

Spis treści

Przedmowa	6
1. Podstawy ogólne teorii stateczności układów mechanicznych.	11
1.1. Wprowadzenie	11
1.2. Ruch układu i więzy ograniczające.	13
1.3. Położenie równowagi	15
1.4. Stateczne położenie równowagi	18
1.5. Kryteria statecznego położenia równowagi	19
1.5.1. Kinetyczne kryterium stateczności	20
1.5.2. Statyczne kryterium stateczności	28
1.6. Podstawy komputerowej analizy stateczności konstrukcji	32
1.6.1. Stateczność liniowa	32
1.6.2. Stateczność nieliniowa.	38
1.7. Układy nieidealne i stateczność techniczna	44
Wykaz piśmiennictwa do rozdziału 1	48
2. Stateczność giętą prętów prostych.	50
2.1. Wprowadzenie	50
2.2. Wyboczenie pręta jako zagadnienie brzegowe na wartości własne	50
2.3. Współczesne metody badania wyboczenia sprężystego w ujęciu komputerowym.	55
2.3.1. Metoda macierzy całkowych	56
2.3.2. Metoda różnic skończonych	58
2.3.3. Metoda macierzy przeniesienia	63
2.3.4. Metoda sił i przemieszczeń w ujęciu macierzowym.	67
2.3.5. Metoda elementów skończonych	71
2.4. Wyboczenie pręta w zakresie pozasprężystym	90
2.4.1. Koncepcja <i>Engessera-Kármána</i>	90
2.4.2. Koncepcja <i>Engessera-Shanley'a</i>	98
2.4.3. Koncepcje współczesne	103
2.4.4. Porównanie różnych koncepcji	104
2.5. Analiza komputerowa pozasprężystego wyboczenia metodą elementów skończonych.	106
2.6. Wyboczenie techniczne	109
2.6.1. Wpływ imperfekcji na nośność pręta nieidealnego	110

2.6.1.1. Wpływ naprężeń własnych	110
2.6.1.2. Wpływ odchyłeń geometrycznych	116
2.6.1.3. Wpływ przypadkowego mimośrodowego obciążenia	120
2.6.2. Metody analityczne badania wyboczenia technicznego	121
2.6.2.1. Metoda <i>Jeżeka</i>	122
2.6.2.2. Metoda krzywej krzywiznowej	129
2.6.3. Metody numeryczne określania obciążenia granicznego prętów nieidealnych	136
2.6.3.1. Metoda <i>Newmarka</i>	137
2.6.3.2. Metoda różnic skończonych	138
2.6.3.3. Metoda elementów skończonych	140
2.6.4. Metoda współczynnika wyboczeniowego w analizie wyboczenia technicznego	156
2.6.5. Określanie długości wyboczeniowej w różnych przypadkach podparcia i obciążenia prętów ściskanych osiowo	160
2.6.5.1. Pręty pryzmatyczne	160
2.6.5.2. Pręty odcinkowo pryzmatyczne	169
2.6.5.3. Pręty niepryzmatyczne	173
2.6.5.4. Pręty ciągłe	175
2.7. Pręt ściskany na jednokierunkowym mimośrodku	182
2.7.1. Pręt ściskany mimośrodkowo jako problem teorii II rzędu	182
2.7.2. Metody numeryczne w analizie nośności pręta mimośrodkowo ściskanego	191
2.8. Pręt ściskany na dwukierunkowym mimośrodku	192
2.8.1. Uwagi	192
2.8.2. Analiza nośności pręta ściskanego na dwukierunkowym mimośrodku w ujęciu MES	193
Wykaz piśmiennictwa do rozdziału 2	197
3. Stateczność giętno-skrętna prętów prostych	201
3.1. <i>Nieeulerowskie</i> przypadki wyboczenia sprężystego pręta idealnego	201
3.1.1. Zarys rozwoju problematyki	201
3.1.2. Model obliczeniowy pręta cienkościennego i jego kinematyka	204
3.1.3. Odkształcenia i naprężenia	206
3.1.4. Siły przekrojowe uogólnione	209
3.1.5. Środek ścinania	214
3.1.6. Równania różniczkowe stateczności w przypadku braku ośrodka sprężystego	216
3.1.6.1. Pręt ściskany osiowo	220
3.1.6.2. Pręt ściskany (rozciągany) mimośrodkowo	234
3.1.7. Równania różniczkowe stateczności w przypadku ciągłego ośrodka liniowo-obrotowo sprężystego	241
3.1.7.1. Pręt ściskany osiowo	244
3.1.7.2. Pręt ściskany (rozciągany) mimośrodkowo	247
3.2. Metody komputerowe w analizie <i>nieeulerowskich</i> przypadków wyboczenia sprężystego	249
3.2.1. Pręt ściskany osiowo	250
3.2.2. Pręt ściskany (rozciągany) mimośrodkowo	259
3.3. <i>Nieeulerowskie</i> przypadki wyboczenia pozasprężystego pręta idealnego	260
3.3.1. Stateczność pozasprężysta pręta cienkościennego w ujęciu klasycznym	260
3.3.2. MES w analizie wyboczenia pozasprężystego pręta cienkościennego	267
3.4. Wybrane problemy badania <i>nieeulerowskich</i> przypadków wyboczenia technicznego	266
3.5. Zwychrzenie sprężyste belki idealnej w ujęciu klasycznym	272
3.5.1. Zarys rozwoju problematyki	272
3.5.2. Określenie obciążeń krytycznych dla niektórych technicznie ważnych przypadków	274

3.5.2.1. Zwichrzenie belki dwuteowej o przekroju bisymetrycznym	277
3.5.2.2. Zwichrzenie belki dwuteowej o przekroju monosymetrycznym	283
3.5.3. Wpływ ugięcia w płaszczyźnie obciążenia na zwichrzenie belki	284
3.5.4. Wpływ położenia włókna obciążonego na zwichrzenie belki	285
3.5.5. Zwichrzenie belki dwuteowej z narzuconą osią skręcania	286
3.6. Metody komputerowe w analizie zwichrzenia sprężystego	290
3.6.1. Metoda różnic skończonych	290
3.6.2. Metoda macierzy całkowych	293
3.6.3. Metoda macierzy przeniesienia	299
3.6.4. Metoda elementów skończonych	304
3.7. Zwichrzenie belki w zakresie pozasprężystym	310
3.7.1. Ujęcie klasyczne	310
3.7.2. Ujęcie komputerowe	314
3.8. Zwichrzenie techniczne	316
3.8.1. Wpływ imperfekcji na nośność belki nieidealnej	316
3.8.1.1. Wpływ naprężeń własnych	317
3.8.1.2. Wpływ odchyłeń geometrycznych	320
3.8.1.3. Wpływ przypadkowego mimośrodowo obciążenia	322
3.8.2. Metody numeryczne w analizie zwichrzenia technicznego	324
3.9. Belka zginana w dwóch płaszczyznach	325
3.10. Belka zginana poprzecznie i ściskana (rozciągana) mimośrodowo	326
3.11. Belka zginana poprzecznie jako problem technicznej utraty stateczności	329
Wykaz piśmiennictwa do rozdziału 3	329
4. Stateczność ram	335
4.1. Wprowadzenie	335
4.2. Zarys rozwoju problematyki	338
4.3. Metodyka obliczania ram na wyboczenie	339
4.3.1. Długość wyboczeniowa prętów ram	339
4.3.2. Tok obliczeń	340
4.4. Wyboczenie sprężyste ram w płaszczyźnie układu	341
4.4.1. Założenia podstawowe	341
4.4.2. Metody klasyczne obliczania ram na wyboczenie sprężyste	342
4.4.2.1. Metoda przemieszczeń dla ram o węzłach sztywnych i podatnych	342
4.4.2.2. Obliczanie ram na wyboczenie metodą przemieszczeń	362
4.4.2.3. Przybliżone sposoby określania długości wyboczeniowej prętów ram nieprzesuwnych i przesuwnych	371
4.4.3. Analiza komputerowa wyboczenia ram w ujęciu MES	376
4.4.4. Ramy obciążone międzywęzłowo jako problem teorii II rzędu	379
4.5. Wyboczenie pozasprężyste ram w płaszczyźnie układu	382
4.5.1. Wprowadzenie	382
4.5.2. Obliczanie ram na wyboczenie pozasprężyste w ujęciu klasycznym	383
4.5.2.1. Tok obliczeń	383
4.5.2.2. Przykłady obliczeń	384
4.5.3. Współczesne metody w analizie pozasprężystego wyboczenia ram	387
4.5.3.1. Metody iteracyjne wykorzystujące sformułowanie problemu w wartościach własnych	387
4.5.3.2. Metody przyrostowe w analizie wyboczenia technicznego ram nieidealnych	389
4.6. Zwichrzenie ram	391
4.6.1. Wprowadzenie	391

4.6.2. Metody komputerowe w analizie zwężenia ram sprężystych	392
4.6.2.1. Metoda macierzy całkowych	392
4.6.2.2. Metoda elementów skończonych	394
4.6.3. Pozasprężyste zwężenie ram	398
4.7. Rami przestrzenne	398
Wykaz piśmiennictwa do rozdziału 4	399