

Spis treści

1. Wstęp	1
1.1. Uwagi ogólne o charakterze książki	1
1.2. Nieliniowa termomechanika ośrodków ciągłych jako dziedzina badań i zastosowań inżynierskich	3
2. Podstawowe pojęcia w opisie jednowymiarowym	5
2.1. Statyka pręta	5
2.2. Kratownice	8
2.3. Ośrodek ciągły dwuwymiarowy – próba uogólnienia	12
3. Podstawy algebry i analizy tensorowej	15
3.1. Wprowadzenie	15
3.1.1. Przestrzeń punktowa i układy współrzędnych	15
3.1.2. Skalary i wektory	19
3.1.3. Baza przestrzeni wektorowej	28
3.2. Tensory	30
3.2.1. Definicje	31
3.2.2. Operacje na tensorach	34
3.2.3. Tensory izotropowe	38
3.3. Tensory drugiego rzędu	39
3.3.1. Własności i definicje	39
3.3.2. Zagadnienie własne	46
3.3.3. Rozkład spektralny symetrycznego tensora drugiego rzędu	50
3.3.4. Rozkład polarny tensora	54
3.4. Funkcje i pola tensorowe	58
3.4.1. Całkowanie i różniczkowanie pól tensorowych	59
3.4.2. Twierdzenie Gaussa–Ostrogradskiego	63
3.5. Krzywoliniowe układy współrzędnych	66
3.6. Notacje stosowane przy zapisie tensorów	75

4. Opis ruchu, deformacji i odkształcenia kontinuum materialnego	83
4.1. Ruch ciał	83
4.2. Odkształcenie	88
4.2.1. Definicje	88
4.2.2. Sens fizyczny odkształcenia w przypadku jednowymiarowym . .	92
4.2.3. Sens fizyczny składowych odkształcenia	93
4.2.4. Inne własności tensora odkształcenia	97
4.3. Deformacja powierzchniowa i objętościowa	102
4.4. Przyrosty i prędkość odkształcenia	106
4.4.1. Pochodna czasowa pola tensorowego. Koncepcje opisu ruchu Lagrange’a i Eulera	106
4.4.2. Przyrosty i prędkość tensorowych miar odkształcenia	109
4.4.3. Przyrosty i prędkość odkształcenia w przypadku jednowymiarowym	113
4.5. Równania nierozdzielności	115
5. Opis naprężenia	119
5.1. Wprowadzenie	119
5.1.1. Wektor siły, wektor naprężenia i tensor naprężenia w ośrodku ciągłym	119
5.1.2. Kierunki główne tensora naprężenia. Naprężenia ekstremalne .	127
5.2. Opis naprężenia w ciele odkształcalnym	132
5.2.1. Tensory naprężenia Cauchy’ego i Pioli–Kirchhoffa	132
5.2.2. Obiektywność i niezmienniczość miar naprężenia	136
5.3. Przyrosty i prędkości tensorów naprężenia	138
5.4. Praca sił wewnętrznych. Sprzężone pary miar odkształcenia i naprężenia	141
6. Prawa zachowania w mechanice ciał odkształcalnych	147
6.1. Zasada zachowania masy	147
6.2. Zasada zachowania pędu	150
6.3. Zasada zachowania momentu pędu	154
6.4. Zasada zachowania energii mechanicznej	156

7. Równania konstytutywne	159
7.1. Uwagi wstępne	159
7.2. Materiały sprężyste	161
7.2.1. Sprężystość liniowa	161
7.2.2. Sprężystość nieliniowa	174
7.3. Materiały lepkosprężyste	180
7.3.1. Modele jednowymiarowe	180
7.3.2. Sformułowanie ciągłe	186
7.3.3. Dysypacja energii w materiałach lepkosprężystych	190
7.4. Materiały sprężysto-plastyczne	192
7.4.1. Modele jednowymiarowe	193
7.4.2. Trójwymiarowe sformułowanie teorii plastycznego płynięcia	198
8. Podstawowy układ równań mechaniki ciał odkształcalnych	209
8.1. Postać równań i warunków brzegowo-początkowych	209
8.2. Przyrostowa postać równań mechaniki	214
8.3. Przypadki szczególne	215
8.4. Przykład rozwiązania analitycznego	217
9. Podstawowe pojęcia termomechaniki i zagadnienie przewodzenia ciepła	221
9.1. Prawa termodynamiki	221
9.1.1. Pierwsza zasada termodynamiki	221
9.1.2. Druga zasada termodynamiki	225
9.2. Zagadnienie przewodzenia ciepła	227
9.3. Podstawowy układ równań termomechaniki ciał odkształcalnych. Sprężenia termomechaniczne	233
9.4. Rozszerzalność cieplna w równaniach konstytutywnych sprężystości	236
10. Sformułowania wariacyjne zagadnień termomechaniki	243
10.1. Zasady wariacyjne – wprowadzenie	243
10.2. Sformułowania wariacyjne dla zagadnień liniowej mechaniki	254
10.2.1. Zasada prac przygotowanych i energia potencjalna	254
10.2.2. Rozszerzone sformułowania wariacyjne	261
10.3. Sformułowania wariacyjne dla zagadnień nieliniowej mechaniki	265
10.3.1. Zagadnienie nieliniowej sprężystości przy dużych deformacjach	265
10.3.2. Przyrostowe zagadnienie nieliniowej mechaniki	269
10.4. Sformułowania wariacyjne dla zagadnień przewodzenia ciepła	273

11. Sformułowania dyskretne zagadnień termomechaniki	277
11.1. Sformułowania dyskretne w zagadnieniach przepływu ciepła	279
11.1.1. Liniowe zagadnienie stacjonarnego przepływu ciepła	279
11.1.2. Zagadnienie przepływu ciepła w postaci ogólnej	281
11.2. Sformułowania dyskretne w zagadnieniach mechaniki ciał odkształcalnych	284
11.2.1. Liniowe zagadnienie statyki ciała odkształcalnego	284
11.2.2. Liniowe zagadnienie dynamiki ciała odkształcalnego	286
11.2.3. Zagadnienie nieliniowej sprężystości przy dużych deformacjach	287
11.2.4. Przyrostowe zagadnienie nieliniowej mechaniki	289
11.3. Metoda ważonych reszt	292
12. Podstawy metody elementów skończonych	301
12.1. Wprowadzenie	301
12.1.1. Sformułowanie MES dla liniowego zagadnienia przepływu ciepła	305
12.1.2. Sformułowanie MES dla liniowego, statycznego zagadnienia sprężystości	309
12.2. Aproksymacja MES na poziomie elementu	313
12.2.1. Proste elementy jednowymiarowe	313
12.2.2. Elementy o stałym odkształceniu	319
12.2.3. Izoparametryczne elementy skończone	324
13. O rozwiązywaniu układów równań metody elementów skończonych	331
13.1. Wprowadzenie	331
13.2. O rozwiązywaniu układów liniowych równań algebraicznych	336
13.2.1. Metody eliminacji	337
13.2.2. Metody iteracyjne	340
13.3. Metody wielosiatkowe	345
13.4. O rozwiązywaniu układów nieliniowych równań algebraicznych	346
13.5. O rozwiązywaniu układów liniowych i nieliniowych równań różniczkowych zwyczajnych pierwszego rzędu	349
13.6. O rozwiązywaniu układów liniowych i nieliniowych równań różniczkowych zwyczajnych drugiego rzędu	354
Bibliografia	359