

## Wstęp

W historii muzyki XX wieku Paul Hindemith (1895–1963) znany jest między innymi jako autor systemu klasyfikacyjnego współbrzmień. Wywiedziona z praw akustycznych systematyka Hindemitha opiera się na uchwytnym w percepcji zjawisku napięcia harmonicznego, jakie akordy wywołują, na pewnej wewnętrznej dynamice czy intensywności, jaką akordy posiadają.

Hindemith cechę napięcia uzależnia od budowy interwałowej współbrzmienia, a obecności w niej trytonu przypisuje decydujący wpływ na treść harmoniczną akordu. Tworzy więc dwie duże grupy akordów trytonowych i beztrytonowych (Klänge mit Tritonus i Klänge ohne Tritonus). Dalszy podział na podgrupy (podklasy) w każdej z nich wyprowadza ze zjawiska tonów kombinacyjnych i teorii szeregów<sup>1</sup>.

Przydatność tej systematyki, na przykład do celów analitycznych, jest bardzo ograniczona, ponieważ Paul Hindemith, podobnie jak i Maciej Zalewski w ćwierć wieku później, traktuje akord w sposób autonomiczny (co oznacza po prostu — sztuczny), oderwany od realnego brzmienia, od kontekstu w jakim funkcjonuje, od konkretnych, zmiennych historycznie środków wykonawczych — w najszerszym tych słów rozumieniu, wreszcie — od stylu indywidualnego, powszechnego idiomu harmonicznego, od gatunku ekspresji, wyrazowości<sup>2</sup>; nie można na przykład postawić znaku równości między identycznymi strukturami trójdźwięków durowych, z których jeden pojawia się na początku *Stabat Mater* Palestriny, inny zaś na zakończenie *Stabat Mater* Pendereckiego.

Maciej Zalewski własną propozycję sklasyfikowania struktur (niekiedy używa się terminów „struktury brzmieniowe” lub „harmoniczne”) przedstawił w r. 1968. Oparta jest ona na analizie ich własności, zwłaszcza tych, które dowiodły korelacji z powszechnie dotychczas przyjętymi wyznacznikami stylów muzycznych. Własności te to przede wszystkim: ilość różnych składników współbrzmienia, ilość i rodzaj interwałów składowych, stopień dysonansowości i stopień napięcia.

<sup>1</sup> Całą problematykę związaną ze swym systemem harmonicznym Hindemith przedstawił w pracy *Unterweisung im Tonsatz*, I. *Theoretischer Teil*, wyd. nowe, poszerzone, Moguncja 1940; II. *Übungsbuch für den zweistimmigen Satz*, wyd. nowe, poszerzone, Moguncja 1939; edycja angielska: *The Craft of Musical Composition*, Londyn 1942; edycja amerykańska: Nowy Jork 1945.

<sup>2</sup> Podobne zastrzeżenia odnośnie do systematyki akordowej Hindemitha formułuje J. M. Chomiński w: *Technika sonorystyczna jako przedmiot systematycznego szkolenia*, „Muzyka” 1961, nr 3, s. 8, oraz w: *Muzyka Polski Ludowej*, Warszawa 1968, s. 98. Krytyczne uwagi na temat metody analizy harmonicznego M. Zalewskiego, zob. niektóre głosy w skrócie dyskusji, „Zeszyty Naukowe” II, *Sesja Bartokowska — Warszawa, grudzień 1966*, wyd. PWSM Warszawa, 1967, s. 135–149.

Kilka tablic struktur systemu dwunastodźwiękowego zostanie przedstawionych na s. 34-35, żeby jednak zrozumieć, przynajmniej w ograniczonym zakresie, zasady podziału i uporządkowanie akordyki, musimy wpiery zapoznać się z podstawowym elementarzem pojęciowym teorii struktur.

Teoria struktur wprowadza jednolitą miarę interwałową: półtonowi temperowanemu przyporządkowuje wartość 1. A więc niezależnie od graficznego zapisu interwały: *c-des*, *his-des*, *c-cis*, *his-cis* będą zawsze oznaczone liczbą 1. Analogicznie: *d-f* (lub *cisis-f* lub *d-geses* lub *d-eis*) = 3; *c-fis* (lub *c-ges*) = 6, itd.

Przyjęcie takiego wyjściowego założenia umożliwiło w konsekwencji sformułowanie podstawowego pojęcia teorii, jakim jest interwałowa struktura cykliczna zbioru dźwięków.

Objasnimy teraz poszczególne terminy tego wyrażenia.

## Zbiór dźwięków

Tego pojęcia autor teorii struktur nie definiuje ściśle (nb. pojęcie „zbioru” w logice ma dwa znaczenia), podaje jedynie kilka przykładów (my je pomnożymy) jego zastosowania, unaocznia jego funkcjonowanie. A więc zbiór dźwięków:

- używanych w danym kręgu kulturowym (np. w muzyce hinduskiej, w muzyce europejskiej),
- możliwych do wykonania na danym instrumencie lub w danej grupie instrumentów (np. na chordofonach, aerofonach),
- słyszalnych przez człowieka lub danego osobnika (te zakresy wcale nie muszą się pokrywać),
- wchodzących w skład danego utworu,
- tworzących temat danej fugi,
- tworzących skalę arabsko-perską, np. od *fis*,
- danego współbrzmienia,
- akordu neapolitańskiego w tonacji H-dur.

## Struktura

### Definicja

Struktura, to jakby akord na wyższym pięttrze abstrakcji; to akord, w którym abstrahujemy od pozycji, postaci, układu, zdwojeń itp. Lepiej jednak powiedzieć: struktura to nie akord, lecz wyabstrahowane odległości między dźwiękami składowymi.

Struktura zbioru dźwięków — to ta jego właściwość, która nie zmienia się przy:

- 1) transpozycji całego zbioru o dowolny interwał w górę lub w dół,
- 2) transpozycji dowolnego składnika (lub dowolnych składników) o oktawę (lub oktawy) w górę lub w dół.

Jeszcze inaczej powiemy: interwałowa struktura cykliczna zbioru dźwięków jest niezmiennikiem (inwariantem):

- 1) dowolnej transpozycji zbioru,
- 2) transpozycji dowolnego elementu zbioru o oktawę (lub oktawy).

Dla ostatecznego wyjaśnienia pojęcia struktury posłużmy się fragmentami utworów muzycznych:

J. S. Bach *XI Inwencja 3-głosowa*,  
początek

J. S. Bach *VI Sonata E-dur na skrzypce solo*,  
*Prélude*, t. 38

1 Allegro moderato



2



3 Allegro maestoso



W. A. Mozart *Sonata fortepianowa a-moll*,  
KV 310, początek

L. v. Beethoven *Sonata fortepianowa c-moll op. 10 nr 1, cz. I, t. 22*

4

(Molto allegro e con brio)



F. Chopin *Preludium h-moll*, początek

F. Chopin *Preludium e-moll*, początek

5

Lento assai



6

Largo



7

Andantino

C. Franck *Preludium, Fuga i Wariacja*  
na organy op. 18; transkrypcja na  
fortepian; *Wariacja*, początek

8

S. Prokofiew *Wizje ulotne*, nr XVII *Poetico*,  
zakończenie

(przykł. 9 na s. 15)

10

Molto lento

H. M. Górecki *Euntes ibant et flebant* na chór mieszany  
a cappella, op. 32, zakończenie

Przykłady te różnią się tonacją, metrum, rytmem, tempem, dynamiką, artykulacją, rejestrem, nie zawsze przeznaczone są na fortepian, wykorzystują fakturę polifoniczną lub homofoniczną — przy czym w przypadku tej ostatniej — element melodyczny raz jest nad, innym razem pod akompaniamentem akordowym; pomijam już zróżnicowanie wyrazowe, a także miejsce w przebiegu utworu (początek, fragment ze środka, zakończenie). Jest jednak coś, co jest wspólne zakreślonym fragmentom przykładów 1–10, a tym czymś jest właśnie struktura współbrzmienia (zbioru dźwięków), którą w tradycyjnej nomenklaturze tonalności funkcyjnej systemu dur-moll nazywamy trójdzwiękiem molowym (lub minorowym) i która jest niezależna od przewrotu współbrzmienia, od jego pozycji i układu, od takich czy innych zdwojeń poszczególnych składników.

Podobnie w następnej grupie przykładów (11–14), które ilustrują strukturę znaną jako trójdzwięk durowy (majorowy).

I. Strawiński *Symfonia psalmów*, początek

9

$\text{♩} = 92$

5 fl

4 ob *solo*

c i

3 fg

c fg

4 cr F

tr pc D

4 tr C

3 tbn

tb

tp

cassa

S

A

T

B

ar *non arpeg. mf*

2 pt *non arpeg. mf*

vc *div. pizz.*

vb *div. pizz. p*

11

G. P. da Palestrina *Stabat Mater*,  
początek

S  
A  
Chór I  
T  
B  
mf  
Stabat Mater dolorosa

12

Allegro molto

B. Bartók II Koncert skrzypcowy,  
cz. III, nr 234

vno solo  
Allegro molto  
234

K. Penderecki *Stabat Mater* na 3 chóry  
mieszane a cappella, zakończenie

14

S  
A  
Chór I  
T  
B  
ff  
glo - ri - a

W. Lutosławski *Mala suite*, cz. I *Fujarka*, początek

S  
A  
Chór II  
T  
B  
ff

13

Allegretto

fl pc  
tmb s. cor.  
vni I  
pp  
2 soli  
pp

S  
A  
Chór III  
T  
B

Także w przykładach 15 i 16, niezależnie od wszystkich różnic dzielących kilka początkowych taktów *Scherza h-moll* Chopina (przykł. 15) od szkolnej kadencji tzw. „wielkiej, doskonałej, w układzie rozległym i w pozycji prymy” (przykł. 16), struktury współbrzmień x oraz y są identyczne.

15

*Presto con fuoco*

F. Chopin *Scherzo h-moll*,  
początek

16

Kadencja czterogłosowa

### Zapis, symbolika

Aby otrzymać zapis struktury danego zbioru dźwięków należy:

- 1) sprowadzić wszystkie elementy (składniki) zbioru do jednej oktawy, inaczej mówiąc — należy poddać je transpozycji oktawowowej,
- 2) domknąć zbiór do oktawy, powtarzając o oktawę wyżej dźwięk, który stał się najniższy (jest przy tym rzeczą absolutnie obojętną, który element zbioru wystąpił na pierwszym miejscu),
- 3) wypisać interwały występujące między sąsiednimi dźwiękami zbioru, przyporządkowując półtonowi temperowanemu wartość 1,
- 4) wypisane interwały ująć w nawias okrągły.

Sprawdzamy prawidłowość zapisu zliczając liczby zamknięte w nawiasie; suma ich zawsze powinna równać się 12 jednostkom.

Przeróbmy kilka przykładów:

17

Sprowadzamy wszystkie składniki tego siedmiodźwięku (przykł. 17) do jednej oktawy, to znaczy wypisujemy je w najbliższym sąsiedztwie, rozpoczynając na przykład od *f*:

*f g a h cis d e f*  
(2 2 2 2 1 2 1)

*d fis h c d*  
(4 5 1 2)

18



W zasadzie jest rzeczą obojętną, czy tę strukturę zapiszemy (4512), czy (5124), czy (1245), czy też (2451). Są to zapisy równoważne, a różnicę powoduje jedynie to, że za każdym razem inny dźwięk jest pierwszym najniższym. Jednak dla wygody, szybkiej orientacji i dla uniknięcia omyłki (np. przy porównywaniu lub sumowaniu struktur), przyjmuje się tę wersję, w której najmniejszy interwał (najmniejsze interwały) są na końcu, po prawej stronie. Dla naszej struktury, którą jest akord chopinowski w dur, wybieramy więc zapis: (2451).

19



*gis c d e gis*  
(4 2 2 4)

Po uporządkowaniu: (4422). Jest to struktura akordu chopinowskiego w moll.

20



*dis f gis h dis*  
(2 3 3 4)

Po uporządkowaniu: (3342). Jest to struktura akordu tristanowskiego.

21

T. Baird *Sonatina nr 2*, cz. I *Vivo e grazioso*, t. 9



*d f ges a d*  
(3 1 3 5)

Po uporządkowaniu: (3531). Jest to tzw. akord dwutrybowy zwany też moll-durowym lub bartokowskim.

22



*d e g gis h d*  
(2 3 1 3 3)

Po uporządkowaniu: (33231). Jest to akord dwutrybowy z septymą małą, inaczej bartokowski septymowy.

23



*b c d e fis a b*  
(2 2 2 2 3 1)

Jest to struktura akordu skriabinowskiego, zwanego też prometejskim lub mistycznym.



24

I. Strawiński *Święto wiosny*

es fes g as b ces des es

(1 3 1 2 1 2 2)

Po uporządkowaniu: (2213121). Jest to struktura akordu „wiosennych wróżb”.

25

B. Bartók *Sonata fortepianowa* cz. III, t. 192

g gis a b c d e fis g

(1 1 1 2 2 2 2 1)

Po uporządkowaniu: (22221111)

Struktury wybranych współbrzmień:

- trójdźwięk molowy: (453)
- trójdźwięk durowy: (543)
- trójdźwięk durowy z septymą małą: (4332)
- czterodźwięk zmniejszony: (3333)
- skala arabsko-perska: (21212121)
- wszystkie dwudźwięki: (11,1), (10,2), (93), (84), (75), (66)

Niżej podajemy jeszcze kilka przykładów. Ostatni (34), bez podpisanych struktur, ma służyć do sprawdzenia nabytych umiejętności.

K. Szymanowski *Pieśń Roksany*  
z opery *Król Roger*, początek

26

Andante *ad lib.*

głos *p*

fort. *pp*

(131313)

27

P. Hindemith *Boston* z *Suity*  
1922 na fortepian, t. 15

Tempo rubato *accel.*

*p*

(5322) (4250) (3441) (4521) (5241) (5232) (4341) (552)

A. Berg *Sonata fortepianowa op. 1, początek*

28

Mäßig bewegt

accel. rit. a tempo

(4251) (642) (732) (3432) (4422) (822) (4242) (3342) (3333)(3351) (543) (543)

T. Baird *Sonatina nr 2 na fortepian, zakończenie*

29

Allegro con fuoco

ff molto cresc. ff

(552) (23232) (75) (84) (92) (23241) (2540)

meno allegro pomposo pesante poco allarg. Vivo colla massima forza

fff fff fffx

(41312) (25311) (23241) (0) (543)

A. Schönberg *Musette z Suity na fortepian op. 25, zakończenie*

30

Rascher

rit. pp p sf fpp

(42321) (35121) (43311) (32331) (0)

31

Modéré mais brillant

(33231) (22341) (232221) (232221) (321321) (232221) (543)

32

Allegro molto

(10,2) (9111) (10,2) (9111) (2 2 2 3 2 1) (9111) (6222) (9111) (6222) (2 2 2 3 2 1) (9111) (42222) (9111) (42222)

(przykł. 33 na s. 22, przykł. 34 na s. 23)

Dzięki tak znormalizowanemu zapisowi możemy uzyskać symbol każdej struktury, od dwudźwięków do dwunastodźwięków, podczas gdy nazwać — stosując tradycyjną terminologię — potrafimy tylko nieznacznie ich ilość; poza wymienionymi uprzednio, jeszcze te na przykład: dominanta z noną wielką bez prymy (3342), subdominanta durowa z sekstą podwyższoną (4332), czterodźwięk kwartowy (5232), akord tristanowski bez opóźnienia (4242), pentatonika anheimitoniczna (32322), skala całotonowa (222222), skala lidyjska (2221221), skala chromatyczna (111111111111).

Istnieje jeszcze inny, poglądowy sposób graficznego odwzorowania struktury na okręgu oktawowym. Aby je otrzymać, należy przede wszystkim założyć, iż:

- długość obwodu okręgu równa jest interwałowi oktawy,
- podział okręgu na 12 równych części odpowiada podziałowi interwału oktawy na 12 półtonów,
- kierunek oznaczony strzałką odpowiada wzrostowi wysokości dźwięków.

33

**Chór I**

Soprano: -ple- -ce - am.

Alto: -bi com - pla - -ce am.

Tenor: -ce - -am.

Bass: com - -pla- -ce - am.

**Chór II**

Soprano: -ple- -ce - am.

Alto: com - pla - -ce - am.

Tenor: al - bi com - pla - ce - -am.

Bass: -ple- -ce - -am.

**Chór III**

Soprano: som - ple - -ce - -am.

Alto: com - pla - -ce - -am.

Tenor: com - pla - -ce - -am.

Bass: com - pla - -ce - -am.

Final section (3/4):

Soprano: Christe.

Alto: Christe.

Tenor: Christe.

Bass: Christe.

Final instruction: Christe, cum all... *pp*

(111111111111)

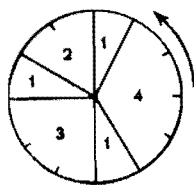
34

Allegro vivace (♩ = 104-120)

*molto marcato*

The musical score for exercise 34 is presented in two systems. The first system consists of a grand staff with a treble clef and a bass clef. The time signature is 2/2. The piece begins with a piano (*f*) dynamic and a *molto marcato* articulation. The second system continues the piece, ending with a *simile* marking. The third system features a *poco dim.* marking and a *p* dynamic. The fourth system shows a change in time signature from 3/2 to 2/2 and a *mf* dynamic. The fifth system concludes the piece with a *poco* marking and a *v* (accents) marking.

35

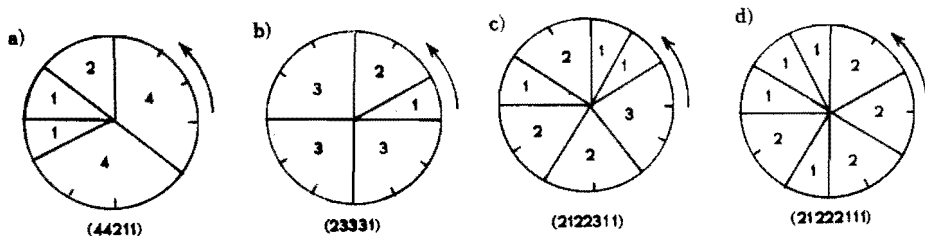


Weźmy na przykład strukturę (412131). Jeżeli jeden z elementów (jeden z dźwięków) tego zbioru przyporządkujemy dowolnie obranemu punktowi na okręgu, a pozostałe elementy odpowiednio innym punktom rozmieszczonym w odległościach proporcjonalnych do interwałów między nimi, wówczas otrzymamy zapis geometryczny, inaczej graficzne odwzorowanie struktury danego zbioru dźwięków (przykł. 35).

Zapis graficzny ilustruje wyraźniej od liczbowego cykliczność interwałowej struktury zbioru dźwięków; obojętny jest początek odczytania zapisu struktury utworzonego z ciągu wielkości następujących po sobie w określonym porządku i tworzących zamkniętą całość. Nie należy jedynie zmieniać kierunku odczytania zapisu i nie należy naruszać kolejności interwałów (przykłady 36a, b, c, d).

Zapis liczbowy (sformalizowany) jest jednak pod każdym względem dogodniejszy i w dalszym ciągu tylko nim będziemy się posługiwać.

36



### Własności struktur, związki i relacje między nimi

Po wyczerpującym przedstawieniu kwestii związanych z określeniem istoty struktury i dwoma sposobami jej zapisu, dokonamy teraz przeglądu dalszych niezbędnych pojęć.

#### 1. Struktura przeciwna

Zapis struktury przeciwnej otrzymuje się przez odczytanie składników struktury danej w przeciwnym kierunku. Na przykład:

struktura	odczytanie struktury przeciwnej	po uporządkowaniu
(543)	(345)	(453)
(732)	(237)	(723)
(4332)	(2334)	(3342)
(5331)	(1335)	(3351)
(41322)	(22314)	(42231)
(311121111)	(111121113)	(211131111)

Cechy struktur uwzględnione w tablicach (s. 34 i 35) są wspólne dla struktur przeciwnych.

#### 2. Moduł struktury

Moduł struktury tworzy para struktur wzajemnie przeciwnych. Zapisujemy go w nawiasie kwadratowym, na przykład [543]. Oznacza to, że mamy na myśli równocześnie strukturę daną (543) i przeciwną do niej (453). W stosunku do zbioru dźwięków pojęcie modułu jest więc wyższym stopniem abstrakcji niż struktura.

### 3. Struktura symetryczna

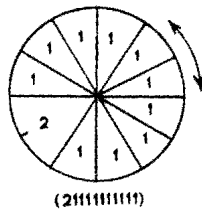
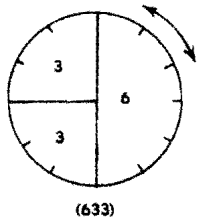
Jeśli dana struktura jest identyczna ze strukturą przeciwną do niej, inaczej mówiąc — jeśli dana struktura równa się swej przeciwnej, mówimy, że jest ona symetryczna. Na przykład (822). Odczytujemy strukturę przeciwną (228); po uporządkowaniu stwierdzamy, że jest to ta sama struktura (822). Symetryczne są przykładowo podane następujące struktury: (552), (3333), (4242), (8121), (32322), (611211), (4112211), (31311111), (411111111).

Wszystkie dwudźwięki i wszystkie dziesięciodźwięki są symetryczne. Symetryczne są również wszystkie Messiaenowskie „modi”:

1. (222 222)
2. (12 12 12 12)
3. (211 211 211)
4. (1131 1131)
5. (141 141)
6. (2211 2211)
7. (11121 11121)

Na okręgu oktawowym zapis graficzny struktury symetrycznej można odczytać w dowolnym kierunku, na przykład:

37



W wypadku struktur symetrycznych pojęcie modułu pokrywa się z pojęciem struktury. Znaczy to, że jest rzeczą obojętną, czy zapiszemy (7131), czy [7131]. Struktury symetryczne, podobnie jak i przeciwne, mają cechy wspólne.

### 4. Struktura zerowa

Unison jest strukturą zerową. Przekonajmy się o tym. Mamy zbiór dźwięków:  $G, g, g^2, g^3, g^4$ . Sprowadzamy go do jednej (obojętnej której) oktawy. Otrzymujemy  $g$ . Domykamy nasz zbiór:  $g, g$ . Obliczamy interwał między składnikami: (12) czyli (0).

### 5. Rząd struktury

O rzędzie struktury decyduje ilość składników. I tak: czterodźwięk jest strukturą IV rzędu; sześciodźwięk — VI rzędu; dziesięciodźwięk — X rzędu itp.

Ilość struktur w poszczególnych rzędach:

rzęd struktury	ilość struktur
II	6
III	19
IV	43
V	66
VI	79
VII	66
VIII	43
IX	19
X	6
XI	1
XII	1

Razem 349 struktur w systemie dwunastodźwiękowym

Tablice struktur (zob. s. 34 i 35) nie uwzględniają struktury (0), którą można by nazwać strukturą I rzędu.

## 6. Postać struktury

Każdą strukturę można zapisać na kilka równoważnych sposobów. Liczba tych sposobów (tj. odmian zapisu) równa jest rzędowi struktury. A więc na przykład jeden z dwudźwięków można zapisać (57) albo (75); inny — (2,10) lub (10,2). (Przy okazji można tu zauważyć zgodność ze znanym twierdzeniem z zasad muzyki, że kwarta czysta daje w przewrocie kwintę czystą a sekunda wielka — septymę małą). Jeden z trójdzźwięków można zapisać: (732) lub (327) albo (273). Jeden z sześciodzźwięków: (412 221), (122 214), (222 141), (221 412), (214 122), (141 222). W odniesieniu do pewnych struktur niektóre zapisy mogą się powtarzać w niezmienionej formie, na przykład: (5151), (1515), (5151), (1515); (222 222), (222 222) itd.

Podobnych przykładów dostarczają struktury: (321 321), (4242), (141 141), (11121 11121) i inne.

Czterodźwięk, struktura IV rzędu, może być zapisana na cztery sposoby, na przykład: (4332), (3324), (3243), (2433). Jest to akord dominantowy septymowy ( $D^7$ ). Wypisaliśmy jego postać zasadniczą i trzy przewroty. Jeśli teraz kolejno każdy z dźwięków tego zbioru przyjmiemy za pierwszy, początkowy, i od niego zmierzmy (w półtonach temperowanych) odległość do wszystkich pozostałych dźwięków zbioru, wówczas otrzymamy cztery (ponieważ mamy tu do czynienia ze strukturą IV rzędu) postacie struktury. Powtórzmy pierwszy zapis naszego czterodźwięku. Dla lepszego zrozumienia procedury, nanosimy na zapis liczbowy przykładowe nazwy dźwięków:

*c e g b c*  
(4 3 3 2)



Odliczamy teraz stale od pierwszego dźwięku (w tym wypadku od  $c$ ) półtony do wszystkich następnych dźwięków (składników struktury): od  $c$  do  $c = 0$ , od  $c$  do  $e = 4$ , od  $c$  do  $g = 7$  itd. Otrzymujemy wynik:

$$\begin{array}{r} c \ e \ g \ b \ c \\ (4 \ 3 \ 3 \ 2) \\ \hline 0 \ 4 \ 7 \ 10 \end{array}$$

Powtarzamy tę operację z trzema pozostałymi zapisami:

$$\begin{array}{r} (3 \ 3 \ 2 \ 4) \\ \hline 0 \ 3 \ 6 \ 8 \end{array} \quad \begin{array}{r} (3 \ 2 \ 4 \ 3) \\ \hline 0 \ 3 \ 5 \ 9 \end{array} \quad \begin{array}{r} (2 \ 4 \ 3 \ 3) \\ \hline 0 \ 2 \ 6 \ 9 \end{array}$$

Pomocniczo podane nazwy dźwięków, ułatwiające w pierwszej fazie orientację, a zupełnie zbędne przy wypisywaniu postaci struktury, zostały tu zlikwidowane, ponieważ już chyba uzmysłowiliśmy sobie, że zapis postaci danej struktury otrzymujemy przez dodawanie jej kolejnych składników, a więc:

$$\begin{array}{r} (3 \qquad \qquad 3 \qquad \qquad 2 \qquad \qquad 4) \\ \hline 0 \qquad \quad 0+3=3 \qquad \quad 0+3+3=6 \qquad \quad 0+3+3+2=8 \end{array}$$

Wyszukiwanie i zapisywanie postaci struktury przeprowadza się w uproszczony sposób za pomocą macierzy struktury.

## 7. Macierz struktury

Spróbujmy wypisać wszystkie postacie struktury posługując się tylko jednym unormowanym jej zapisem:

kolejność dźwięków:	1	2	3	4
przykładowe nazwy dźwięków:	$c$	$e$	$g$	$b$
struktura:	<u>(4 3 3 2)</u>			
wiersz 1. (dźwięki 1, 2, 3, 4):	0	4	7	10
wiersz 2. (dźwięki 4,1,2,3):	8	0	3	6
wiersz 3. (dźwięki 3,4,1,2):	5	9	0	3
wiersz 4. (dźwięki 2,3,4,1)	2	6	9	0

Postacie struktur podpisujemy pod sobą. W 1. wierszu liczymy od pierwszego dźwięku, tj. od  $c$ , w 2. wierszu — od drugiego dźwięku,  $e$ , itd. Liczby kolejnych dźwięków w poszczególnych wierszach wskazują, w jakim porządku dochodzimy do zapisu kolejnych postaci.

Tak uporządkowany zapis wszystkich postaci danej struktury tworzy macierz struktury. Uporządkowanie charakteryzuje się tym, iż:

- w każdym wierszu macierzy jest zapisana jedna z postaci struktury,
- główną przekątną macierzy stanowią zera,
- symetrycznie względem tej przekątnej rozmieszczone są interwały dopełniające się do oktawy, czyli obie postaci tego samego dwudźwięku.

Przedstawmy jeszcze kilka przykładów:

a) (4 5 3)

$$\begin{bmatrix} 0 & 4 & 9 \\ 8 & 0 & 5 \\ 3 & 7 & 0 \end{bmatrix}$$

Zauważmy, że postać zapisana w 1. wierszu oznacza pierwszy przewrót (049), w 2. wierszu — drugi przewrót (058), w 3. wierszu — postać zasadniczą (037) trójdźwięku molowego.

b) (7 4 1)

$$\begin{bmatrix} 0 & 7 & 11 \\ 5 & 0 & 4 \\ 1 & 8 & 0 \end{bmatrix}$$

c) (3 6 2 1)

$$\begin{bmatrix} 0 & 3 & 9 & 11 \\ 9 & 0 & 6 & 8 \\ 3 & 6 & 0 & 2 \\ 1 & 4 & 10 & 0 \end{bmatrix}$$

d) (2 2 2 1 2 2 1) = heptatonika diatoniczna

$\begin{bmatrix} 0 & 2 & 4 & 6 & 7 & 9 & 11 \\ 10 & 0 & 2 & 4 & 5 & 7 & 9 \\ 8 & 10 & 0 & 2 & 3 & 5 & 7 \\ 6 & 8 & 10 & 0 & 1 & 3 & 5 \\ 5 & 7 & 9 & 11 & 0 & 2 & 4 \\ 3 & 5 & 7 & 9 & 10 & 0 & 2 \\ 1 & 3 & 5 & 7 & 8 & 10 & 0 \end{bmatrix}$	— skala lidyjska
	— skala miksolidyjska
	— skala eolska (minorowa)
	— skala hypofrygijska
	— skala jońska (majorowa)
	— skala dorycka
	— skala frygijska

Istnieją struktury o takich właściwościach, że nie wszystkie ich postacie będą różne.

Macierz struktury służy do obliczania widma struktury.

## 8. Widmo struktury

Widmo struktury (W) — to wykaz ilości poszczególnych dwudźwięków (struktur II rzędu) zawartych w danej strukturze. Porządek dwudźwięków, w jakim są podawane w zapisie widma jest następujący:

na miejscu:	1.	2.	3.	4.	5.	6.
dwudźwięk:	(66)	(11.1)	(10,2)	(93)	(84)	(75)

Zwróćmy uwagę, że kreska pionowa między 3. i 4. miejscem oddziela od siebie konsonans od dysonansów (według tradycyjnego podziału).

Obliczanie widma danej struktury dokonuje się na podstawie macierzy tejże struktury i polega na zliczaniu dopełniających się do oktawy dwudźwięków — według porządku ustalonego powyżej — występujących po jednej stronie głównej (złożonej z zer) przekątnej macierzy.

Przeróbmy kilka przykładów, wykorzystując na początku macierze już przez nas wypisane (zob. s. 27).

a)  $(4 \ 3 \ 3 \ 2)$  1. 2. 3. 4. 5. 6.

0	4	7	10
8	0	3	6
5	9	0	3
2	6	9	0

1	0	1	2	1	1
---	---	---	---	---	---

Przeprowadzamy analizę interwałów zawartych w powyższej strukturze. W tym celu wykorzystujemy prawą część macierzy, od przekątnej linii zer:

- Zliczamy „szóstki”. Jest jedna. Wpisujemy ilość trytonów na pierwszej pozycji widma.
- Szukamy „jedynek” i „jedenastek”. Wobec ich braku wpisujemy na kolejnym drugim miejscu cyfrę zero.
- Szukamy i zliczamy „dwójki” i „dziesiątki”. Jest tylko jeden interwał tego rodzaju. Notujemy ten wynik na trzecim miejscu.
- „Dziewiątki” i „trójki”: są tylko dwie „trójki”.
- „Ósemki” i „czwórki”: jest jedna „czwórka”.
- „Siódemka” i „piątki”: jest jedna „siódemka”.

W ten sposób doszliśmy do widma struktury (4332). Wynika z niego, że struktura ta zawiera następujące dwudźwięki: jeden (66), jeden (10,2), dwa (93), jeden (84), jeden (75). Brak w tej strukturze dwudźwięku (11,1).

Powtarzamy wynik w prawidłowym, skróconym zapisie:  $W(4332) = 101\ 211$ .

b)  $(3 \ 6 \ 2 \ 1)$

0	3	9	11
9	0	6	8
3	6	0	2
1	4	10	0

 $W(3621) = 111\ 210$

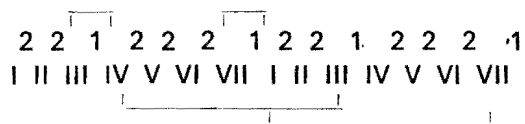
c)  $(2 \ 2 \ 2 \ 1 \ 2 \ 2 \ 1)$

0	2	4	6	7	9	11
10	0	2	4	5	7	9
8	9	0	2	3	5	7
6	8	10	0	1	3	5
5	7	9	10	0	2	4
3	5	7	9	10	0	2
1	3	5	7	8	9	0

 $W(222\ 1221) = 125\ 436$

Przykład c) wyraźnie nam uświadamia, że  $W$  dostarcza gotowej odpowiedzi na jedno z pytań zasad muzyki: jakie interwały zawiera skala durowa? Równie łatwo odpowiedzieć na następne: na jakich stopniach skali durowej one się znajdują?

Przepiszmy tylko strukturę skali durowej w postaci zasadniczej, od I stopnia, przez dwie oktawy:



Gdzie znajdują się dwie „jedyńki” i pięć „dwójek” — to widać z samego zapisu. Jedna „szóstka” jest na tym stopniu, od którego licząc kolejne cyfry sumują się do liczby 6, a więc tylko na IV i VII stopniu. Podobnie z trzema pozostałymi dwudźwiękami: (93), (84), (75). Co do przewrotów: jeśli dany interwał jest między stopniem IV a VII (66), to jego przewrót znajduje się między stopniem VII i IV. Klamrami zaznaczono miejsca występowania małych sekund („jedynek”) i septym wielkich („jedenastek”).

$$\begin{array}{r}
 \text{d) } (3 \quad 2 \quad 3 \quad 2 \quad 2) \\
 \hline
 0 \quad 3 \quad 5 \quad 8 \quad 10 \\
 \quad \cdot \quad 0 \quad 2 \quad 5 \quad 7 \\
 \qquad \quad 0 \quad 3 \quad 5 \\
 \qquad \qquad 0 \quad 2 \\
 \qquad \qquad \qquad 0 \qquad \qquad W(32322) = 003 \ 214
 \end{array}$$

Istnieje wzór na ilość dwudźwięków w widmie, pozwalający sprawdzić, czy widmo zostało prawidłowo obliczone:

ilość dwudźwięków w  $W = \frac{n \cdot (n-1)}{2}$ , gdzie  $n =$  rząd struktury. Sprawdźmy dotychczasowe obliczenia:

ad przykł. a):  $\frac{4 \cdot (4-1)}{2} = 6$ ; ilość dwudźwięków w  $W(4332) = 1+0+1+2+1+1 = 6$

ad przykł. b): wynik jest taki sam, ponieważ struktura (3621) jest, podobnie jak uprzednio, IV rzędu.

ad przykł. c):  $\frac{7 \cdot (7-1)}{2} = 21$ ; ilość dwudźwięków w  $W(222 \ 1221) = 1+2+5+4+3+6 = 21$

ad przykł. d):  $\frac{5 \cdot 4}{2} = 10$ ;  $3+2+1+4 = 10$

Kilka dalszych przykładów widm, podanych bez obliczeń:

$$\begin{array}{ll}
 W[54]3]^{1} = 000 \ 111 & W(3333) = 200 \ 400 \\
 W(444) = 000 \ 030 & W[542)1] = 111 \ 111 \\
 W(66) = 100 \ 000 & W[623)1] = 111 \ 111 \\
 W(93) = 000 \ 100 & W(222222) = 306 \ 060 \\
 W(4242) = 202 \ 020 & W(111111111111) = 6,12,12,12,12,12
 \end{array}$$

Uwaga: Nawias okrągły wewnątrz kwadratowego ułatwia odczytanie zapisu struktury przeciwnej od ramy w formie uporządkowanej, z najmniejszym interwałem na końcu; odczytanie struktury należy rozpocząć od liczby po lewej stronie nawiasu w kierunku na lewo, po czym, zachowując ten sam kierunek, dopełnić liczbami z prawej strony nawiasu, na przykład [54]3] czytamy (453); [32)1321] czytamy (231231).

Istnieje 1 para czterodźwięków, 3 pary pięciodźwięków, 1 para ośmiodźwięków, 3 pary siedmiodźwięków i 15 par sześciodźwięków o wspólnych widmach. Większej ilości przykładów dostarczają tablice struktur podanych w wyborze (s. 34 i 35).

## 9. Odształcenie struktury. Struktura monomorficzna

Odształcenie ( $z$ ), podobnie jak i widmo, jest funkcją struktury. Przyjmuje wartości w przedziale  $\langle 0,1 \rangle$ . W tablicach struktur (s. 34) podana jest wartość „ $z$ ” pomnożona przez  $100^1$ .

Odształcenie jest to wskaźnik oddający stopień równomierności, w jakim dana struktura dzieli (odkształca) interwał oktawy; na przykład struktura (543) „odkształca” oktawę w sposób bardziej równomierny, symetryczny, niż np. struktura (10, 1, 1). Najwyraźniej to widać w odwzorowaniu graficznym:

38



Uświadomienie sobie faktu, iż wartość „ $z$ ” rośnie wraz z tą cechą struktury, którą określamy potocznie „dysonansowością”, „niezgodnością”, „chropowatością”, „niestopliwością” itp., pomoże zrozumieć istotę i rolę odształcenia. Chcąc jednak problem uściślić, musimy jeszcze dopowiedzieć, że w odniesieniu do większości struktur, „ $z$ ” istotnie pozostaje w prostej zależności od wrażenia dysonansowości. Istnieje jednak niewielka grupa struktur monomorficznych (równomiernych, jednopostaciowych, „akordów monointerwałowych” — jak je nazywa Chołopow<sup>2</sup>), które mimo iż są, w różnym wprawdzie stopniu, dalekie od konsonansowości, odształcają interwał oktawy — można powiedzieć — w sposób doskonały, bo idealnie symetryczny, mają więc „ $z$ ” równe zeru. Oto struktury monomorficzne: (66), (444), (3333), (222222), (111111111111).

Wspólną cechą tych struktur jest to, iż każdy składnik powtarza się ilość razy równą rzędowi struktury oraz to, że mają tylko jedną postać. Niezgodność struktur monomorficznych z hipotezą o wprost proporcjonalnym stosunku wielkości odształcenia struktury do wrażenia dysonansowości, jaką ona wzbudza — to jeden z tych teoretycznych problemów, których autor teorii struktur nie zdążył już zadowalająco wyjaśnić na drodze badań akustyczno-psychometrycznych.

Zwróćmy jeszcze uwagę na jeden szczegół: wielkości „ $z$ ” są zrelatywizowane do danego rzędu struktury. Na przykład ostatni na liście sześciordźwięków (711 111) ma w rubryce „100. $z$ ” wielkość 50,0000<sup>3</sup>, a więc mniejszą od ostatniego z listy trójdźwięków (10, 1, 1), dla którego analogiczna wartość wynosi aż 75,0000, odształcenia zaś obu tych przykładowych struktur są większe od odształcenia dziewięciordźwięku (411 111 111), które jest równe 25,000.

<sup>1</sup> Nie zamieszczamy tu wzorów na obliczanie „ $z$ ”, ponieważ wymagają one wprowadzenia dodatkowych, a dla nas nieprzydatnych, nowych pojęć, takich jak „zasada” i „warstwa”. Zob. M. Zalewski *Harmonia teoretyczna*, Warszawa 1972, s. 45 i następne.

<sup>2</sup> J. Chołopow „*Modi o ograniczonej transpozycyjności*” w *teoretycznych koncepcjach Messiaena i Jaworskiego* w: „*Res Facta*” 7, Kraków 1973, s. 125.

<sup>3</sup> M. Zalewski *Harmonia teoretyczna*, Warszawa 1972, tablice struktur, s. 143–151.

## 10. Relacja zawierania się struktur. Rodzina struktury

Usuńmy na przykład ze struktury (4332) kolejno po jednym składniku;

oznaczenie <sup>1</sup>	struktura	
$D_4^2$	(4332)	
$D_3^2$	(732)	(7 jest sumą interwałów 4+3)
$D_3^1$	(462)	(6 jest sumą interwałów 3+3)
D	(435)	(5 jest sumą interwałów 3+2)
$D_2^2$	(633)	(6 jest sumą interwałów 2+4)

Mówimy, że struktury (732), (462), (435), (633) zawierają się w strukturze (4332) że struktura (4332) zawiera struktury (732), (462), (435), (633).

Pochodna — to struktura zawarta w danej. A więc struktury (732), (462), (435), (633) to pochodne struktury (4332).

Są dwa rodzaje struktur pochodnych:

- pochodna zredukowana (inaczej: redukcja) — to ta struktura, która powstaje z danej przez zsumowanie tych dwóch sąsiednich składników, które tworzą najmniejszą strukturę pochodną. Pochodna zredukowana w stosunku do struktury wyższego rzędu, z której pochodzi, czymś nowym. W naszym przypadku jest to struktura (435);
- wszystkie inne pochodne są pochodnymi charakterystycznymi. Można je uważać za struktury niepełne, zastępcze. W naszym przypadku są to struktury (732), (462), i (633).

Spośród wszystkich pochodnych danej struktury pochodna zredukowana ma najmniejsze odkształcenie.

Struktury (732), (462), (435), (633) mają swoje pochodne:

(732)	(462)	(543)	(633)
(10,2)	(10,2)	(93)	(66)*
(75)*	(84)	(75)*	(93)
(93)	(66)*	(84)	

Uwaga: Gwiazdką (\*) oznaczono pochodną zredukowaną.

Zbiór wszystkich struktur zawartych w danej strukturze nazywamy rodziną danej struktury (R), a samą tę strukturę — tworzącą lub generatorem. Cechą charakterystyczną (R) jest brak interwału (11,1).

Utwórzmy teraz rodzinę struktury przeciwnej:

$D_4^2$	R(3342)	
$D_3^2$	(642)	— pochodna charakterystyczna
$D_3^1$	(372)	— pochodna charakterystyczna
$D_2^2$	(336)	— pochodna charakterystyczna
$D_2^1$	(534)	— pochodna zredukowana

<u>(642)</u>	<u>(723)</u>	<u>(633)</u>	<u>(453)</u>
(10,2)	(93)	(93)	(93)
(66)	(75)	(66)	(84)
(84)	(10,2)		(75)

Pożyteczne będzie prześledzić na powyższym przykładzie, w jakim stosunku pozostają do siebie pochodne struktur przeciwnych.

Są struktury, które mają więcej niż jedną pochodną zredukowaną, np. (611 211) i takie, które nie mają żadnej, np. (4242).

Zanalizujmy jeszcze jeden przykład:

R(32322)

- (5322) — pochodna charakterystyczna
- (3522) — pochodna charakterystyczna
- (3252) — pochodna charakterystyczna
- (3234) — pochodna zredukowana
- (5232) — pochodna charakterystyczna

Dalsze pochodne (III rzędu):

<u>(5322)</u>	<u>(3522)</u>	<u>(3252)</u>	<u>(3234)<sup>1</sup></u>	<u>(5232)</u>
(822)	(822)	(552)	(534)*	(732)
(552)	(372)	(372)	(354)*	(552)
(534)*	(354)*	(327)	(327)	(525)
(732)	(552)	(525)	(723)	(723)

Dalsze pochodne (II rzędu):

<u>(822)</u>	<u>(552)</u>	<u>(453)</u>	<u>(732)</u>
(10,2)*	(10,2)	(93)	(10,2)
(84)	(75)	(84)	(75)*
		(75)*	(93)

Na pewno potrafimy odpowiedzieć na pytanie, dlaczego z pary struktur przeciwnych pominięto jedną przy wyprowadzaniu pochodnych.

Cechą charakterystyczną R(32322) jest brak interwałów (66) i (11,1).

## 11. Tablice struktur (wybór)

Prezentujemy tu tylko kilka tablic struktur II, III, IV, IX, X, XI i XII rzędu<sup>2</sup>. Przy każdej strukturze podano widmo i wartość odkształcenia pomnożoną przez 100 (100.z). Kompletne tablice zawierają jeszcze inne dane, które tu pominięto. Z zapisu struktury można się zorientować, czy jest to struktura symetryczna (w nawiasie okrągłym), czy para przeciwnych. Te ostatnie tworzą moduł ujęty w nawias kwadratowy.

Rola zamykającego nawiasu okrągłego wewnątrz nawiasu kwadratowego oznaczającego moduł struktury, została wyjaśniona w uwadze na s. 30.

<sup>1</sup> Przy wprowadzaniu pochodnych nie jest konieczne stosowanie unormowanego zapisu struktury.

<sup>2</sup> Komplet tablic struktur znajduje się m. in. w wydanych pracach M. Zalewskiego: *Tablice struktur systemu dwunastodźwiękowego*, Bibl. Izomorfu nr 23, Warszawa 1968 oraz *Harmonia teoretyczna*, Warszawa 1972.

struktury II rzędu (dwudźwięki)

nr	struktura	widmo	100.z	nr	struktura	widmo	100.z
1	(66)	100 000	00,0000	4	(93)	000 100	50,0000
2	(75)	000 001	16,6667	5	(10,2)	001 000	66,6667
3	(84)	000 010	33,3333	6	(11,1)	010 000	83,3333

struktury III rzędu (trójdzźwięki)

nr	struktura	widmo	100.z	nr	struktura	widmo	100.z
1	(444)	000 030	00,0000	7	[65]1	110 001	38,8889
2	[54]3	000 111	14,4338	8	[74]1	010 011	43,3333
3	(552)	001 002	23,0000	9	(822)	002 010	50,0000
4	(633)	100 200	25,0000	10	[83]1	010 110	52,3810
5	[64]2	101 010	28,8675	11	[92]1	011 100	62,8571
6	[73]2	001 101	38,1882	12	(10,1,1)	021 000	75,0000

struktury IV rzędu (czterodźwięki)

nr	struktura	widmo	100.z	nr	struktura	widmo	100.z
1	(3333)	200 400	00,0000	16	[452]1	011 112	33,3333
2	[433]2	101 211	12,9635	17	(6222)	103 020	33,3333
3	(3432)	001 212	14,8136	18	(06141)	120 012	33,3333
4	(4242)	202 020	15,2697	19	[632]1	111 201	36,3636
5	(4422)	102 030	20,9478	20	[362]1	111 210	38,8889
6	(5232)	002 103	21,2815	21	(5511)	121 002	41,6667
7	(4341)	010 122	21,2815	22	(7131)	020 121	42,8571
8	[53]22	002 112	24,6342	23	[64]11	121 011	43,3333
9	[443]1	010 131	24,6342	24	[722]1	012 111	44,4444
10	[524]1	111 012	25,2061	25	(2721)	012 201	46,1538
11	[533]1	110 211	25,9304	26	[73]11	021 111	49,0909
12	(3531)	010 221	29,6195	27	(8121)	021 210	53,8462
13	(5151)	010 221	29,6195	28	[82]11	022 110	57,1429
14	[542]1	111 111	32,3314	29	(9111)	032 100	66,6667
15	[623]1	111 111	32,3314				

struktury IX rzędu (dziewięciodźwięki)

nr	struktura	widmo	100.z	nr	struktura	widmo
1	(211 211 211)	366 696	08,317	7	[311 12]1 111]	476 667
2	[212 112]111]	366 676	09,282	8	[311 2]11 111]	376 677
3	(212 121 111)	466 866	11,146	9	(222 111 111)	368 676
4	(221112 111)	367 668	11,231	10	[312]111 111]	376 776
5	[221 12]1 111]	467 676	12,133	11	[32]1 111 111]	377 766
6	[221 2]11 111]	367 767	14,366	12	(411 111 111)	387 666



struktury X rzędu (dziesięciodźwięki)

nr	struktura	widmo	100.z
1	(21111 21111)	588 888	06,53
2	(21112 11111)	488 889	07,12
3	(21121 11111)	488 898	08,66

nr	struktura	widmo	100.z
4	(21211 11111)	488 988	10,69
5	(22111 11111)	489 888	13,12
6	(31111 11111)	498 888	16,67

struktura XI rzędu (jedenastodźwięk)

nr	struktura	widmo	100.z
1	(21111 111 111)	5 10 10 10 10 10	08,3333

struktura XII rzędu (dwunastodźwięk)

nr	struktura	widmo	100.z
1	(1111 1111 1111)	6 12 12 12 12 12	00,0000