

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	7
1. SPREŻYSTOŚĆ	9
1.1. Stan naprężenia	9
1.1.1. Definicje	9
1.1.2. Płaski stan naprężenia	12
1.1.3. Warunki brzegowe	13
1.1.4. Naprężenia w przekroju ukośnym	14
1.2. Stan odkształcenia	17
1.2.1. Definicje	17
1.2.2. Warunki ciągłości odkształceń	20
1.2.3. Płaski stan odkształcenia	21
1.3. Równania konstytutywne	22
1.4. Uwzględnianie wpływu temperatury	30
2. METODY ENERGETYCZNE W ANALIZIE KONSTRUKCJI	33
2.1. Energia odkształcenia i energia komplementarna	33
2.2. Całkowita energia potencjalna układu	35
2.3. Zasada prac wirtualnych (przygotowanych)	36
2.4. Zasada zachowania całkowitej energii potencjalnej	39
2.5. Zasada zachowania całkowitej energii komplementarnej	41
2.6. Metody energetyczne w zastosowaniu do analizy ustrojów jednowymiarowych	45
2.7. Ustroje statycznie niewyznaczalne	55
2.8. Równania Maxwella–Mohra (równania kanoniczne metody sił)	58
2.9. Ramy	59
2.9.1. Definicja ramy	59
2.9.2. Ramy jednoobwodowe ściśle płaskie	59
2.10. Rozkład obciążenia na część symetryczną i antysymetryczną	84
3. ANALIZA KONSTRUKCJI W UJĘCIU MACIERZOWYM	89
3.1. Sformułowanie problemu	89
3.1.1. Wprowadzenie	89
3.1.2. Jednowymiarowe struktury przestrzenne	101
3.1.3. Analiza macierzowa elementu poddanego zginaniu i ścinaniu ...	104
3.2. Metoda Elementów Skończonych	108
3.2.1. Wprowadzenie	108
3.2.2. Macierz sztywności elementu trójkątnego	116

3.2.3.	Element czterowęzłowy.....	121
3.2.4.	Elementy trójwymiarowe	123
3.3.	Geometryczna nieliniowość w ujęciu MES	124
4.	USTROJE WARSTWOWE	147
4.1.	Wprowadzenie	147
4.2.	Właściwości sprężyste materiału anizotropowego.....	148
4.3.	Transformacja układu współrzędnych	153
4.4.	Laminat – rodzaj kompozytu	156
4.5.	Konstrukcje przekładkowe	161
4.5.1.	Rozwiązania konstrukcyjne	161
4.5.2.	Równania podstawowe	163
5.	ZGINANIE PŁYT PROSTOKĄTNYCH.....	183
5.1.	Czyste zginanie płyty	183
5.2.	Zginanie i skręcanie płyty	186
5.3.	Płyta poddana obciążeniu poprzecznemu	188
5.4.	Warunki brzegowe	192
5.5.	Rozwiązanie – metoda analityczna.....	193
5.6.	Złożony stan obciążenia.....	197
5.7.	Metoda energetyczna	199
6.	MODELE STRUKTURALNE USTROJÓW NOŚNYCH.....	207
6.1.	Umowny podział ustrojów	207
6.2.	Model pręta cienkościennego	208
6.2.1.	Założenia	208
6.2.2.	Skręcanie prętów cienkościennych.....	209
6.2.3.	Skręcanie swobodne profili otwartych	212
6.2.4.	Skręcanie swobodne wieloobwodowych prętów cienkościennych	214
6.2.5.	Cienkościenny pręt obciążony momentem gnącym i siłą normalną.....	216
6.2.6.	Przenoszenie sił tnących przez otwarte struktury prętowe	218
6.2.7.	Przenoszenie sił tnących przez jednoobwodowe struktury prętowe	221
6.2.8.	Przenoszenie sił tnących przez wieloobwodowe pręty cienkościenne	223
6.2.9.	Skręcanie nieswobodne prętów o profilu otwartym	226
6.2.10.	Pręt cienkościenny ze zbieżnością.....	233
6.3.	Statyka tarcz i brył cienkościennych.....	236
6.3.1.	Założenia	236
6.3.2.	Tarcze statycznie wyznaczalne.....	237
6.3.3.	Trójwymiarowe struktury statycznie wyznaczalne.....	241
6.3.4.	Złożone ustroje statycznie wyznaczalne.....	248
6.4.	Konstrukcje statycznie niewyznaczalne.....	249
6.5.	Ustroje wielosegmentowe	252
6.6.	Analiza ustrojów bryłowych w stanach deformacji zakrytycznej.....	254
6.7.	Konkluzje.....	259

7.	STATECZNOŚĆ	265
7.1.	Eulerowska formuła wyboczenia	265
7.2.	Wyboczenie niesprężyste prętów prostych	269
7.3.	Wpływ imperfekcji	270
7.4.	Pręt obciążony mimośrodowo	271
7.5.	Stateczność prętów pod obciążeniem osiowym i poprzecznym	273
7.6.	Wyznaczanie obciążeń krytycznych metodą energetyczną	278
7.7.	Wyboczenie giętno-skrętne – wyniki rozważań	282
7.8.	Stateczność płyt	283
7.9.	Wyboczenie lokalne prętów cienkościennych	290
7.10.	Stateczność płyt uźebrowanych	291
7.11.	Napężenie niszczące w płytach	296
7.12.	Szczególne postaci zniszczenia	298
7.13.	Praca ścinanej płyty po utracie stateczności. Pole ciągnięć	300
8.	ZDATNOŚĆ DO LOTU	311
8.1.	Wprowadzenie	311
8.2.	Obciążenia w locie	312
8.3.	Zjawiska aerosprężyste (aeroelastyczne)	323
8.4.	Kryteria bezpieczeństwa w projektowaniu	331
8.5.	Właściwości materiałów konstrukcyjnych determinujące zachowanie wymaganego bezpieczeństwa	333
9.	STATYKA MODELOWA	337
9.1.	Podobieństwo modelowe	337
9.2.	Analiza wymiarowa	342
10.	BADANIA DOŚWIADCZALNE KONSTRUKCJI LOTNICZYCH	349
10.1.	Badania statyczne	349
10.2.	Badania rezonansowe	353
10.3.	Funkcja inżynierii odwrotnej	354
10.4.	Polowe metody doświadczalnej analizy stanu odkształcenia i naprężenia elementów struktury nośnej	358
	WYKAZ LITERATURY	369