

Spis treści

Ważniejsze oznaczenia	11
Ważniejsze skróty anglojęzyczne	13
1. Wstęp (Z. Wójcicki)	15
1.1. Wprowadzenie	15
1.2. Cele monografii	16
1.3. Przyszłość dynamicznych badań konstrukcji	16
1.4. Układ książki	17
2. System PULSE (Z. Wójcicki)	23
2.1. Informacje wstępne	23
2.2. Zgodność z normami	24
2.3. Kasety pomiarowe PULSE 3560-C	24
2.4. Przetworniki	26
2.5. Wzbudniki i kalibratory drgań i dźwięku	31
2.5.1. Wzbudniki do pomiarów i testów (kalibratory)	32
2.5.2. Wzbudniki modalne	33
2.6. Jednostki centralne	35
2.7. Wyposażenie dodatkowe	36
2.7.1. Światłowodowe stacje połączeniowe	36
2.7.2. Miernik wpływu drgań na organizm człowieka	37
2.7.3. Miernik poziomu dźwięku	38
2.7.4. Rejestrator LAN-XI NotarTM	39
2.7.5. Osprzęt transportowy i pomiarowy	40
2.8. Oprogramowanie	41
3. Techniki badań dynamicznych (Z. Wójcicki)	43
3.1. Proste techniki badań dynamicznych	43
3.1.1. Analiza szerokopasmowa	43
3.1.2. Analiza FFT	43
3.1.3. Analiza CPB 1/n-oktawy	43
3.1.4. Analiza tercjowa	44
3.1.5. Analiza rzędów	44
3.1.6. Analiza ODS	44
3.2. Analiza modalna	45
3.2.1. Wprowadzenie	45
3.2.2. Eksperymentalna analiza modalna EMA (W. Sawicki, Z. Wójcicki)	46

3.2.2.1.	Podstawy teoretyczne	46
3.2.2.2.	Założenia dotyczące tłumienia.....	47
3.2.2.3.	Równanie ruchu w dziedzinie częstotliwości	47
3.2.2.4.	Pomiary częstotliwościowej odpowiedzi układu.....	53
3.2.3.	Operacyjna analiza modalna (OMA) (<i>J. Grosel, Z. Wójcicki</i>)	54
3.2.3.1.	Podstawy teoretyczne.....	54
3.2.3.2.	Zastosowanie OMA w badaniach <i>in situ</i>	57
3.2.3.3.	Oprogramowanie OMA	58
3.2.3.4.	Analizy pomocnicze.....	58
4.	Badania dynamiczne obiektów przemysłowych (<i>Z. Wójcicki</i>).....	62
4.1.	Huta	62
4.1.1.	Zespół badawczy	62
4.1.2.	Opis obiektu badań.....	62
4.1.3.	Przedmiot badań	62
4.1.4.	Cel badań	64
4.1.5.	Zakres badań oraz metoda badawcza	64
4.1.6.	Pomiary i badania rekonesansowe	65
4.1.7.	Badania wstępne – analiza przyczyn drgań.....	65
4.1.8.	Badania zasadnicze – analizy ODS	68
4.1.8.1.	Konstrukcja wsporcza kotła odzysknicowego.....	68
4.1.8.2.	Hala ze zbiornikami wody i koncentratu	73
4.1.8.3.	Eliminacja zaburzeń	82
4.1.9.	Badania zasadnicze – analiza modalna	83
4.1.9.1.	Klasyczna eksperymentalna analiza modalna (EMA)	83
4.1.9.2.	Operacyjna analiza modalna (OMA)	84
4.1.10.	Walidacja i dostrojenie modelu MES	86
4.1.11.	Podsumowanie	87
4.1.12.	Uzupełnienie	88
4.2.	Strop przemysłowy hali fabryki	89
4.2.1.	Zespół badawczy	89
4.2.2.	Przedmiot badań.....	89
4.2.3.	Cel i zakres badań.....	90
4.2.4.	Badania wstępne	91
4.2.5.	Badania zasadnicze – pomiary w strefie czystej	91
4.2.5.1.	Pierwsze ustawienie – 4 akcelerometry	92
4.2.5.2.	Drugie ustawienie – 7 akcelerometrów	93
4.2.6.	Pomiary zasadnicze w magazynie przy strefie czystej	93
4.2.7.	Operacyjna analiza modalna (OMA) (<i>Z. Wójcicki, J. Grosel</i>).....	97
4.2.7.1.	Model OMA.....	97
4.2.7.2.	Wyniki OMA.....	97
4.2.8.	Wnioski	99
4.3.	Budowla hydrotechniczna	100
4.3.1.	Zespół badawczy	100
4.3.2.	Opis obiektu badań.....	100
4.3.3.	Cel badań.....	101
4.3.4.	Zakres badań.....	101

4.3.5.	Schematy rozmieszczenia punktów pomiarowych.....	102
4.3.6.	Opis badań.....	103
4.3.7.	Pomiary wstępne	105
4.3.7.1.	Wyniki z pomiarów wstępnych.....	106
4.3.7.2.	Wnioski z pomiarów wstępnych.....	108
4.3.8.	Pomiary zasadnicze	108
4.3.8.1.	Oddziaływanie turbin.....	108
4.3.8.2.	Klatka schodowa bloku nr 3	118
4.3.9.	Wnioski z badań dynamicznych elektrowni wodnej.....	149
4.3.9.1.	Wnioski ogólne	149
4.3.9.2.	Zalecenia.....	149
4.4.	System monitorowania drgań.....	151
4.4.1.	Zespół badawczy	151
4.4.2.	Cel badań.....	151
4.4.3.	Przepływowe badania drgań dna rury ssącej Hz-6.....	151
4.4.4.	System monitorujący – test sprawności	152
4.4.5.	Zakres i opis badań zasadniczych	153
4.4.5.1.	Warunki termiczne w czasie pomiarów	153
4.4.5.2.	Amplituda drgań w zależności od temperatury powietrza i betonu	154
4.4.6.	Omówienie wyników i wnioski.....	155
4.4.7.	Wnioski końcowe i zalecenia	155
4.5.	Przepławka	156
4.5.1.	Zespół badawczy	156
4.5.2.	Cel badań.....	156
4.5.3.	Badania i analizy dynamiczne.....	156
4.5.4.	Metoda badawcza	156
4.5.5.	Opis pomiarów	157
4.5.6.	Analiza modalna – OMA.....	159
4.5.6.1.	Analizy OMA w przypadku okna A – ustawienie nr 1	159
4.5.6.2.	Pogłębiona analiza OMA	161
4.5.6.3.	Pomiary i analiza przy pracującym Hz-6.....	164
4.5.6.4.	Analizy OMA w przypadku okna A – ustawienie nr 2	164
4.5.6.5.	Wirtualne analizy OMA okna A – ustawienie (1+2).....	166
4.5.6.6.	Analizy OMA w przypadku okna B – ustawienie nr 3	166
4.5.6.7.	Wnioski z OMA	168
4.5.7.	Obciążenie kinematyczne dla modelu MES z analiz ODS	168
4.5.7.1.	Współczynniki korekcyjne	173
4.5.7.2.	Analiza ODS przy kinematycznym wymuszeniu rezonansowym	176
4.5.7.3.	Współczynniki korekcyjne – wymuszenie rezonansowe	178
4.5.8.	Tłumienie modalne.....	179
5.	Badania dynamiczne obiektów zabytkowych (Z. Wójcicki, J. Grosel)	180
5.1.	Gmach główny Uniwersytetu Wrocławskiego	180
5.1.1.	Zespół badawczy	180
5.1.2.	Obiekt badań.....	180
5.1.3.	Cel badań.....	181
5.1.4.	Metoda badań	182

5.1.5.	Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych.....	182
5.1.6.	Program badań dynamicznych	184
5.1.6.1.	Wyniki pomiarów	186
5.1.6.2.	Zbiórce zestawienie wyników analizy tercjowej	189
5.1.6.3.	Zbiórce zestawienie wyników analizy tercjowej	190
5.1.7.	Wnioski i zalecenia	191
5.1.8.	Analiza OMA	192
5.1.9.	Wniosek generalny	193
5.2.	Kościół w Krakowie.....	194
5.2.1.	Zespół badawczy	194
5.2.2.	Obiekt badań.....	194
5.2.3.	Cel badań.....	194
5.2.4.	Zakres i opis zrealizowanych badań	194
5.2.5.	Opis badań.....	195
5.2.6.	Wyniki pomiarów	199
5.2.7.	Wnioski z badań	200
5.2.8.	Zależność poziomu drgań od prędkości przejazdu tramwaju	202
5.2.8.1.	Tabor tramwajowy	202
5.2.8.2.	Prędkości poruszających się tramwajów	202
5.2.8.3.	Wpływ prędkości tramwajów na drgania kościoła i gruntu.....	203
5.2.9.	Pomiary hałasu	204
5.2.9.1.	Hałas środowiskowy	204
5.2.9.2.	Zależność poziomu hałasu od prędkości tramwajów.....	205
5.2.10.	Wnioski końcowe	206
5.2.11.	Zalecenia	206
6.	Badania wpływu drgań na budowlę i ludzi (Z. Wójcicki, J. Grosel)	207
6.1.	Budynek mieszkalny	207
6.1.1.	Zespół badawczy	207
6.1.2.	Merytoryczna podstawa opracowania	207
6.1.3.	Opis przedmiotu badań.....	207
6.1.4.	Cel badań.....	208
6.1.5.	Program badań.....	208
6.1.6.	Rozmieszczenie punktów pomiarowych	208
6.1.7.	Opis badań	208
6.1.8.	Przegląd stanu technicznego budynku	209
6.1.9.	Ocena szkodliwości drgań dla budynku	210
6.1.10.	Ocena wpływu drgań na ludzi w budynku	213
6.1.11.	Wnioski końcowe	215
6.2.	Budynek administracyjny	216
6.2.1.	Zespół badawczy	216
6.2.2.	Opis budynku	216
6.2.3.	Cel badań.....	216
6.2.4.	Opis konstrukcji i rozmieszczenia akcelerometrów	217
6.2.5.	Opis badań	217
6.2.6.	Wyniki badań i wnioski.....	217
6.2.7.	Pomiary hałasu w pomieszczeniach budynku	218

6.2.8. Wnioski końcowe i zalecenia	218
6.3. Strop w hali przemysłowej	219
6.3.1. Zespół badawczy	219
6.3.2. Przedmiot badań	219
6.3.3. Cel badań	219
6.3.4. Opis badań	219
6.3.5. Wyniki badań	219
6.3.6. Wniosek z badań	220
7. Badania dynamiczne dużych budowli Wrocławia (Z. Wójcicki, J. Grosel)	221
7.1. Hala Stulecia (Z. Wójcicki)	221
7.1.1. Zespół badawczy	221
7.1.2. Obiekt badań	221
7.1.3. Cel badań	222
7.1.4. Zastosowane przetworniki pomiarowe	223
7.1.5. Drgania wymuszone	223
7.1.5.1. Badania wstępne – październik 2012 roku	223
7.1.5.2. Pomiary podczas imprezy masowej w listopadzie 2012 roku	226
7.1.5.3. Pomiary w grudniu 2012 roku	229
7.1.6. Klasyczna analiza modalna (W. Sawicki, Z. Wójcicki)	231
7.1.6.1. Wyniki analizy EMA podestu ze zluźowanym stemplem	232
7.1.6.2. Analiza modalna podestu z dociągniętym stemplem	234
7.1.7. Numeryczna analiza modalna (J. Grosel, Z. Wójcicki)	237
7.1.8. Operacyjna analiza modalna (J. Grosel, Z. Wójcicki)	245
7.1.9. Wnioski z analiz dynamicznych	247
7.1.10. Uwagi końcowe	247
7.2. Most Rędziniński (Z. Wójcicki)	248
7.2.1. Zespół badawczy	248
7.2.2. Obiekt badań	248
7.2.3. Opis badań	248
7.2.3.1. Metody deterministyczne OMA	250
7.2.3.2. Metody stochastyczne OMA (J. Grosel, Z. Wójcicki)	256
7.2.4. Wnioski z pracy	258
7.2.4.1. Wnioski krytyczne	258
7.2.4.2. Wnioski pozytywne	258
7.2.5. Uwagi końcowe	258
7.3. Sky Tower we Wrocławiu (J. Grosel, Z. Wójcicki)	259
7.3.1. Zespół badawczy	259
7.3.2. Przedmiot badań	259
7.3.3. Sposób i przebieg pomiarów	260
7.3.4. Wyniki badań	261
7.3.5. Uwagi końcowe	265
8. Dynamiczne badania modelowe (Z. Wójcicki)	266
8.1. Model kładki podwieszanej	266
8.1.1. Zespół badawczy	266
8.1.2. Przedmiot badań	266

8.1.3. Cel badań.....	267
8.1.4. Stanowisko badawcze.....	267
8.1.4.1. Model laboratoryjny kładki podwieszanej.....	267
8.1.4.2. Wykorzystane narzędzia badawcze.....	268
8.1.5. Analiza modalna – OMA.....	268
8.1.6. Wpływ zmiany naciągów na cechy modalne modelu – OMA.....	271
8.1.7. Rezonansowe wzbudzenie drgań.....	272
8.1.8. Przykład aktywnej redukcji drgań ciągła podwieszającego	272
8.1.9. Wnioski końcowe z weryfikacji doświadczalnej tezy pracy	273
8.1.10. Uzupełnienie	273
8.2. Model budynku wysokiego z PTMD	275
8.2.1. Zespół badawczy	275
8.2.2. Przedmiot badań	275
8.2.3. Cel badań.....	275
8.2.4. Stanowisko badawcze – symulator trzęsień ziemi	276
8.2.5. Model fizyczny budynku wysokiego.....	277
8.2.6. Zakres badań.....	278
8.2.7. Teoretyczna analiza modalna (zagadnienie własne).....	279
8.2.8. Klasyczna eksperymentalna analiza modalna	280
8.2.9. Wynik analiz modalnych – teoretycznej i klasycznej	281
8.2.10. Wzbudzenie w kierunku poziomym.....	282
8.2.11. Wzbudzenie w dwóch kierunkach jednocześnie	282
8.2.12. Eliminator drgań jako wzbudnik drgań	283
8.2.12.1. Wzbudzenie harmoniczne.....	283
8.2.12.2. Sejsmogram Sierra Madre California	284
8.2.13. Cechy dynamiczne modelu – OMA	285
8.2.14. Wnioski z pracy	286
8.2.15. Wnioski z badań modelowych	286
Literatura.....	288
Normy aparaturowe	288
Normy zawodowe	288
Pozostałe pozycje literatury	289
Podsumowanie.....	293