

Spis treści

Spis oznaczeń	7
1. Wstęp	9
1.1. Wprowadzenie	9
1.2. Zarys historyczny.....	10
1.3. Główna idea MES	10
2. Podstawy dyskretyzacji obszaru	13
2.1. Ogólne zasady dyskretyzacji.....	13
2.2. Element jednowymiarowy typu simpleks.....	16
2.3. Element dwuwymiarowy typu simpleks.....	18
2.4. Współrzędne naturalne	21
2.5. Ogólne własności funkcji kształtu.....	23
2.6. Zadania rachunkowe	24
3. Sformułowanie zadań brzegowych w mechanice ośrodków ciągłych	30
3.1. Podstawowe równania teorii sprężystości i sprężysto-plastyczności.....	30
3.2. Podstawowe równania teorii plastycznego płynięcia	34
3.3. Warunki brzegowe.....	35
3.4. Sformułowanie zadań mechaniki ośrodków ciągłych za pomocą metody wariacyjnej	36
3.4.1. Zasady ogólne rachunku wariacyjnego	36
3.4.2. Zadania sprężystości i sprężysto-plastyczności	37
3.4.3. Zadania odkształcenia ośrodków sztywno-plastycznych.....	42
3.4.4. Wariacyjne sformułowanie Markowa–Hermannna.....	45
3.4.5. Warunki brzegowe w funkcjonałach	49
3.5. Metoda Bubnowa–Galerkina	50
3.6. Pytania kontrolne	54

4. Elementy skończone wyższego rzędu	55
4.1. Przyczyny stosowania elementów wyższego rzędu.....	55
4.2. Przekształcenia w elementach wyższego rzędu.....	57
4.3. Elementy czworokątne.....	61
4.4. Elementy subparametryczne, izoparametryczne i superparametryczne.....	63
4.5. Funkcje kształtu elementów wyższego rzędu	65
4.6. Całkowanie numeryczne w MES	71
4.7. Zadania rachunkowe	78
5. Symulacja ustalonych procesów cieplnych	80
5.1. Zasady ogólne.....	80
5.2. Wyznaczanie ustalonego pola temperatury w pręcie	83
5.3. Zadania rachunkowe	89
6. Symulacja niustalonych procesów cieplnych	92
6.1. Zasady ogólne	92
6.2. Wyznaczanie niustalonego rozkładu temperatury we wsadzie o przekroju okrągłym.....	95
6.3. Sformułowanie równań MES do zadań cieplnych w postaci macierzowej	105
6.4. Przykład opracowania oprogramowania i obliczeń	107
6.5. Zadania rachunkowe	112
7. Opracowanie programu komputerowego do modelowania odkształceń sprężystych i sprężysto-plastycznych	115
7.1. Obliczenie składowych odkształceń w elemencie skończonym.....	115
7.2. Opracowanie za pomocą MES modelu odkształcenia sprężysto-plastycznego.....	117
7.2.1. Struktura danych	119
7.2.2. Obliczenie funkcjonału i metodyka minimalizacji.....	120
7.2.3. Przykład symulacji.....	123
7.2.4. Kod źródłowy programu	123
7.3. Zadania rachunkowe	130
8. Równania MES w postaci macierzowej w zastosowaniu do zadań z mechaniki	131
8.1. Zadanie brzegowe skręcania pręta o przekroju nieokrągłym	131
8.2. Równania MES w postaci macierzowej zastosowane w teorii sprężystości	134
8.2.1. Płaski stan odkształcenia	134
8.2.2. Zagadnienie przestrzenne.....	142
8.3. Równania MES w postaci macierzowej zastosowane w teorii plastycznego płynięcia	146
8.4. Warunki brzegowe w macierzy sztywności elementu	151
8.5. Zadania rachunkowe	155

9. Przykład oprogramowania MES	156
9.1. Sformułowanie problemu	156
9.2. Dane wejściowe	157
9.3. Kod źródłowy programu	157
9.3.1. Program główny TEMP2D	157
9.3.2. Moduły z definicją struktur danych i zmiennych globalnych	159
9.3.3. Procedura inicjalizacji danych dla elementu	162
9.3.4. Procedury wczytywania danych i przydzielenia pamięci dla macierzy	164
9.3.5. Procedura rozwiązywania zadania dla bieżącego kroku czasowego	165
9.3.6. Procedura wypełnienia macierzy sztywności i wektora obciążeń	167
9.3.7. Procedura z warunkami brzegowymi	168
9.4. Przykład obliczeń	169
9.5. Pytania kontrolne	170
Zakończenie	171
Literatura	172