

Spis treści

Wykaz najważniejszych oznaczeń	9
1. Wprowadzenie	11
2. Opis drgań	13
2.1. Ruch postępowy i obrotowy	17
2.2. Przykłady układów jednomasowych	17
2.3. Drgania nietłumione z wymuszeniem harmonicznym	19
2.4. Drgania tłumione z wymuszeniem harmonicznym	21
2.5. Wymuszenie kinematyczne	25
2.6. Energia oscylatora harmonicznego	26
2.7. Dobroć układu drgającego	30
2.8. Układ o 2 stopniach swobody	30
2.9. Równania Lagrange'a	31
2.10. Sposoby wyznaczania współczynnika tłumienia w układach mechanicznych	33
2.10.1. Metoda krzywej drgań gasnących	33
2.10.2. Metoda krzywej rezonansowej	34
2.11. Tłumiki magnetoreologiczne	34
2.12. Połączenie szeregowe i równoległe sztywności	35
2.13. Układy nieliniowe	37
3. Dynamiczny eliminator drgań	39
3.1. Przykład zastosowania tłumików masowych	44
3.2. Aktywne tłumienie drgań	47
4. Metody pomiaru drgań	49
4.1. Czujniki do pomiaru drgań	49
4.2. Wartości średnie, RMS	51
4.3. Dopuszczalne wartości prędkości drgań dla maszyn	52
4.4. Analiza FFT	53
4.5. Wibrometria laserowa	56
5. Analiza modalna	59
5.1. Eksperymentalna analiza modalna	60
5.2. Przykład zastosowania. Eksperymentalna analiza modalna dla zasilacza hydraulicznego	64
5.3. Teoretyczna analiza modalna za pomocą metody elementów skończonych (MES)	70
5.4. Eksploatacyjna analiza modalna (OMA)	72

6. Wibroizolacja	75
6.1. Rodzaje wibroizolacji	77
6.2. Rodzaje wibroizolatorów	82
6.2.1. Wibroizolatory sprężynowe	82
6.2.2. Wibroizolatory gumowe	84
6.3. Szyny wibroizolacyjne	86
6.4. Wibroizolatory pneumatyczne	87
6.5. Dobór wibroizolatorów	88
6.6. Maty wibroizolacyjne	89
6.7. Przykład zastosowania-wibroizolacja przenośnika wibracyjnego	91
6.7.1. Opis przenośnika	91
6.8. Tłumienie drgań przewodów	96
6.9. Wibroizolacja aktywna	98
7. Modelowanie drgań, symulacja	99
7.1. Modelowanie drgań za pomocą modeli dyskretnych	99
7.2. Modelowanie drgań w systemie AMESim	102
7.3. Modelowanie drgań w systemie ADAMS	103
7.4. Modelowanie MES	104
7.5. Metodyka redukcji hałasu maszyn na przykładzie zasilacza hydraulicznego	109
8. Rozchodzenie się fal dźwiękowych	113
9. Źródła hałasu w maszynach i jego redukcja	119
9.1. Hałas pomp wyporowych i układów hydraulicznych	124
9.2. Przekładnie zębate	128
9.3. Silniki elektryczne	129
9.4. Wentylatory	130
9.5. Sprężarki	131
9.6. Obrabiarki	132
9.7. Narzędzia pneumatyczne, dysze	133
9.8. Hałas w instalacjach	134
10. Pomiar hałasu	137
10.1. Skala decybelowa	137
10.2. Poziom ciśnienia akustycznego, poziom dźwięku	138
10.3. Natężenie dźwięku	139
10.4. Poziom mocy akustycznej	140
10.5. Sumowanie poziomów	140
10.6. Równoważny poziom dźwięku	141
10.7. Miernik poziomu dźwięku	141
10.8. Pomiar mocy akustycznej na podstawie pomiaru ciśnienia akustycznego	142
10.8.1. Metody oparte na pomiarze ciśnienia akustycznego w komorze bezdechowej lub semi-bezechowej	144
10.8.2. Pomiar w komorze pogłosowej	146

10.9. Pomiar natężenia dźwięku	147
11. Lokalizacja źródeł hałasu	151
11.1. Lokalizacja źródeł hałasu w zasilaczu hydraulicznym	151
11.1.1. Metoda pomiaru natężenia dźwięku	151
11.2. Lokalizacja źródeł hałasu za pomocą kamery akustycznej	154
11.2.1. Przykłady zastosowania kamery akustycznej	156
12. Materiały dźwiękochłonne i dźwiękoizolacyjne	163
12.1. Materiały dźwiękochłonne	163
12.2. Czas pogłosu	166
12.3. Materiały dźwiękoizolacyjne	168
13. Metody redukcji hałasu	173
13.1. Tłumiki akustyczne	175
13.2. Tłumiki odbijające (refleksyjne)	176
13.3. Tłumiki pochłaniające (absorpcyjne)	179
13.4. Przykład zastosowania	180
13.5. Obudowy dźwiękochłonno-izolacyjne	181
13.6. Przykład zastosowania: obudowa dźwiękochłonno-izolacyjna w sprężarkowni	185
13.7. Ekrany akustyczne	187
13.8. Redukcja hałasu poprzez pokrycia tłumiące drgania	191
13.9. Kabinę dźwiękoszczelne	191
13.10. Aktywna redukcja hałasu	192
14. Normy i dyrektywy	195
Literatura	201