

## **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
<b>10.</b>	<b>Pomiar hałasu</b>	<b>137</b>
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.	Pomiary w komorze pogłosowej	146
10.9.	Pomiar natężenia dźwięku	147
<b>11.</b>	<b>Lokalizacja źródeł hałasu</b>	<b>151</b>
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
<b>12.</b>	<b>Materiały dźwiękochłonne i dźwiękoizolacyjne</b>	<b>163</b>
12.1.	Materiały dźwiękochłonne	163
12.2.	Czas pogłosu	166
12.3.	Materiały dźwiękoizolacyjne	168
<b>13.</b>	<b>Metody redukcji hałasu</b>	<b>173</b>
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.	Kabiny dźwiękoszczelne	191
13.10.	Aktywna redukcja hałasu	192
<b>14.</b>	<b>Normy i dyrektywy</b>	<b>195</b>
	<b>Literatura</b>	<b>201</b>