

Spis treści

TOM 1

Przedmowa do wydania 1 11

Przedmowa do wydania 2 15

1. Wstęp 17

1.1. Wprowadzenie 17

1.2. Stopnie dynamicznej swobody 18

1.3. Siły działające na konstrukcje 20

1.3.1. Siły zewnętrzne 20

1.3.2. Siły sprężystego oddziaływania 20

1.3.3. Siły bezwładności 25

1.3.4. Siły tłumienia, podstawowe modele tłumienia 25

1.4. Podstawowe prawa dynamiki 26

1.4.1. Drugie prawo Newtona 26

1.4.2. Zasada d'Alemberta i zasada pracy wirtualnej 27

1.4.3. Równania Lagrange'a 31

1.4.4. Zasada Hamiltona 33

Literatura 35

2. Dynamika układu o jednym stopniu swobody 36

2.1. Równanie ruchu układu o jednym stopniu swobody 36

2.2. Drgania swobodne nietłumione 38

2.2.1. Rozwiązanie równania drgań swobodnych nietłumionych 38

2.2.2. Częstość drgań swobodnych i okres drgań 39

2.2.3. Amplituda drgań 40

2.3. Drgania swobodne tłumione 41

2.3.1. Równanie ruchu tłumionego i jego rozwiązanie 41

2.3.2. Tłumienie krytyczne, bezwymiarowy współczynnik tłumienia,

ruch układu krytycznie tłumionego	42
2.3.3. Ruch układu nadkrytycznie tłumionego	43
2.3.4. Drgania swobodne układu podkrytycznie tłumionego	44
2.3.5. Logarytmiczny dekrement tłumienia	46
2.3.6. Energia układu	47
2.4. Drgania harmonicznie wymuszone	48
2.4.1. Drgania nietłumione harmonicznie wymuszone	48
2.4.2. Drgania tłumione harmonicznie wymuszone	50
2.4.3. Analiza drgań ustalonych za pomocą zmiennych zespolonych	55
2.4.4. Wyznaczanie tłumienia na podstawie krzywej rezonansowej	57
2.4.5. Zastosowanie współczynnika Q jako miary tłumienia	59
2.4.6. Energia rozpraszana w trakcie drgań ustalonych	60
2.4.7. Zastępczy współczynnik tłumienia wiskotycznego	61
2.4.8. Drgania wymuszane siłą odśrodkową	62
2.4.9. Drgania ustalone wywołane wymuszeniem kinematycznym	64
2.4.10. Współczynnik przekazywania drgań	66
2.5. Drgania wywołane obciążeniem okresowym	69
2.5.1. Rozwinięcie funkcji okresowych w szereg Fouriera	69
2.5.2. Odpowiedź układu na wymuszenie okresowe	71
2.6. Drgania wywołane dowolnym obciążeniem	72
2.6.1. Impuls siły, impulsowa funkcja przejścia i całka Duhamela	72
2.6.2. Obliczanie całki Duhamela	75
2.7. Numeryczne całkowanie równania ruchu	77
2.7.1. Metoda Newmarka	77
2.7.2. Stabilność i dokładność metod numerycznego całkowania	81
2.8. Równanie stanu i jego rozwiązanie	86
2.9. Impulsowa funkcja przejścia i funkcja przenoszenia oraz ich relacje	89

2.10. Bilans energii 92

Literatura 94

3. Równania ruchu układów dyskretnych 95

3.1. Stopnie dynamicznej swobody układów dyskretnych 95

3.2. Równania ruchu układów dyskretnych z masami skupionymi 100

3.2.1. Zastosowanie równań Lagrange'a do wyprowadzania równań ruchu 100

3.2.2. Zastosowanie współczynników podatności do wyprowadzenia równań ruchu 103

3.2.3. Zastosowanie współczynników sztywności do wyprowadzenia równań ruchu 109

3.3. Prosty model dynamiczny budynku – rama z nieodkształcalnymi ryglami 118

3.4. Uwzględnienie sił tłumienia 123

3.5. Równania ruchu wyrażone za pomocą zmiennych stanu 124

Literatura 125

4. Drgania swobodne układów dyskretnych 126

4.1. Drgania swobodne nietłumione 126

4.1.1. Częstości i postaci drgań 126

4.1.2. Warunki ortogonalności i normowanie postaci drgań 131

4.1.3. Jakościowa analiza problemu własnego – iloraz Rayleigha 135

4.1.4. Analiza wrażliwości częstości drgań swobodnych na zmianę parametrów projektowych 139

4.2. Drgania swobodne tłumione 150

4.2.1. Wprowadzenie 150

4.2.2. Rozwiązanie równań ruchu zapisanych we współrzędnych fizycznych 151

4.2.3. Rozwiązanie równania ruchu zapisanego za pomocą zmiennych

stanu 154

4.2.4. Ortogonalność wektorów własnych 156

4.2.5. Wartości własne a częstości drgań i bezwymiarowe współczynniki
tłumienia 165

4.2.6. Drgania swobodne tłumione – macierz tłumienia proporcjonalnego 170

4.2.7. Analiza wrażliwości wartości i wektorów własnych układu tłumionego 171

Literatura 174

5. Metody rozwiązywania problemów własnych 175

5.1. Wprowadzenie 175

5.2. Sprowadzanie uogólnionego problemu własnego do problemu standardowego 176

5.3. Uogólniona metoda Jacobiego 177

5.4. Metoda odwrotnej iteracji wektorowej 184

5.5. Metoda przeszukiwania wyznacznika 191

5.6. Metoda Rayleigha-Ritza 194

5.7. Metoda podprzestrzennych iteracji 198

5.8. Metoda Lanczosa 202

5.9. Metody rozwiązywania problemu własnego związanego z drganiami
tłumionymi 205

Literatura 210

6. Modele tłumienia i modele tłumików . 211

6.1. Wprowadzenie 211

6.2. Tłumienie wiskotyczne 212

6.3. Tłumienie zespolone 221

6.4. Modele tłumików 223

6.4.1. Uwagi ogólne o modelach tłumików drgań 223

6.4.2. Model tłumika wiskotycznego 224

6.4.3. Model Kelvina 225

6.4.4. Model Maxwella 228

6.4.5. Model złożony 231

6.4.6. Uogólniony model Maxwella 232

Literatura 236

Drgania wymuszone układów o wielu stopniach swobody 237

7.1. Wprowadzenie 237

7.2. Metoda modalna 238

7.2.1. Klasyczna transformacja własna 238

7.2.2. Transformacja własna równań stanu 241

7.2.3. Algorytm metody modalnej 242

7.3. Drgania harmonicznie wymuszone 243

7.3.1. Analiza drgań ustalonych metodą bezpośrednią 243

7.3.2. Zjawisko rezonansu, krzywa rezonansowa 246

7.3.3. Analiza drgań ustalonych metodą modalną 248

7.3.4. Zastosowanie zmiennych zespolonych 250

7.3.5. Zastosowanie zespolonych wektorów własnych do analizy drgań
ustalonych 252

7.4. Zastosowanie metod numerycznego całkowania do analizy drgań wymuszonych 253

7.4.1. Wprowadzenie 253

7.4.2. Metoda różnic skończonych 254

7.4.3. Metoda Newmarka 256

7.4.4. Metoda Wilsona 258

7.4.5. Metoda Houbolta 260

7.4.6. Całkowanie równań stanu 261

Literatura 262

8. Metody redukcji bazy 263

8.1. Wprowadzenie 263

8.2. Kondensacja statyczna i redukcja stopni dynamicznej swobody metodą

Guyana 263

8.3. Metoda modalna jako wariant metody redukcji bazy 264

8.4. Metoda przyspieszeń modalnych 271

8.5. Metoda redukcji bazy Wilsona 277

Literatura 286