniki, akustyki, fizyki, przetwarzania sygnałów i lutnictwa, a sam test modalny bywa długi i żmudny, a sztuki – bo interpretacja uzyskanych wyników wymaga nie tylko solidnych podstaw teoretycznych i zmysłu analitycznego, ale wyobraźni oraz otwartości na nowe, nieraz zaskakujące, wyniki. Pomimo trudności natury technicznej, z którymi ma się do czynienia szczególnie podczas testu modalnego niepłaskich płyt skrzypcowych, prawidłowo wykonany i zinterpretowany test modalny jest źródłem dużej satysfakcji. Czasami, oglądając animacje obwiedni modalnych skrzypiec czy gitar, zastanawiałam się, czy to wszystko dzieje się naprawdę. Ale zmierzyłam, dzieje się.

Monografia jest przeznaczona dla praktyków zajmujących się analizą modalną, a także studentów akustyki, fizyki, wydziałów technicznych i lutnictwa. Mam nadzieję, że każdy znajdzie coś dla siebie.

W rozdziale pierwszym zawarto krótką historię ewolucji gitar i skrzypiec z wcześniejszych instrumentów, skondensowany przegląd

doniesień literaturowych dotyczących badań ich zachowań dynamicznych oraz ideowe wytłumaczenie zasady, na podstawie której działa wibrometr laserowy.

Rozdziały drugi i trzeci, to rozdziały zawierające podstawowe informacje o ruchu układu o jednym stopniu swobody oraz podstawy teoretycznej i eksperymentalnej analizy modalnej. Jeden z podrozdziałów jest poświęcony drganiom nieliniowym. Gdy takie drgania występują, analiza modalna staje się bezużyteczna, bo w układach nieliniowych nie obowiązuje zasada superpozycji modów. Na szczęście skrzypce i gitary można, pod pewnymi warunkami, traktować jak układy liniowe, co również zostało opisane. W rozdziale drugim wprowadzono pojęcie funkcji transmitancji wyrażonej parametrami fizycznymi układu i opisano jej rodzaje. W rozdziale trzecim funkcje transmitancji zapisano za pomocą parametrów modalnych, wyznaczanych w eksperymencie, czyli pokazano ścisły związek między teorią a praktyką. W drugim i trzecim rozdziale jest dużo wzorów i wyprowadzeń, ale to nie powinno zniechęcać Czytelnika. W wielu przypadkach podałam nie tylko końcowe rezultaty, ale również ich wyprowadzenia, aby Czytelnik mógł je powtórzyć i sprawdzić swoje wyniki „z książką”. Gorąco do tego zachęcam. Założyłam, że Czytelnik ma podstawowe wiadomości z rachunku macierzowego, różniczkowego oraz operuje liczbami zespolonymi. Nie ma powodu, żeby przerażać się stosowanymi symbolami i oznaczeniami. W fizyce już tak jest: każda wielkość, każda funkcja musi mieć swoje jednoznaczne oznaczenie. Inaczej jasność wywodu byłaby zachwiana. Zrozumienie praw i zasad rządzących ruchem układu o jednym stopniu swobody jest podstawą zrozumienia analizy modalnej.

Rozdział czwarty został poświęcony analizie modalnej płyt gitarowych, zarówno w kompletnym instrumencie, jak i poza nim. Opisano wpływ obelkowania, w tym klasycznego obelkowania sposobem Torreasa oraz kąta zamocowania szyjki na parametry modalne. Opisano również analizę modalną płyty gitarowej na kolejnych etapach konstrukcji.

Ostatni, piąty rozdział dotyczy analizy modalnej skrzypiec. Opisano w nim pierwszą, „kultową”, analizę modalną skrzypiec wykonaną przez Marshalla, analizę swobodnych wierzchnich i spodnich płyt skrzypcowych, wpływ modyfikacji, takich jak zmiana grubości płyty spodniej, rodzaj zastosowanego lakieru czy napięcie belki basowej na parametry modalne, analizę modalną podstawka oraz instrumentu z duszą i bez niej, a także analizę oktetu wiolinowego i skrzypiec tra-

pezoidalnych. W podrozdziałach traktujących o belce basowej, duszy, podstawku, lakierze, oktecie i skrzypcach trapezoidalnych zawarto krótkie wprowadzenie dotyczące przedmiotu analizy. Analiza modalna podstawka skrzypcowego wykazała, że np. eksploatowane kilka lat temu w literaturze zagadnienie „wzgórza podstawkowego”, czyli lokalnego maksimum obserwowanego w funkcji transmitancji, ma z samym podstawkiem niewiele wspólnego. Rezultaty analizy oktetu są szczególnie ważne, bo pozwoliły rozwikłać zagadkę „modu powietrznego A1”. Jest źródłem dźwięku, czy nie jest? I dlaczego rzadko ujawnia się w skrzypcach, a bardzo często w kontrabasie? W większości podrozdziałów rozważania ograniczono do tzw. modów sygnaturalnych, oznaczanych jako A0, A1, CBR, B(1-) oraz B(1+), tzn. modów objętości powietrza zawartej w korpusie i modów zginających korpusu, mających największy wpływ na jakość generowanego dźwięku. Raz tylko pozwoliłam sobie na nieco lżejsze potraktowanie tematu, czyli skrzypcowego „sera szwajcarskiego”. W rozdziałach traktujących o eksperymentalnych testach gitar i skrzypiec wyczerpująco opisano i zilustrowano wyniki oraz przebieg eksperymentów, zarówno tych znanych z literatury, jak i własnych. Informacje te mogą być przydatne, jeśli Czytelnik będzie planował, wykonywał i interpretował własne badania.

Eksperymentalna analiza modalna nie jest jedynym narzędziem wizualizacji modów drgań. Drugą techniką to metoda optyczna – interferometria holograficzna. Nie opisywano badań interferometrycznych skrzypiec i gitar, bo monografia jest o analizie modalnej. Niemniej jednak należy pamiętać, że obie techniki były, i nadal są, stosowane równolegle, a uzyskane wyniki są zbieżne. Podobnie świadomie zrezygnowano z opisu badań pola akustycznego generowanego przez gitary i skrzypce oraz subiektywnej oceny jakości ich brzmienia, z niewielkimi wyjątkami. Te zagadnienia i związane z nim techniki pomiarowe wykraczają poza ramy tematu monografii, choć w oczywisty sposób są z nią związane.

Na koniec słowo do Czytelników, którzy nie są wielbicielami matematyki. Jeśli nie dacie rady przebrnąć przez rozdziały drugi i trzeci, czyli te teoretyczne i „zmatematyzowane”, nie rezygnujcie. Dalej jest naprawdę interesująco.