

Przedmowa	11
1. WSTĘP	13
2. PODSTAWOWE PROBLEMY WIBROAKUSTYKI.....	19
2.1. Wprowadzenie	21
2.2. Drgania układów dyskretnych o jednym stopniu swobody.....	22
2.3. Wybrane zagadnienia z akustyki.....	30
2.3.1. Pojęcia podstawowe.....	30
2.3.2. Fala akustyczna, równanie fali w ośrodkach płynnych.....	31
2.3.3. Problemy energetyczne fal akustycznych.....	40
2.3.4. Ruch falowy w ośrodku stałym	44
2.3.5. Odbicie, pochłanianie i załamanie fali dźwiękowej.....	49
2.3.6. Ugięcie fali dźwiękowej	51
2.3.7. Interferencja fal.....	52
2.3.8. Zagadnienia pochłaniania, refrakcji, rozprzszania i dyfrakcji.....	53
2.4. Pole akustyczne.....	56
2.5. Modele teoretyczne źródeł promieniowania dźwięku	58
2.5.1. Właściwości i rodzaje źródeł	58
2.5.2. Źródła punktowe.....	61
2.5.3. Źródła liniowe	67
2.5.4. Wybrane źródła powierzchniowe.....	68
3. ŹRÓDŁA ZAGROŻEŃ WIBROAKUSTYCZNYCH	73
3.1. Podział i klasyfikacja źródeł	75
3.2. Źródła drgań mechanicznych	80
3.2.1. Zagadnienia podstawowe.....	80
3.2.2. Źródła drgań brył pozostających w ruchu obrotowym	87
3.2.3. Drgania samowzbudne.....	93
3.2.4. Drgania parametryczne	95
3.2.5. Źródła elektryczne	95
3.3. Aerodynamiczne i hydrodynamiczne źródła dźwięków.....	96
3.3.1. Zagadnienia podstawowe generacji dźwięków	96
3.3.2. Rzeczywiste źródła dźwięku	99
3.3.3. Hydrodynamiczne źródła dźwięku	104
3.3.4. Źródła termoakustyczne.....	106
3.4. Uderzenia jako źródła energii wibroakustycznej.....	106
3.4.1. Zjawisko uderzenia. Układy wibrouderzeniowe.....	106
3.4.2. Energia wibroakustyczna. Uderzenia.....	107
4. PROCESY WIBROAKUSTYCZNE W WYBRANYCH MASZYNACH I URZĄDZENIACH	111
4.1. Wprowadzenie	113
4.2. Hałas przekładni zębatych.....	113
4.3. Hałas łożysk.....	118

4.4. Hałas wybranych maszyn przepływowych	120
4.4.1. Zagadnienia ogólne	120
4.4.2. Pompy	122
4.4.3. Hałas sprężarek	127
4.5. Hałas wentylatorów i dmuchaw	133
4.6. Problemy wibroakustyczne w maszynach elektrycznych.....	140
4.7. Energia wibroakustyczna w transformatorach	145
4.7.1. Transformatory i ich podział.....	145
4.7.2. Klasyfikacja źródeł energii wibroakustycznej w transformatorach ..	147
4.8. Procesy wibroakustyczne w silnikach spalinowych	151
4.8.1. Generacja procesów wibroakustycznych	151
4.8.2. Wzory empiryczne służące do obliczania poziomu ciśnienia akustycznego. Hałas ssania, hałas wydechu	155
4.8.3. Problemy wibroakustyczne w zespole cylindrowo-tłokowym, pompach i zaworach	157
4.9. Procesy technologiczne jako źródła zagrożeń wibroakustycznych	160
 5. WPLYW DRGAŃ MECHANICZNYCH NA CZŁOWIEKA I MASZYNY ..	163
5.1. Wprowadzenie	165
5.2. Modele ciała człowieka	167
5.3. Wpływ drgań na organizm człowieka	173
5.4. Kryteria oceny działania drgań na organizm człowieka	183
 6. HAŁAS A CZŁOWIEK.....	199
6.1. Wprowadzenie	201
6.2. Wpływ hałasu na organizm człowieka	210
6.2.1. Zagadnienia podstawowe	210
6.2.2. Wpływ hałasu na narząd słuchu.....	212
6.2.3. Pozasłuchowe skutki działania hałasu	214
6.3. Ocena szkodliwości hałasu	216
6.3.1. Zagadnienia ogólne	216
6.3.2. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku	219
6.4. Hałas niskoczęstotliwościowy.....	222
6.4.1. Podstawowe określenia. Źródła hałasu niskoczęstotliwościowego	222
6.4.2. Wpływ hałasu niskoczęstotliwościowego na organizm człowieka.....	224
6.4.3. Ocena narażenia. Wartości dopuszczalne	226
6.5. Hałas ultradźwiękowy	228
6.5.1. Podstawowe określenia. Źródła hałasu ultradźwiękowego	228
6.5.2. Wpływ hałasów ultradźwiękowych na organizm człowieka.....	230
6.5.3. Ocena narażenia. Wartości dopuszczalne	231
 7. BADANIA WIELKOŚCI WIBROAKUSTYCZNYCH	235
7.1. Zagadnienia wstępne	237
7.2. Analiza wyników pomiarów.....	244
7.2.1. Wprowadzenie.....	244
7.2.2. Metody analizy	248
7.3. Laboratoria wibroakustyczne	250

7.4. Pomiary wielkości wibroakustycznych w zakładach pracy	258
7.4.1. Wprowadzenie	258
7.4.2. Pomiary poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy ...	260
7.4.3. Pomiary zewnętrznego hałasu przemysłowego	262
7.4.4. Pomiary wibracji	264
7.5. Badania akustyczne pomieszczeń przemysłowych	266
7.5.1. Wprowadzenie	266
7.5.2. Czas pogłosu	269
7.5.3. Badania właściwości pola akustycznego w pomieszczeniach	272
7.6. Ocena akustyczna maszyn i urządzeń	276
7.6.1. Wprowadzenie	276
7.6.2. Poziom mocy akustycznej	277
7.6.3. Wyznaczanie poziomu mocy akustycznej źródeł na podstawie pomiarów natężenia dźwięku	284
7.6.4. Wyznaczanie poziomu ciśnienia akustycznego emisji	285
7.7. Identyfikacja źródeł energii wibroakustycznej	288
7.7.1. Podstawowe zadania identyfikacji źródeł	288
7.7.2. Metody bezpośrednie	290
7.7.3. Metody korelacyjne	292
7.7.4. Metody koherencyjne	293
7.7.5. Cepstrum	296
7.8. Identyfikacja dróg przenoszenia energii wibroakustycznej. Transformacja energii	298
7.8.1. Zadania identyfikacji, metody	298
7.8.2. Metody korelacyjne	299
7.8.3. Metoda symulacji cyfrowej	300
7.8.4. Przenoszenie energii akustycznej związane z natężeniem dźwięku	303
7.8.5. Przepływ energii wibroakustycznej w układzie człowiek – narzędzie – podłoże	305
7.8.6. Przenoszenie energii wibroakustycznej w elementach budynków	306
7.8.7. Problemy transformacji energii wibroakustycznej	309
 8. OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO ZE WZGLĘDU NA ZAGROŻENIA WIBROAKUSTYCZNE	 311
8.1. Wprowadzenie	313
8.1.1. Przebieg oceny ryzyka zawodowego	313
8.1.2. Informacje potrzebne do oceny ryzyka zawodowego	314
8.1.3. Identyfikacja zagrożeń występujących na stanowisku pracy	315
8.1.4. Oszacowanie ryzyka zawodowego	316
8.1.5. Wyznaczenie dopuszczalności ryzyka zawodowego	318
8.2. Ocena ryzyka ze względu na zagrożenia drganiami mechanicznymi (wibracjami)	319
8.3. Ocena ryzyka ze względu na zagrożenia hałasem	322
8.4. Ocena ryzyka ze względu na uciążliwość hałasu infradźwiękowego	323
8.5. Ocena ryzyka ze względu na zagrożenia hałasem ultradźwiękowym	324

9. SPOSOBY OGRANICZANIA ZAGROŻEŃ WIBROAKUSTYCZNYCH W ŚRODOWISKU PRACY	327
9.1. Wprowadzenie	329
9.2. Metody obniżania poziomu drgań	331
9.2.1. Podział metod	331
9.2.2. Ograniczenie wibroaktywności źródeł	334
9.2.3. Wyrównowywanie elementów maszyn	336
9.2.4. Zmiany struktury	341
9.2.5. Modyfikacja parametryczna	346
9.3. Tłumienie drgań	348
9.3.1. Rodzaje tłumienia	348
9.3.2. Tłumienie wiskotyczne, tłumienie coulombowskie	350
9.3.3. Tłumienie materiałowe	352
9.3.4. Tłumienie konstrukcyjne, tłumienie turbulentne	356
9.3.5. Pokrycia tłumiące, konstrukcje wielowarstwowe	357
9.4. Wibroizolacja	360
9.4.1. Rodzaje wibroizolacji	360
9.4.2. Zasady wibroizolacji maszyn	362
9.4.3. Sprężyny stalowe	368
9.4.4. Sprężyny pneumatyczne	372
9.4.5. Elementy gumowe, korek, płyty izolacyjne	375
9.4.6. Dobór wibroizolacji	378
9.5. Sposoby ograniczania zagrożeń hałasem	380
9.5.1. Metody zwalczania hałasu	380
9.5.2. Metody prawno-organizacyjno-administracyjne	385
9.5.3. Ograniczenie emisji źródeł dźwięków	391
9.5.4. Zmniejszenie przenoszenia i imisji dźwięków	396
9.6. Adaptacja akustyczna pomieszczeń przemysłowych	401
10. TŁUMIKI, OBUDOWY, KABINY, EKRANY	413
10.1. Tłumiki	415
10.1.1. Podział tłumików	415
10.1.2. Tłumiki refleksyjne	416
10.1.3. Tłumiki absorpcyjne	423
10.2. Obudowy dźwiękochłonna-izolacyjne	429
10.2.1. Wprowadzenie. Podział obudów	429
10.2.2. Podstawy działania obudów	432
10.2.3. Elementy projektowania obudów	435
10.3. Kabiny dźwiękoszczelne	440
10.3.1. Wprowadzenie	440
10.3.2. Zasady projektowania kabin dźwiękoszczelnych	441
10.3.3. Inne wymagania dotyczące kabin	443
10.4. Ekrany akustyczne	445
10.4.1. Zagadnienia podstawowe	445
10.4.2. Ekrany w pomieszczeniach przemysłowych i biurowych	448

11. ŚRODKI OCHRONY INDYWIDUALNEJ	453
11.1. Podział środków ochrony indywidualnej	455
11.2. Środki ochrony słuchu	457
11.2.1. Klasyfikacja środków ochrony słuchu.....	457
11.2.2. Dobór środków ochrony słuchu	459
11.2.3. Zasady użytkowania środków ochrony słuchu	461
11.2.4. Aktywne środki ochrony słuchu	463
11.3. Środki ochrony przed drganiami.....	467
11.3.1. Zagadnienia ogólne	467
11.3.2. Rękawice antywibracyjne	467
11.3.3. Procedura doboru rękawic antywibracyjnych do stanowisk pracy (narzędzi).....	469
11.3.4. Inne ochrony przed drganiami.....	472
11.4. Podsumowanie.....	472
12. METODY AKTYWNE ZWALCZANIA ZAGROŻEŃ WIBROAKUSTYCZNYCH	475
12.1. Wprowadzenie	477
12.2. Aktywne metody ograniczania drgań.....	484
12.2.1. Wprowadzenie. Klasyfikacja metod aktywnych.....	484
12.2.2. Ogólne zagadnienia projektowania układów aktywnych redukcji drgań	487
12.3. Aktywne metody redukcji hałasu.....	491
12.3.1. Podstawy aktywnej redukcji hałasów	491
12.3.2. Klasyfikacja układów aktywnych	499
12.3.3. Zastosowanie praktyczne	502
12.4. Materiały inteligentne	508
12.4.1. Podstawowe określenia, rodzaje materiałów	508
12.4.2. Wybrane materiały inteligentne.....	509
12.4.3. Wybrane zastosowania praktyczne.....	512
13. MATERIAŁY I USTROJE STOSOWANE W ZWALCZANIU ZAGROŻEŃ WIBROAKUSTYCZNYCH	515
13.1. Klasyfikacja	517
13.2. Materiały i układy do celów wibroizolacji.....	518
13.2.1. Dobór wibroizolatorów	518
13.2.2. Wibroizolatory gumowo-metalowe	521
13.3. Materiały dźwiękochłonno-izolacyjne.....	531
13.3.1. Właściwości akustyczne materiałów.....	531
13.3.2. Współczynnik pochłaniania dźwięku.....	534
13.3.3. Wartości współczynnika pochłaniania dźwięku	536
13.3.4. Izolacyjność akustyczna właściwa.....	540
13.4. Ustroje dźwiękochłonne.....	541
13.4.1. Definicje, właściwości	541
13.4.2. Ustroje płytowe.....	543
13.4.3. Ustroje membranowe	543
13.4.4. Ustroje perforowane.....	544

13.4.5. Pochłaniacze przestrzenne	545
13.4.6. Ustroje szczelinowe	548
14. PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ ROZWIĄZAŃ OGRANICZAJĄCYCH ZAGROŻENIA WIBROAKUSTYCZNE.....	555
14.1. Zagadnienia ogólne.....	557
14.2. Hale fabryczne, inne pomieszczenia.....	557
14.3. Tłumiki.....	560
14.4. Obudowy	566
14.5. Kabiny	569
14.6. Zabezpieczenia procesów technologicznych, maszyn i urządzeń	571
14.7. Zabezpieczenia przewodów i instalacji	572
14.8. Pochłaniacze przestrzenne, boazerie	574
14.9. Przenośne ekrany dźwiękochłonno-izolacyjne	576
BIBLIOGRAFIA	579
NAJWAŻNIEJSZE AKTY PRAWNE DOTYCZĄCE OCHRONY PRZED ZAGROŻENIAMI WIBROAKUSTYCZNYMI.....	589
Ustawy i rozporządzenia krajowe.....	591
Dyrektywy i inne akty prawne Wspólnoty Europejskiej.....	591
Normy z zakresu akustyki	592
Normy z zakresu drgań.....	608