

Spis treści

TOM 2

9. Zastosowanie metody elementów skończonych w dynamice konstrukcji prętowych 297

9.1. Ogólny opis metody elementów skończonych 297

9.2. Analiza dynamiczna prętowych elementów skończonych 299

9.2.1. Zastosowanie równania pracy wirtualnej do analizy dynamicznej elementu prętowego 299

9.2.2. Zastosowanie metody energetycznej do analizy dynamicznej elementu prętowego 306

9.2.3. Interpretacja fizyczna elementów macierzy mas i sztywności 307

9.2.4. Macierz mas granulowanych i uśredniona macierz mas 310

9.2.5. Transformacje parametrów węzłowych elementu skończonego 311

9.2.6. Macierze mas i sztywności wybranych elementów skończonych 313

9.3. Równania ruchu konstrukcji 329

Literatura 343

10. Drgania układów prętowych z ciągłym rozkładem masy 344

10.1. Wprowadzenie 344

10.2. Równania ruchu pręta pryzmatycznego 344

10.2.1. Równania nietłumionych drgań poprzecznych i podłużnych 344

10.2.2. Równanie drgań poprzecznych uwzględniające wpływ tłumienia 346

10.2.3. Równanie drgań poprzecznych pręta uwzględniające wpływ bezwładności obrotowej i odkształceń postaciowych 347

10.2.4. Równanie drgań poprzecznych uwzględniające wpływ dużych sił osiowych 349

10.2.5. Równanie drgań poprzecznych belki ścinanej 349

10.2.6. Równanie drgań skrętnych pręta pryzmatycznego 351

10.2.7. Wariacyjne sformułowanie problemu drgań poprzecznych pręta 354

10.3. Drgania swobodne pręta pryzmatycznego 354

10.3.1. Drgania podłużne pręta 356

10.3.2. Drgania poprzeczne pręta 362

10.3.3. Wpływ odkształceń postaciowych i bezwładności obrotowej na częstości i postaci drgań swobodnych pręta 366

10.3.4. Wpływ siły normalnej na częstości i postaci drgań swobodnych

10.3.5. Częstości i postaci drgań skrętnych 368

10.3.6. Warunki ortogonalności postaci drgań 369

10.4. Drgania wymuszone prętów prostych 372

10.5. Analiza konstrukcji prętowych traktowanych jako układy ciągłe 376

10.5.1. Wprowadzenie 376

10.5.2. Macierze sztywności dynamicznej pręta 377

10.5.3. Nietłumione drganiam swobodne konstrukcji prętowych 387

Literatura 393

11. Modele dynamiczne fundamentów blokowych 395

11.1. Wprowadzenie 395

11.2. Równania ruchu fundamentu blokowego opartego na wibroizolatorach 396

11.3. Równania ruchu fundamentu blokowego opartego na gruncie 410

11.3.1. Charakterystyki podłoża gruntowego 410

11.3.2. Wypadkowe sił odporu podłoża wieloparametrowego 411

11.3.3. Równania ruchu bryły spoczywającej na podłożu Winklera 415

11.3.4. Uprozczone wersje równań ruchu fundamentu blokowego 416

Literatura 419

12. Pasywna redukcja drgań 420

12.1. Uwagi ogólne o metodach redukcji drgań 420

12.2. Redukcja drgań za pomocą tłumików wiskotycznych	421
12.2.1. Opis wybranych tłumików wiskotycznych	421
12.2.2. Równania ruchu konstrukcji z tłumikami wiskotycznymi	425
12.2.3. Rozwiązywanie równań ruchu	433
12.3. Tłumiki lepkosprężyste	437
12.3.1. Wprowadzenie	437
12.3.2. Opis właściwości i modele materiałów lepkosprężystych	439
12.3.3. Analiza dynamiczna ram z zainstalowanymi tłumikami lepkosprężystymi	447
12.3.4. Uwagi o projektowaniu tłumików drgań	450
12.4. Dynamiczne tłumiki drgań	453
12.4.1. Wprowadzenie	453
12.4.2. Analiza dynamicznego tłumika drgań	453
12.4.3. Projektowanie dynamicznego tłumika drgań	459
Literatura	465
13. Aktywna redukcja drgań	467
13.1. Uwagi ogólne	467
13.2. Równanie ruchu i jego rozwiązanie	470
13.3. Metody aktywnej redukcji drgań	472
13.3.1. Uwagi o jakościowych efektach aktywnej redukcji drgań	472
13.3.2. Metoda liniowych regulatorów kwadratowych (LQR)	473
13.3.3. Metoda oparta na twierdzeniu Lapunowa o stabilności ruchu	478
13.3.4. Metoda liniowych regulatorów kwadratowych – sformułowanie dyskretno-czasowe	479
13.3.5. Metoda natychmiastowej regulacji optymalnej – sformułowanie dyskretno-czasowe	483
13.3.6. Regulacja optymalna na podstawie bezpośrednio mierzonych składowych wektora stanu	486

13.3.7. Uwagi o innych metodach aktywnej regulacji	488
13.4. Metody rozwiązywania równania Riccatiego i równania Lapunowa	488
13.4.1. Rozwiązanie równania Riccatiego metodą Pottera	488
13.4.2. Rozwiązanie równania Riccatiego metodą Kleinmana	490
13.4.3. Analityczne rozwiązanie równania Riccatiego	492
13.4.4. Rozwiązanie równania Riccatiego dla sformułowania dyskretno- czasowego	494
13.4.5. Rozwiązanie równania Lapunowa	494
13.5. Ocena efektywności układu redukcji drgań	496
13.5.1. Bilans energii	496
13.5.2. Oszacowanie efektywności układów regulacji na podstawie bezwymiarowych współczynników tłumienia	498
13.6. Właściwości układu aktywnej redukcji drgań	499
13.6.1. Stabilność ruchu konstrukcji z układem aktywnej redukcji drgań	499
13.6.2. Sterowalność i obserwowalność układu aktywnej regulacji drgań	501
13.7. Wyniki przykładowych obliczeń	505
13.8. Zalety i wady układów aktywnej redukcji drgań	508
Literatura	509
14. Półaktywna redukcja drgań	512
14.1. Uwagi ogólne o metodach półaktywnej redukcji drgań	512
14.2. Opis działania półaktywnych tłumików drgań	513
14.2.1. Półaktywny tłumik hydrauliczny	513
14.2.2. Półaktywny tłumik zmieniający sztywność konstrukcji	516
14.2.3. Tłumik resetowany	518
14.2.4. Półaktywne tłumiki magnetoreologiczne	519

14.3. Porównanie efektywności tłumików pasywnego i półaktywnego 524

14.4. Metody półaktywnej redukcji drgań 531

14.4.1. Projektowanie układu półaktywnej redukcji drgań ze wzбудnikiem hydraulicznym 533

14.4.2. Projektowanie układu półaktywnej redukcji drgań ze wzбудnikiem o zmiennej sztywności i ze wzбудnikiem wiskotycznym

– metoda Lapunowa 535

14.4.3. Projektowanie tłumika resetowanego 533

14.5. Wyniki przykładowych obliczeń 535

Literatura 538

Modele dynamiczne fundamentów blokowych 540

15.1. Wprowadzenie 540

15.2. Równanie ruchu układu o jednym stopniu swobody i spektra odpowiedzi 541

15.3. Metoda spektrum odpowiedzi – układ o wielu stopniach swobody 550

Literatura 564

Indeks 565