

(...) co warte byłyby wyniki obliczeń statycznych złożonych modeli konstrukcji budowlanych, przeprowadzone za pomocą nawet najlepszego programu komputerowego, gdybyśmy nie potrafili w sposób analityczny rozwiązać najprostszych schematów statycznych. Analogiczna sytuacja występuje w odniesieniu do obliczeń dynamicznych. Odpowiedzialne prowadzenie obliczeń za pomocą programów komputerowych i prawidłowa interpretacja ich wyników wymaga znajomości podstawowych fizycznych aspektów analizowanego zjawiska. Rozpoznanie zachowania się modeli konstrukcji prostych, o których traktuje ta książka, pozwoli na uogólnienie wiedzy o konstrukcjach złożonych.

Zagadnienia związane z obliczeniami dynamicznymi nie zawsze są intuicyjne. Wynika to z faktu, że często nie zachodzi liniowa zależność między obciążeniem a przemieszczeniem. Nawet niewielka zmiana parametrów obciążenia może powodować nieproporcjonalnie duże zmiany sił wewnętrznych. Dlatego też tak ważne jest świadome posługiwanie się modelami konstrukcji. Książka w przystępny sposób prezentuje podstawowe informacje dotyczące obliczeń dynamicznych oraz zjawisk obserwowanych w konstrukcjach obciążanych dynamicznie, które przyszły lub już praktykujący inżynier może swobodnie wykorzystać w praktyce.

Wszystkie rozważania prowadzone są od podstawowych założeń do końcowego opisu, a poszczególne partie materiału autor podsumowuje konkretnymi przykładami obliczeniowymi.

Publikacja przyda się zarówno studentom zdobywającym wiedzę na kierunkach związanych z budownictwem, jak i inżynierom, którzy w swojej praktyce stanęli przed koniecznością rozwiązania problemów dotyczących obciążeń dynamicznych i zachowania się konstrukcji pod ich wpływem.

Do Czytelnika

Podstawowe oznaczenia

1. Wprowadzenie
   - 1.1. Oscylator
   - 1.2. Siła sprężysta
   - 1.3. Siła tłumiąca
   - 1.4. Wymuszenie
   - 1.5. Równanie drgań

2. Układy o jednym stopniu swobody
   - 2.1. Dyskretyzacja masy układu
   - 2.2. Drgania swobodne nietłumione
   - 2.3. Drgania swobodne tłumione
     - 2.3.1. Tłumienie podkrytyczne
     - 2.3.2. Tłumienie nadkrytyczne
     - 2.3.3. Tłumienie krytyczne
   - 2.4. Tłumienie zewnętrzne i wewnętrzne
   - 2.5. Drgania wymuszone siłą harmoniczną
   - 2.6. Zjawisko rezonansu

3. Układy o dwóch stopniach swobody
   - 3.1. Drgania swobodne nietłumione
   - 3.2. Drgania swobodne tłumione
   - 3.3. Drgania wymuszone siłą harmoniczną
   - 3.4. Postacie, częstości oraz drgania własne

4. Układy o trzech i większej liczbie stopni swobody
   - 4.1. Drgania swobodne nietłumione
   - 4.2. Drgania swobodne tłumione

Dodatki . . . 219

Dodatek A. Wybrane zagadnienia mechaniki technicznej . . . 220
- A.1. Mechanika punktu materialnego . . . 220
- A.2. Płaski element prętowy . . . 223

Dodatek B. Wybrane wzory i pojęcia matematyczne . . . 227
- B.1. Zależności trygonometryczne . . . 227
- B.2. Liczby zespolone . . . 227
- B.3. Równania różniczkowe zwyczajne liniowe o stałych współczynnikach . . . 230
- B.4. Szereg Fouriera . . . 233

Literatura . . . 238

4.3. Drgania wymuszone siłą harmoniczną . . . 72
4.4. Modelowanie płaskich układów prętowych metodą elementów skończonych . 76
4.4.1. Macierze elementu prętowego . . . 76
4.4.2. Macierze globalne konstrukcji . . . 89
4.4.3. Analiza modalna i drgania swobodne . . . 97
4.4.4. Drgania wymuszone . . . 102

5. Układy o ciągłym rozkładzie mas . . . 108

5.1. Równanie drgań belki . . . 108
5.2. Drgania belek jednoprzęsłowych . . . 111

6. Podstawowe obciążenia dynamiczne . . . 118

6.1. Obciążenia o dowolnej zmianie w czasie . . . 120
6.2. Obciążenia impulsowe . . . 123
6.2.1. Impuls prostokątny . . . 125
6.2.2. Impuls trójkątny . . . 131
6.2.3. Obciążenie udarowe . . . 134
6.2.4. Zderzenie bezczasowe . . . 137
6.3. Obciążenia bezwładnościowe . . . 140
6.4. Obciążenia ruchem podłoża . . . 142
6.4.1. Obciążenie harmoniczne . . . 143
6.4.2. Spektrum odpowiedzi układu o jednym stopniu swobody . . . 146
6.4.3. Spektrum odpowiedzi układu o skończonej liczbie stopni swobody . . . 150
6.5. Obciążenia okresowe . . . 156

7. Materiałowe tłumienie drgań i reologiczne właściwości modeli materiałów 161

7.1. Element wiskotyczny . . . 162
7.1.1. Podstawowe właściwości . . . 162
7.1.2. Drgania . . . 164
7.2. Model Kelvina–Voigta . . . 165
7.2.1. Podstawowe właściwości . . . 165
7.2.2. Pętla histerezy . . . 167
7.3. Model Maxwella . . . 168
7.3.1. Podstawowe właściwości . . . 168
7.3.2. Drgania . . . 172
7.4. Model trzyparametrowy . . . 175
7.4.1. Podstawowe właściwości . . . 175
7.4.2. Drgania . . . 178
7.5. Model czteroparametrowy . . . 181
7.5.1. Podstawowe właściwości . . . 181
7.5.2. Drgania . . . 183

8. Konstrukcyjne tłumienie drgań i nieliniowe drgania konstrukcji . . . 188

8.1. Tłumienie drgań siłą tarcia suchego . . . 189
8.2. Konstrukcyjne tłumienie drgań . . . 192
8.3. Drgania swobodne . . . 202
8.4. Drgania wymuszone siłą harmoniczną . . . 206
8.4.1. Drgania podharmoniczne . . . 208
8.4.2. Bifurkacja rozwiązań . . . 212

IX
XI
1
1
3
5
8
9
13
13
18
21
22
25
26
26
28
35
40
41
49
54
61
63
64
70