

Spis treści

Wprowadzenie	11
Wykaz oznaczeń	13
1. Napężenie.	15
1.1. Ośrodek ciągły.	15
1.2. Klasyfikacja sił	16
1.3. Wektor napężenia	17
1.4. Stan napężenia. Tensor naprężeń	18
1.5. Napężenia główne	23
1.6. Równania równowagi	25
1.7. Warunki brzegowe.	26
1.8. Aksjator i dewiator naprężeń	27
1.9. Ekstremalne napężenia styczne.	28
1.10. Koła MOHRA	30
1.11. Płaski stan napężenia	33
Przykłady	36
Zagadnienia do utrwalenia	40
Literatura	40
2. Odkształcenie	41
2.1. Wektor przemieszczenia.	41
2.2. Równania geometryczne. Tensor odkształceń.	42
2.3. Warunki brzegowe.	44
2.4. Interpretacja geometryczna współrzędnych tensora odkształceń	45
2.5. Warunki nierozdzielności	47
2.6. Odkształcenia główne	48
2.7. Względna zmiana objętości	50
2.8. Aksjator i dewiator odkształceń	50
2.9. Płaski stan odkształcenia	51
Przykłady	53
Zagadnienia do utrwalenia	57
Literatura	57

3. Materiał	58
3.1. Wprowadzenie	58
3.2. Równania HOOKE’A	59
3.3. Prawo zmiany objętości i prawo zmiany postaci	63
3.4. Energia odkształcenia	65
Zagadnienia do utrwalenia	67
Literatura	67
4. Zagadnienie brzegowe	68
4.1. Układ równań	68
4.2. Zasada wzajemności	69
4.3. Warunki brzegowe	72
4.4. Sformułowanie zagadnienia brzegowego	73
4.5. Warunki równoważności	77
4.6. Zasada DE SAINT-VENANTA	78
4.7. Zasada superpozycji	78
Przykłady	79
Zagadnienia do utrwalenia	81
Literatura	82
5. Rozciąganie	83
5.1. Hipoteza płaskich przekrojów	83
5.2. Sformułowanie zagadnienia	83
5.3. Strona fizyczna	84
5.4. Strona statyczna	85
5.5. Strona geometryczna	87
5.6. Obciążenie równomiernie rozłożone	89
5.7. Statyczna próba rozciągania	90
5.8. Warunki wymiarowania	92
Przykłady	93
Zagadnienia do utrwalenia	106
Literatura	106
6. Ścinanie	107
6.1. Wprowadzenie	107
6.2. Sformułowanie zagadnienia	107
6.3. Strona geometryczna	108
6.4. Strona fizyczna	109
6.5. Strona statyczna	109
6.6. Naprężenie, odkształcenie i przemieszczenie	110
6.7. Warunek wymiarowania	111
Przykłady	112
Zagadnienia do utrwalenia	116
Literatura	116

7. Skręcanie	117
7.1. Wprowadzenie	117
7.2. Sformułowanie zagadnienia	117
7.3. Strona geometryczna	119
7.4. Strona fizyczna	120
7.5. Strona statyczna	121
7.6. Przekrój prostokątny	125
7.7. Warunki wymiarowania	127
Przykłady	127
Zagadnienia do utrwalenia	134
Literatura	134
8. Zginanie	135
8.1. Wprowadzenie	135
8.2. Sformułowanie zagadnienia	135
8.3. Strona fizyczna	136
8.4. Strona statyczna	137
8.5. Strona geometryczna	139
8.6. Rozkład naprężeń	141
8.7. Przekroje niesymetryczne	142
8.8. Warunki wymiarowania	143
Przykłady	144
Zagadnienia do utrwalenia	147
Literatura	147
9. Równanie linii ugięcia	148
9.1. Wprowadzenie	148
9.2. Równanie różniczkowe linii ugięcia belki	149
9.3. Warunki brzegowe i warunki ciągłości	151
9.4. Belka na podłożu sprężystym	152
Przykłady	154
Zagadnienia do utrwalenia	164
Literatura	164
10. Całka MOHRA	165
10.1. Wprowadzenie	165
10.2. Geometryczna postać całki MOHRA	165
10.3. Wzór WERESZCZAGINA	168
10.4. Wzory całkowania graficznego	169
Przykłady	171
Zagadnienia do utrwalenia	176
Literatura	176
11. Metoda sił	177
11.1. Wprowadzenie	177

11.2. Równania metody sił	177
Przykłady	181
Zagadnienia do utrwalenia	192
Literatura	192
12. Zginanie ukośne	193
12.1. Wprowadzenie	193
12.2. Naprężenia	193
12.3. Równanie osi obojętnej.	195
Przykłady	195
Zagadnienia do utrwalenia	198
Literatura	198
13. Zginanie ze ścinaniem	199
13.1. Wprowadzenie	199
13.2. Wzór ŻURAWSKIEGO	200
13.3. Środek zginania	202
13.4. Warunki wymiarowania	204
Przykłady	206
Zagadnienia do utrwalenia	215
Literatura	215
14. Rozciąganie mimośrodowe	216
14.1. Wprowadzenie	216
14.2. Naprężenia	217
14.3. Równanie osi obojętnej.	218
14.4. Więzy jednostronne	220
14.5. Rdzeń przekroju	221
Przykłady	224
Zagadnienia do utrwalenia	239
Literatura	239
15. Wyboczenie	240
15.1. Wprowadzenie	240
15.2. Siła krytyczna EULERA	240
15.3. Zakres ważności wzoru EULERA	243
15.4. Długość wyboczeniowa	244
15.5. Wyboczenie niesprężyste.	245
Przykłady	247
Zagadnienia do utrwalenia	255
Literatura	255
16. Zginanie ze ściskaniem	256
16.1. Wprowadzenie	256

16.2. Równanie osi ugiętej	257
Przykłady	258
Zagadnienie do utrwalenia	262
Literatura	262
17. Wyężenie	263
17.1. Wprowadzenie	263
17.2. Miary wyężenia	264
17.3. Hipotezy wyężeniowe	265
17.4. Napężenie zredukowane	270
17.5. Teoria wyężeniowa MOHRA	271
Przykłady	273
Zagadnienia do utrwalenia	280
Literatura	280
18. Nośność graniczna	281
18.1. Wprowadzenie	281
18.2. Podstawowe pojęcia	281
18.3. Metoda statyczna	288
18.4. Metoda kinematyczna	288
Przykłady	290
Zagadnienia do utrwalenia	303
Literatura	303
19. Pręty zespolone	305
19.1. Wprowadzenie	305
19.2. Pręty rozciągane	305
19.3. Pręty zginane	307
19.4. Przekrój zastępczy	310
Przykłady	313
Zagadnienia do utrwalenia	322
Literatura	322
20. Zagadnienia nieliniowe	324
20.1. Wprowadzenie	324
20.2. Nieliniowość fizyczna	324
20.3. Nieliniowość geometryczna – ugięcie	327
20.4. Nieliniowość geometryczna – wyboczenie	333
Przykłady	338
Zagadnienia do utrwalenia	347
Literatura	348
21. Metody przybliżone	349
21.1. Wprowadzenie	349

21.2. Sformułowanie wariacyjne	350
21.3. Metoda RAYLEIGHA-RITZA	353
21.4. Metoda BUBNOWA-GALERKINA	355
21.5. Metoda najmniejszych kwadratów	357
21.6. Metoda różnic skończonych (MRS)	359
21.7. Metoda elementów skończonych (MES).	361
Przykłady	371
Zagadnienia do utrwalenia	396
Literatura	396
Dodatek A. Siły przekrojowe	398
A.1. Zasada zeszczywnienia	398
A.2. Rodzaje podpór i reakcje podporowe	398
A.3. Definicje sił przekrojowych	401
A.4. Znakowanie sił przekrojowych	404
A.5. Związek między obciążeniem, siłą podłużną, siłą poprzeczną i momentem zginającym.	405
A.6. Punkty i przedziały charakterystyczne	407
A.7. Wyznaczanie sił przekrojowych.	407
Przykłady	408
Zagadnienia do utrwalenia	413
Literatura	413
Dodatek B. Charakterystyki geometryczne	414
B.1. Definicje charakterystyk geometrycznych	414
B.2. Przesunięcie układu odniesienia – wzory STEINERA	417
B.3. Obrót układu odniesienia	418
B.4. Główne osie i momenty bezwładności	420
B.5. Koło MOHRA	422
Przykłady	423
Zagadnienia do utrwalenia	437
Literatura	438
Dodatek C. Notacja wskaźnikowa	439
C.1. Układ odniesienia	439
C.2. Konwencja sumacyjna.	441
C.3. Oznaczenia	442
Przykłady	444
Literatura	446