

Spis treści

Spis oznaczeń	7
Symbole łańskie	7
Symbole greckie	11
Wstęp	13
I. Wybrane zagadnienia teorii pola akustycznego w płynach	
Wprowadzenie do części I	19
Rozdział 1. Podstawowe równania mechaniki ośrodków ciągłych	21
1.1. Matematyczne podstawy akustyki	21
1.2. Równanie ciągłości masy	23
1.3. Równanie ciągłości pędu	24
1.4. Równanie ciągłości energii	28
1.5. Zasady termodynamiki w akustyce	29
1.6. Podsumowanie	31
Rozdział 2. Podstawowe równania akustyki	32
2.1. Linearyzacja równań ciągłości	32
2.2. Klasyczne równanie falowe	33
2.3. Prędkość dźwięku	36
2.4. Błąd przybliżenia liniowego	39
2.5. Podsumowanie	41
Rozdział 3. Rozwiązanie równania falowego w obszarze nieograniczonym	43
3.1. Fale płaskie, sferyczne i cylindryczne	43
3.2. Metoda separacji zmiennych	47
3.3. Rozwiązanie we współrzędnych kartezjańskich	49
3.3.1. Jednowymiarowe równanie falowe i równanie Helmholtza	49
3.3.2. Dwu- i trójwymiarowe równanie Helmholtza	50
3.4. Rozwiązanie we współrzędnych cylindrycznych	55
3.5. Rozwiązanie we współrzędnych sferycznych	58
3.6. Równanie niejednorodne. Funkcja Greena	63
3.6.1. Funkcja Greena równania falowego i Helmholtza	63
3.6.2. Funkcja Greena wyrażona za pomocą funkcji własnych	69
3.7. Rozkład pola akustycznego według multipoli	70
3.7.1. Promieniowanie dipola akustycznego	71
3.7.2. Rozkład pola według multipoli z wykorzystaniem funkcji Greena	72
3.8. Konwekcyjne równanie falowe	74
3.9. Podsumowanie	76

Rozdział 4. Wielkości pochodne opisujące pole akustyczne	77
4.1. Impedancja akustyczna i warunki brzegowe	77
4.2. Współczynnik odbicia	81
4.3. Natężenie, energia i moc pola akustycznego	84
4.3.1. Pole fali stojącej. Sonda natężeniowa	87
4.3.2. Kula pulsująca	88
4.3.3. Kula drgająca wzdłuż osi. Kierunkowość źródła	91
4.4. Podsumowanie	95
Rozdział 5. Promieniowanie źródeł. Całka Helmholtza–Huyghensa	96
5.1. Monopol akustyczny – źródło prędkościowe	97
5.2. Źródło liniowe	98
5.3. Źródło powierzchniowe	100
5.4. Źródła koherentne	100
5.5. Układ N jednakowych źródeł	103
5.6. Dipol jako źródło ciśnieniowe	107
5.7. Kwadrupol akustyczny	110
5.8. Całka Helmholtza–Huyghensa	112
5.9. Całka Rayleigha	117
5.10. Całka Fraunhofera i Fresnela	119
5.11. Tłok drgający w sztywnej odgradzie	121
5.11.1. Tłok prostokątny	121
5.11.2. Tłok kołowy. Impedancja promieniowania	122
5.12. Podsumowanie	128
II. Pole akustyczne falowodów	
Wprowadzenie do części II	133
Rozdział 6. Równanie falowe w obszarze ograniczonym. Propagacja dźwięku w falowodach	135
6.1. Falowody akustyczne	135
6.2. Falowód o przekroju prostokątnym	137
6.2.1. Falowód o powierzchni idealnie sztywnej	137
6.2.2. Inne rodzaje warunków brzegowych	145
6.3. Falowód o przekroju kołowym	151
6.3.1. Falowód o powierzchni idealnie sztywnej	151
6.3.2. Inne rodzaje warunków brzegowych	158
6.4. Podsumowanie	161
Rozdział 7. Badania eksperymentalne zjawisk w modelu sztywnego falowodu nieskończonego	162
7.1. Rozkłady ciśnienia fali wielomodowej	162
7.2. Metoda dekompozycji fali wielomodowej	169
7.3. Generacja pojedynczego modu	172
7.4. Podsumowanie	182
Rozdział 8. Falowód półnieskończony bez odgrady. Dyfrakcja fali na wylocie	183
8.1. Metoda Wienera–Hopfa	183
8.2. Pole akustyczne wewnątrz falowodu	189

8.2.1.	Macierz współczynników odbicia i transformacji	189
8.2.2.	Macierz impedancji wzdłuż falowodu	192
8.3.	Promieniowanie dźwięku na zewnątrz	198
8.3.1.	Pole bliskie i dalekie. Funkcja kierunkowości	199
8.3.2.	Charakterystyki kierunkowe	200
8.3.3.	Rekonstrukcja pola z częściowych pomiarów	206
8.3.4.	Moc transmitowana i wypromieniowana przez wylot	210
8.3.5.	Impedancja promieniowania wylotu	214
8.4.	Badanie pola falowodu z przepływem ośrodka	217
8.5.	Podsumowanie	220

Dodatki

Dodatek A. Analiza wektorowa	225
A.1. Algebra wektorów	225
A.2. Wektor położenia, przesunięcia i różnicy położen	227
Dodatek B. Delta Kroneckera, delta Diraca i symbol Leviego-Civity	234
Dodatek C. Zespolony zapis funkcji harmonicznyc	238
Dodatek D. Własności funkcji cylindrycznych i sferycznych	241
D.1. Funkcje Bessela, Neumanna i Hankela	241
Cylindryczne funkcje Bessela, Neumanna i Hankela	241
D.2. Sferyczne funkcje Bessela, Neumanna i Hankela	245
D.3. Wielomiany Legendre'a	247
D.4. Stowarzyszone funkcje Legendre'a i harmoniki sferyczne	248
D.5. Funkcje Struvego	248
Bibliografia	249