

3. Ocena brzmień instrumentów.

3.1. Budowa i systematyka instrumentów muzycznych.

Podstawę każdego instrumentu stanowi jedno lub więcej ciał sprężystych, wykonujących drgania. Źródłem drgań, czyli wibratorem jest element drgający, którego zadaniem jest wywołanie fal dźwiękowych w otaczającym ośrodku za pomocą własnych drgań. Rolę wibratorów w instrumentach muzycznych mogą spełniać zarówno ciała stałe, jak i gazowe. Wszystkie wibratory mogą wykonywać drgania tylko wówczas, gdy zostaną pobudzone mechanizmami młotkowymi, piórkowymi, za pomocą pałeczek smyczków, palców grającego itp., lub jeśli zostaną w nich wytworzone odpowiednie zjawiska aerodynamiczne. Jeśli wibrator wytwarza drgania o małej mocy akustycznej, wówczas stosuje się różnego rodzaju elementy wzmacniające, czyli amplifikatory.

Dobrze działający amplifikator wzmacnia bez zniekształceń drgania wibratora o wszelkich częstotliwościach. Tak dobiera się kształty i rozmiary elementów wzmacniających, aby zakres wzmacnianych częstotliwości był szeroki oraz aby drgania własne przypadły poniżej lub powyżej zakresu drgań wibratora. Wyjątkiem jest rezonator, tj. amplifikator wzmacniający drgania wibratora swymi drganiami własnymi ([7] str. 31).

W zależności od zastosowania wibratora instrumenty muzyczne dzielimy na cztery grupy ([7] str. 32, [6] str. 123-129):

1. instrumenty strunowe, czyli chordofony,
2. instrumenty dęte, czyli aerofony,
3. instrumenty membranowe, czyli membranofony,
4. instrumenty samobrzmiące, czyli idiofony.

W pierwszej grupie wibratorem są napięte struny, w drugiej - słup powietrza, w trzeciej - napięte błony, w ostatniej - ciała stałe o sprężystości naturalnej.

Od objętości i kształtu rezonatora zależy, w jakim zakresie częstotliwości zostaną uwypuklone tony harmoniczne dźwięku pobudzającego. Maksima rezonansowe wyróżniające się w widmie dźwięku złożonego odgrywają istotną rolę przy rozpoznawaniu jego barwy. Te charakterystyczne miejsca rezonansowe nazywa się formantami.

Jednym z kryteriów przy rozpoznawaniu barwy dźwięku jest charakter źródła dźwięku. Tak więc np. drgające struny głosowe człowieka, pociąganie smyczkiem strun skrzypiec itp. są generatorami impulsów. "Od wzajemnego stosunku częstotliwości impulsów generatora dźwięku i częstotliwości własnej układu rezonansowego zależy, w

jakim stopniu wykształcą się formanty, a dalej, czy powstaną np. jedynie nieparzyste harmoniczne dające stłumioną barwę dźwięku i puste brzmienie" ([36] str.31).

3.2. Jakość dźwięków instrumentów muzycznych.

Mówiąc o jakości brzmienia instrumentu myślimy o zjawisku indywidualności dźwiękowej, która z kolei zależy od indywidualności źródła drgań, a więc od układów rezonansowych. O indywidualności tej decydują procesy narastania i zanikania dźwięku, które zależą od stopnia tłumienia drgań oraz złożonej budowy mechanicznej instrumentu.

Przebieg stanów nieustalonych można oszacować na podstawie akustycznych zdolności promieniowania danego instrumentu. Miarodajną jest tu charakterystyka częstotliwościowa. Nierównomierność tej charakterystyki decyduje o typowej dla danego instrumentu barwie dźwięku. Stany nieustalone w dużej mierze określają dźwiękowy kształt całego dzieła muzycznego. Zazwyczaj myśli się tu przede wszystkim o walorach barwy dźwięku wraz z towarzyszącymi zjawiskami szmerowymi. Należy jednak wziąć pod uwagę, że tempo i dynamika utworu muzycznego, podczas jego wykonywania przez artystę, zależy od stałych czasowych procesów narastania i zanikania źródła dźwięku oraz specyfiki ich odczuwania przez wykonawcę. Także sposób atakowania dźwięku zależy od czynników fizycznych i fizjologicznych, takich jak zachowanie się instrumentu, wykonawcy, pomieszczenia i wreszcie ucha. Istnieje więc ścisła zależność pomiędzy elementami muzycznymi: harmonią, dynamiką, barwą dźwięku i tempem ([36] str. 42-48).

3.3. Charakterystyki kierunkowe instrumentów muzycznych.

Wielkością charakteryzującą instrument muzyczny jako źródło dźwięku jest przestrzenna charakterystyka kierunkowości promieniowania. Jest to przestrzenny rozkład ciśnienia akustycznego fali dźwiękowej w polu swobodnym wokół instrumentu.

Znajomość charakterystyki promieniowania lub też możliwość przewidzenia jej kształtu jest bardzo istotna dla techniki pomiarów i rejestracji sygnałów akustycznych. Charakterystyka kierunkowości daje wystarczające dane o przestrzennym rozkładzie energii promieniowanej przez źródło dźwięku jedynie wówczas, gdy źródło jest umieszczone w nieograniczonej przestrzeni. Gdy źródło znajduje się w pomieszczeniu o ścianach odbijających, to ciśnienie w dowolnym miejscu jest funkcją nie tylko charakterystyki kierunkowości, lecz również mocy całkowitej wypromieniowanej przez źródło. [1]

Stosunek bezpośrednich składowych dźwięku do składowych rozproszonych docierających z opóźnieniem odgrywa dużą rolę w efekcie brzmieniowym instrumentów muzycznych w pomieszczeniu zamkniętym. Właściwości te zależą między innymi od charakterystyki kierunkowej instrumentów i można na nie wpływać przez odpowiednie usytuowanie w pomieszczeniu oraz skierowanie ich głównych osi promieniowania. Ma to duże znaczenie dla techniki mikrofonowej podczas nagrań muzycznych.

Zależność promieniowania dźwięku instrumentów od kierunku wynika z podziału drgań wibratorów na strefy o różnych amplitudach i przesunięciach fazowych. Charakterystyka kierunkowa zależy od bardzo wielu czynników, między innymi też od struktury drewna [22].

Na rysunkach nr 1 - 7 znajdują się główne kierunki promieniowania dla skrzypiec, wiolonczeli, fortepianu, oraz propozycje optymalnego ustawienia mikrofonu względem instrumentów, wynikające z ich charakterystyk kierunkowych ([6] str.152, [22] str.189-190, [40] str.37-39, 80-97).

Rysunek nr 1 *Charakterystyka przestrzenna fortepianu dla dźwięków c (131 Hz) i a² (880Hz), wg. M. Drobniera [6, str. 152].*

Rysunek nr 2

Charakterystyka przestrzenna skrzypiec dla wybranych częstotliwości, wg. J. Meyera [22, str. 188].

Rysunek nr 3

Charkterystyka przestrzenna wiolonczeli dla wybranych częstotliwości, wg. J. Meyera [22, str. 190].

Rysunek nr 4

*Optymalne ustawienie mikrofonu uwzględniające
charakterystyki kierunkowe fortepianu, wg. V. Zamazala
[40, str. 96]*

Rysunek nr 5

*Optymalne ustawienie mikrofonu uwzględniające
charakterystyki kierunkowe skrzypiec, wg. V. Zamazala
[40, str. 80]*

Rysunek nr 6

*Optymalne ustawienie mikrofonu uwzględniające
charakterystyki kierunkowe wiolonczeli, wg. V. Zamazala
[40, str. 85]*

Rysunek nr 7

*Optymalne ustawienie mikrofonu uwzględniające
charakterystyki kierunkowe fletu, wg. V. Zamazala
[40, str. 39]*

3.4. Wpływ warunków zdjęcia mikrofonowego na brzmienie instrumentów muzycznych.

Ustawienie mikrofonu względem źródeł dźwięku powinno umożliwiać wytworzenie i przekazanie pełnego obrazu dźwiękowego, właściwych proporcji brzmieniowych od strony dynamiki i czytelności faktury.

W każdej zamkniętej przestrzeni do mikrofonu dociera zarówno dźwięk bezpośredni, jak i dźwięk odbity. Pole dźwiękowe jakie powstaje w zamkniętej przestrzeni jest w zasadzie polem rozproszonym o określonej energii, której gęstość rozłożona jest w przybliżeniu równomiernie.

Zmiana odległości mikrofonu od źródła dźwięku powoduje zmianę proporcji dźwięku bezpośredniego do odbitego oraz zmianę barwy odbieranego przez mikrofon sygnału akustycznego, co z kolei ma duże znaczenie dla estetycznych właściwości obrazu dźwiękowego.

Kierunek ustawienia mikrofonu w stosunku do źródła dźwięku odgrywa w technice zdjęcia mikrofonowego decydującą rolę ze względu na kierunkowe właściwości wszelkich niemal źródeł. W przypadku nagrywania instrumentów muzycznych kierunek ustawienia mikrofonu wpływa przede wszystkim na barwę nagranych dźwięku.

Barwa ta jest z reguły ostrzejsza przy mikrofonie ustawionym na wprost promieniujących powierzchni, zaś bardziej miękka czy wręcz mało wyrazista, gdy mikrofon znajduje się z boku i gdy fala dźwiękowa dochodzi do niego z ugięciem. Przyczyną tego zjawiska jest fakt różnych zdolności uginania się długich i krótkich fal dźwiękowych. Niskie składowe dźwięku uginają się stosunkowo dobrze, podczas gdy składowe wysokie, decydujące o ostrości i wyrazistości dźwięku uginają się słabo, docierając o wiele lepiej do mikrofonu ustawionego na wprost, niż do mikrofonu ustawionego z boku ([9] str. 22-23, 109-129).

3.5. Charakterystyka wybranych instrumentów muzycznych.

Celem pracy jest zbadanie wpływu i związków parametrów studia na brzmienie i kształtowanie cech brzmienia instrumentów muzycznych. Jak wcześniej wspomniano, w pracy rozpatrzono dwa podejścia oceny wpływu parametrów studia na brzmienie instrumentów muzycznych. Pierwsze - to ocena obiektywna, poprzez ocenę jakości akustycznej studia, drugie - subiektywna, polegająca na ocenie kilkudziesięciu próbek dźwięków instrumentów nagranych w różnych miejscach studia S 1.

Do badań subiektywnych zostały wybrane następujące instrumenty:

- fortepian,

- skrzypce,
- wiolonczela,
- flet,

FORTEPIAN

Fortepian jest instrumentem strunowym, w którym pobudzanie strun do drgań następuje przez uderzanie ich młotkami, które z kolei poruszane są za pomocą skomplikowanego mechanizmu klawiszowego. Wibratorami są struny stalowe w ilości 245, naciągnięte na metalową ramę. Amplifikatorami fortepianu jest drewniana płyta rezonansowa w kształcie zbliżonym do trójkąta, boczne ściany fortepianu, w które płyta jest wklejona oraz powietrze zawarte ponad i pod płytą. Płyta rezonansowa wykonana jest zwykle z drewna jodłowego lub świerkowego i jest sklejona z kilku części. Płyta rezonansowa wykonuje różnego rodzaju drgania. Pomiary wykazały jednak, że podstawową formą drgań jest drganie z jedną linią węzłową, przebiegającą wzdłuż podstawka strun wiolinowych

Drgania strun udzielają się płycie za pośrednictwem bukowych podstawków, wzmocnione przez płytę drgania wypromieniowują się na zewnątrz. Przy zamkniętym pudle fortepian promieniuje poprzez pudło i spód instrumentu, przy pudle otwartym energia emitowana jest głównie ku górze, a następnie odbita przez pokrywę nachyloną pod kątem 45 stopni. Kierunek rozchodzenia się i natężenie emitowanych dźwięków zależą między innymi od jego wysokości. Charakterystykę przestrzenną fortepianu przedstawiono w punkcie 3.4.

Badanie przebiegu czasowego dźwięku fortepianu wykazuje, że składa się on z krótkiego (poniżej 0,1 s) stadium nabrzmiewania i długiego stadium wybrzmiewania. Przy dźwięku nietłumionym stadium wybrzmienia osiąga 30 s dla dźwięków najniższych, a zaledwie 2 s dla dźwięków najwyższych).

Widmo dźwięku fortepianu jest mieszane: część szumowa, pochodząca częściowo z działania mechanizmu młotkowego, dla dźwięków wysokich urywa się przeważnie w rejonie pierwszego tonu składowego, dla niskich wykazuje dwa obszary formantowe: poniżej 500 Hz i między 500 a 1000 Hz. Najmniej szumów przejawia rejestr średni, ponieważ struny są bardziej elastyczne. Dla dźwięków silnych zwiększa się znacznie ilość tonów składowych, pojawia się również trzeci formant szumów ([6] str. 148-154, [7] str. 110-123).

SKRZYPCE

Główną część skrzypiec stanowi pudło rezonansowe. Składa się ono z trzech zasadniczych elementów: płyty wierzchniej, płyty spodniej i boczaków. Decydującą rolę dla wartości instrumentu odgrywa jakość drewna, z którego wykonane są płyty. Na barwę dźwięku skrzypiec mają wpływ zarówno drgania strun, jak i charakterystyczne cechy korpusu.

Pudło rezonansowe jako całość posiada swą własną częstotliwość drgań: "delikatnie stukając w pudło skrzypiec usłyszeć można dźwięk w granicach $b - d^1$, co odpowiada częstotliwościom 230 - 290 Hz. Przy niższym dźwięku własna barwa instrumentu jest ciemniejsza, przy wyższym - jaśniejsza" ([7] str. 49). Wzmacniając drgania strun, pudło rezonansowe wprowadza własne formanty. Badania wykazały, że cechą mistrzowskich skrzypiec jest formant główny o częstości dochodzącej do 3500 Hz, podczas gdy formant główny dobrych skrzypiec dzisiejszych wynosi 3000 Hz, a w skrzypcach fabrycznych spada do 2500 Hz ([7] str. 49).

Cztery struny skrzypiec nastrojone są kwintowo, tzn. dźwięk nie skróconej struny stanowi czystą kwintę w stosunku do dźwięku struny niższej i struny wyższej. Struny skrzypiec nastrojone są na dźwięki: g, d^1, a^1, e^2 .

Widmo dźwięku skrzypiec zawiera z reguły dużą ilość alikwotów. Przeciętny spadek poziomu natężenia poszczególnych alikwotów wynosi 6 dB na oktawę. Badania widma wykazały ponad to słaby pierwszy ton składowy dla najniższych dźwięków, występowanie wąskiego formantu w pobliżu 1000 Hz oraz drugiego formantu między 2500 a 3500 Hz.

Badanie zmian widma w czasie wykazało łagodne nabrzmiewanie każdego dźwięku, małe wahania natężenia w stadium ustalonym, spadek poziomu natężenia przy zmianie kierunku prowadzenia smyczka do 10 dB ponad poziom szumu oraz długie wybrzmiewanie dźwięków - do 3 s struny skróconej i do 5 s struny pustej ([6] str. 155-161).

WIOLONCZELA

Tenorowo - basowym instrumentem z rodziny skrzypcowej jest wiolonczela. Ma ona budowę podobną do skrzypiec, w porównaniu z nimi ma jedynie stosunkowo wyższe boczki, wyraźniejsze wypukłości wierzchniej płyty i nieco krótszą szyjkę. Wiolonczela ma proporcje akustyczne zbliżone do skrzypiec. Charakteryzuje się pełnią i soczystością brzmienia.

Cztery struny wiolonczeli nastrojone są również kwintami, o oktawę niżej od strun altówki, a więc: C, G, d i a. Najniższy rejestr brzmieniowy stanowią dźwięki dwóch najniższych strun, brzmiące bardzo wyraziście i soczyście, w piano miękko. Środkowy rejestr ma barwę mniej indywidualną, najlepiej zlewającą się z innymi instrumentami orkiestry. Rejestr wysoki zbliża się do barwy skrzypiec.

Widmo wiolonczeli nie różni się specjalnie od widma skrzypiec pod względem ilości i natężenia wysokich tonów składowych ([6] str.161, [7] str. 69-73).

FLET

Flet jest otwartą piszczałką wargową.

Dla zmiany wysokości dźwięku flet posiada 12 - 16 otworów bocznych i obsługujący je system klap. Przy grze na flecie używa się dźwięków bez przedęcia, a także przedęcia do oktawy i do dwu oktaw. Każdy z tych trzech rejestrów posiada swoją charakterystyczną barwę. Średni rejestr fletu nie pozwala na uzyskiwanie wielkich rozpiętości dynamicznych, dźwięki są w tym rejestrze miękkie, pełne i ciepłe.

Na barwę dźwięku fletu ma wpływ poza tym materiał piszczałki, gładkość wewnętrznej powierzchni oraz przekrój zwężającej się części przyustnikowej piszczałki. Widmo dźwięku fletu wykazuje 10 tonów składowych ([7] str.131-139).