

Spis treści

1. Wprowadzenie	9
1.1. Kinematyka drgań	11
1.2. Sprężyny	15
1.2.1. Połączenie równoległe sprężyn	18
1.2.2. Sprężyny połączone szeregowo	19
1.2.3. Przykłady połączeń	20
1.3. Tłumienie	21
1.3.1. Tłumienie viskozyczne	21
1.3.2. Tarcie suche	22
1.3.3. Tłumienie wewnętrzne	23
1.4. Stopnie swobody	23
2. Analiza harmoniczna drgań	27
2.1. Szeregi Fouriera	27
2.2. Właściwości funkcji okresowych	29
2.3. Dyskretna analiza harmoniczna	33
2.4. Software SIGNALCALC	34
2.5. Przykłady funkcji okresowych	37
3. Układy z jednym stopniem swobody	39
3.1. Drgania swobodne bez tłumienia	39
3.2. Drgania swobodne z tłumieniem	41
3.2.1. Logarytmiczny współczynnik tłumienia	44
3.3. Drgania wymuszone siłą harmoniczną	48
3.4. Wymuszenie kinematyczne	51
3.5. Drgania wymuszone niewyważeniem	52
3.6. Drgania od wymuszenia okresowego	54

3.7. Odpowiedz układu na dowolną formę wymuszenie	56
3.8. Zastosowanie drgań do pomiaru pewnych parametrów	59
3.9. Problemy do rozwiązania	61
3.10. Przykłady z użyciem programu MATLAB	69
4. Równania Lagrange’a II rodzaju	83
4.1. Układy holonomiczne	83
4.2. Uogólnione siły niekonserwatywne	84
4.3. Przykłady	85
4.4. Zadania do samodzielnego rozwiązania	92
5. Układy z dwoma stopniami swobody	95
5.1. Równania ruchu	95
5.2. Drgania swobodne bez tłumienia	97
5.3. Drgania wymuszone bez tłumienia	101
5.4. Eliminatory dynamiczny drgań – Eliminator Frahma	103
5.5. Drgania swobodne z tłumieniem	105
5.6. Drgania wymuszone siłą harmoniczną	106
5.7. Układy nie w pełni określone	107
5.8. Drgania samochodu	108
5.9. Przykłady z rozwiązaniami	112
5.10. Przykłady bez rozwiązań	123
6. Układy z wieloma stopniami swobody	127
6.1. Energia potencjalna i kinetyczna	127
6.2. Drgania wokół położenia równowagi	128
6.3. Drgania swobodne bez tłumienia	128
6.4. Postacie drgań	129
6.5. Drgania wymuszone	131
6.6. Przykłady z użyciem programu MATLAB	132
6.7. Zadania do samodzielnego rozwiązania	141
7 Drgania układów ciągłych	145
7.1. Drgania poprzeczne struny	146
7.1.1. Czujnik strunowy	151
7.1.2. Struny w instrumentach muzycznych	152
7.2. Drgania wzdłużne w prętach	155
7.2.1. Rezonator kwarcowy	160
7.3. Drgania skrętne	161
7.4. Drgania poprzeczne belek	164
7.4.1. Praktyczne wykorzystanie drgań	171
7.4.2. Drgania wymuszone belek	173

8. Pomiary drgań i ich zastosowanie	179
8.1. Pomiary drgań	179
8.1.1. Akcelerometr	180
8.1.2. Wibrometr laserowy	183
8.1.3. Wzbudniki drgań	186
8.1.4. Młotek modalny	187
8.1.5. Miernik siły	187
8.1.6. Przedwzmacniacze i wzmacniacze	188
8.1.7. Filtry	188
8.1.8. Przyrządy do pomiaru kąta fazowego, częstotliwości lub kąta obrotu wirników	188
8.1.9. Przetwornik analogowo/cyfrowy (A/D)	189
8.2. Eksperymentalna analiza modalna	190
8.3. Monitoring i diagnostyka maszyn	197
8.4. Odporność na drgania i uderzenia	202
9. Metoda elementu skończonego	205
9.1. Element typu pręt	205
9.2. Element belkowy	210
10. Kontrola poziomu drgań	219
10.1. Metody redukcji sił dynamicznych	219
10.2. Tłumiki drgań	221
10.3. Wibroizolacja	222
10.3.1. Wibroizolacja bierna	222
10.4. Eliminatory dynamiczne	224
10.5. Eliminator aktywny drgań	226
10.6. Eliminator synchroniczny drgań	227
11. Wpływ wibracji na człowieka	229
11.1. Oddziaływanie drgań na organizm człowieka	229
11.2. Normy ekspozycji na drgania	230
11.3. Terapia wibracyjna	233
11.4. Zastosowanie drgań	233
12. Mechanika wibracyjna	235
12.1. Rozpędzanie wirnika z niewyważeniem	235
12.2. Samoczynne wyważanie	239
12.3. Tarcie w połączeniu z drganiami	245
12.4. Transport wibracyjny	250
12.4.1. Ruch podajnika z drganiami poziomymi	250
12.4.2. Transport wibracyjny przy dwóch składowych drgań bieżni	252

12.4.3.	Cylindryczny podajnik wibracyjny	256
12.4.4.	Inspektor wibracyjny rur	260
12.4.5.	Robot wibracyjny ze zdalnym sterowaniem	262
12.4.6.	Obróbka wibrościerna	266
12.5.	Synchroniczny eliminator drgań	267
12.6.	Zachowanie wahadła pod wpływem drgań jego osi	273
13.	Drgania nieliniowe i parametryczne	283
13.1	Drgania nieliniowe	283
13.2	Drgania samowzbudne	288
13.3	Układy ze zmiennymi współczynnikami	291
13.4	Chaos	293