

Spis treści

Przedmowa	5
1. Wariacyjne sformułowania mechaniki jako podstawa metod skończenie-elementowych	7
1.1. Uwagi wstępne	7
1.2. Podstawowe zasady energetyczne	7
1.2.1. Zasada minimum całkowitej energii potencjalnej	7
1.2.2. Zasada minimum całkowitej energii komplementarnej	9
1.2.3. Zasada Hamiltona	10
1.3. Podstawowe równania liniowej teorii sprężystości w zapisie macierzowym ...	11
1.3.1. Równania statyki	11
1.3.2. Związki geometryczne	13
1.3.3. Związki fizyczne	13
1.4. Wybrane wiadomości z rachunku wariacyjnego	16
1.4.1. Pierwsza wariacja funkcji	16
1.4.2. Pierwsza wariacja funkcjonału	18
1.4.3. Ekstremum funkcji	19
1.4.4. Ogólna postać funkcjonału	22
1.4.5. Ekstremum funkcjonału z ograniczeniami	25
1.5. Podstawowe funkcjonały statyki liniowej	28
1.5.1. Funkcjonał całkowitej energii potencjalnej	29
1.5.2. Funkcjonał energii komplementarnej	30
1.5.3. Funkcjonał Hu-Washizu	32
1.5.4. Funkcjonał Hellingera-Reissnera	34
1.6. Przybliżone metody rozwiązywania problemów sformułowanych wariacyjnie	36
1.6.1. Metoda Ritza	37
1.6.2. Metoda Galerkina-Bubnowa	41
1.6.3. Metoda Trefftza	47
1.7. Podstawowe modele elementów skończonych	51
1.7.1. Model przemieszczeniowy	51
1.7.2. Model naprężeniowy	53
1.7.3. Model mieszany przemieszczeniowo-naprężeniowy	57
1.7.4. Modele hybrydowe	59
Literatura	62
2. Miary błędów obliczeń w MES	63
2.1. Rozważania wstępne	63
2.2. Miary błędów	65
2.3. Oszacowania błędów	68

2.3.1. Oszacowania a priori	68
2.3.2. Oszacowania a posteriori	69
2.4. Oszacowania a posteriori z wykorzystaniem postprocesingu	69
2.4.1. Odtwarzanie L_2	69
2.4.2. Punkty superzbieżności	71
2.4.3. Koncepcja łąty	73
Literatura	77
3. Modelowanie obszarów zróżnicowanych	79
3.1. Elementy przejściowe	80
3.1.1. Szeregowy element przejściowy tarcza-rama (płaski)	80
3.1.2. Równoległy element przejściowy płaski: rama – tarcza	88
3.1.3. Element przejściowy przestrzenny: rama – bryła	90
Literatura	96
4. Wprowadzenie do nieliniowej analizy konstrukcji	97
4.1. Rozważania wstępne	97
4.2. Metoda Newtona-Raphsona w zastosowaniu do zagadnień nieliniowych ...	101
4.3. Klasyfikacja problemów nieliniowych i sposoby ich opisu	108
4.4. Podstawowe zależności i równania mechaniki kontinuum	111
4.4.1. Układy współrzędnych i konfiguracje	111
4.4.2. Gradienty odkształceń i przemieszczeń	113
4.4.3. Tensory odkształceń	115
4.4.4. Tensory naprężeń	121
4.4.5. Elementy teorii plastyczności	127
4.5. Tarcze fizycznie nieliniowe	135
4.5.1. Przyrostowe równania równowagi	135
4.5.2. Przykłady numeryczne	138
4.6. Nieliniowość geometryczna elementarnego kontinuum	140
4.7. Nieliniowe płyty cienkie	147
Literatura	154