

SPIS TREŚCI

Część I

WSTĘP. ROZCIĄGANIE I ŚCISKANIE

Rozdział I. Wstęp

§	1. Zadania nauki o wytrzymałości materiałów	7
§	2. Klasyfikacja sił działających na elementy konstrukcji	9
§	3. Pojęcie o odkształceniach i naprężeniach	11
§	4. Sposób rozwiązywania podstawowych zadań wytrzymałości materiałów	13
§	5. Rodzaje odkształceń	16

Rozdział II. Naprężenia i odkształcenia przy rozciąganiu i ściskaniu w granicach sprężystości. Dobór przekroju

§	6. Wyznaczenie naprężenia w płaszczyźnie prostopadłej do osi pręta	17
§	7. Naprężenia dopuszczalne. Dobór przekroju	19
§	8. Odkształcenia przy rozciąganiu i ściskaniu. Prawo Hooke'a	22
§	9. Współczynnik odkształcenia poprzecznego lub liczba Poissona	28
§	10. Przykłady	30

Rozdział III. Badanie doświadczalne rozciągania i ściskania różnych materiałów oraz podstawy określania naprężeń dopuszczalnych

§	11. Wykres rozciągania. Mechaniczne charakterystyki materiału	34
§	12. Wykres naprężeń	39
§	13. Rzeczywisty wykres rozciągania	41
§	14. Wykresy rozciągania dla materiałów kruchych i plastycznych	42
§	15. Niszczenie przy ściskaniu materiałów plastycznych i kruchych. Wykresy ściskania	44
§	16. Charakterystyka porównawcza mechanicznych własności materiałów plastycznych i kruchych	47
§	17. Zasady wyboru współczynnika bezpieczeństwa	50
§	18. Naprężenia dopuszczalne na ściskanie i rozciąganie dla różnych materiałów	55

Część II

ZŁOŻONE PRZYPADKI ROZCIĄGANIA I ŚCISKANIA

Rozdział IV. Obliczanie układów statycznie niewyznaczalnych wg naprężeń dopuszczalnych

§	19. Układy statycznie niewyznaczalne	56
§	20. Wpływ niedokładności wykonania na konstrukcje statycznie niewyznaczalne	62
§	21. Obliczanie na rozciąganie i ściskanie prętów, składających się z różnorodnych materiałów	65
§	22. Naprężenia zmiany temperatury	68
§	23. Jednoczesny udział różnorodnych wpływów	70
§	24. Bardziej złożone przypadki konstrukcji statycznie niewyznaczalnych	72
§	25. Przykłady	73

Rozdział V. Obliczanie układów statycznie niewyznaczalnych wg obciążeń dopuszczalnych

§ 26. Zasady obliczeń konstrukcji wg obciążeń dopuszczalnych. Zastosowanie do układów statycznie wyznaczalnych	76
§ 27. Obliczanie układów statycznie niewyznaczalnych wg metody obciążeń dopuszczalnych	78
§ 28. Zastosowanie metody obciążeń dopuszczalnych do obliczania słupów żelbetonowych	81

Rozdział VI. Uwzględnienie wpływu ciężaru własnego przy rozciąganiu i ściskaniu. Obliczanie wiotkich cięgien

§ 29. Dobór przekroju z uwzględnieniem ciężaru własnego pręta (przy rozciąganiu i ściskaniu)	82
§ 30. Odształcenia pod wpływem działania ciężaru własnego.	86
§ 31. Ciężna	88
§ 32. Przykłady	93

Rozdział VII. Złożony stan naprężeń. Naprężenia i odkształcenia

§ 33. Naprężenia w przekroju ukośnym przy osiowym rozciąganiu lub ściskaniu (liniowy stan naprężeń)	96
§ 34. Naprężenia główne. Rodzaje stanu naprężeń	98
§ 35. Przykłady płaskiego i przestrzennego stanu naprężeń. Obliczenie zbiornika cylindrycznego. Pojęcie o naprężeniach stykowych	99
§ 36. Naprężenia przy płaskim stanie napięcia	102
§ 37. Graficzne wyznaczanie naprężeń (koło Mohra)	105
§ 38. Wyznaczanie naprężeń głównych przy pomocy koła naprężeń	109
§ 39. Wyznaczanie naprężeń maksymalnych dla przestrzennego stanu naprężeń	111
§ 40. Wyznaczanie odkształceń przy płaskim i przestrzennym stanie napięcia	113
§ 41. Energia potencjalna odkształcenia sprężystego w przypadku złożonego stanu naprężeń	115

Rozdział VIII. Badanie wytrzymałości materiałów przy złożonym stanie naprężeń

§ 42. Pojęcie o hipotezach wytrzymałościowych	118
§ 43. Badanie wyężenia wg różnych hipotez wytrzymałościowych	120
§ 44. Przykłady badania wyężenia materiału	125

Rozdział IX. Naprężenia stykowe

§ 45. Pojęcia ogólne. Wzory na naprężenia stykowe	126
§ 46. Badanie wytrzymałości przy naprężeniach stykowych	130

Część III

ŚCINANIE I SKRĘCANIE

Rozdział X. Praktyczne przykłady ścinania. Czyste ścinanie

§ 47. Pojęcie ścinania. Obliczanie nitów na ścięcie	132
§ 48. Sprawdzanie nitów na docisk (zgniatanie) oraz blach na rozerwanie	134
§ 49. Przykłady	139
§ 50. Obliczanie połączeń spawanych	140
§ 51. Przykłady	146
§ 52. Obliczanie wrębów	148
§ 53. Czyste ścinanie. Wyznaczanie naprężeń głównych i badanie wytrzymałości	149
§ 54. Związek pomiędzy naprężeniami i odkształceniami przy czystym ścinaniu. Energia potencjalna ścinania	153

Rozdział XI. Skręcanie. Badanie wytrzymałości i wyznaczanie odkształceń

§ 55. Pojęcie momentu skręcającego	156
§ 56. Obliczanie momentów przekazywanych na wał	158
§ 57. Wyznaczanie naprężeń przy skręcaniu wału okrągłego	159
§ 58. Obliczanie biegunowego momentu bezwładności i wskaźnika wytrzymałości przekroju wału	164

59. Kryterium wytrzymałości przy skręcaniu	166
60. Wyznaczenie odkształceń przy skręcaniu	166
61. Naprężenia przy skręcaniu w przekrojach ukośnych względem osi pręta	168
62. Energia potencjalna skręcania	169
63. Nośność graniczna pręta skręcanego	170
64. Przykłady	172
65. Naprężenia i odkształcenia w sprężynach śrubowych o małym skoku	173
66. Przykłady	178
67. Swobodne skręcanie prętów o przekrojach nieokrągłych	179
68. Przykłady	185

C z ę ś ć I V

ZGINANIE. BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI BELEK

Rozdział XII. Sposoby obliczania wytrzymałości na zginanie

§ 69. Ogólne pojęcia o odkształceniach przy zginaniu. Sposoby podparcia belek	187
§ 70. Rodzaje naprężeń w belce. Moment zginający i siła poprzeczna	192
§ 71. Różniczkowa zależność pomiędzy obciążeniem zewnętrznym, siłą poprzeczną oraz momentem zginającym	196
§ 72. Konstrukcja wykresów momentów zginających oraz sił poprzecznych	198
§ 73. Konstrukcja wykresów M i Q dla bardziej złożonych przypadków obciążeń	204
§ 74. Kontrola prawidłowości wykresów M i Q	214
§ 75. Wykorzystanie zasady superpozycji przy konstrukcji wykresów	216
§ 76. Sposób graficzny konstruowania wykresów momentów gnących i sił poprzecznych	217

Rozdział XIII. Obliczanie naprężeń normalnych przy zginaniu i badanie wytrzymałości belek

§ 77. Doświadczalne badanie pracy materiału przy czystym zginaniu	221
§ 78. Obliczanie naprężeń normalnych przy zginaniu. Prawo Hooke'a i energia potencjalna zginania	223
§ 79. Zastosowanie otrzymanych wyników do określenia wytrzymałości belek	229

Rozdział XIV. Obliczanie momentów bezwładności figur płaskich

§ 80. Obliczanie momentów bezwładności oraz wskaźników wytrzymałości przekrojów prostych	232
§ 81. Obliczanie momentów bezwładności przekrojów złożonych	235
§ 82. Zależność pomiędzy momentami bezwładności względem dwóch osi równoległych, z których jedna przechodzi przez środek ciężkości przekroju	236
§ 83. Zależność między momentami bezwładności względem osi obróconych	238
§ 84. Główne osie i główne momenty bezwładności	241
§ 85. Maksymalny i minimalny moment bezwładności względem osi przechodzących przez środek ciężkości	244
§ 86. Uogólnienie wzoru dla naprężeń normalnych na przypadek niesymetrycznego przekroju belki	245
§ 87. Elipsa bezwładności	246
§ 88. Przybliżony sposób obliczania momentów bezwładności figur płaskich	247
§ 89. Przykład obliczenia belki o przekroju niesymetrycznym	250
§ 90. Przykłady	253

C z ę ś ć V

WYTRZYMAŁOŚĆ PRZY ZGINANIU Z UWZGLĘDNIENIEM NAPRĘŻEŃ STYCZNYCH

Rozdział XV. Naprężenia styczne i naprężenia główne w belkach zginanych

§ 91. Naprężenia styczne w belce zginanej o przekroju prostokątnym (wzór Żurawskiego)	257
§ 92. Naprężenia styczne w belce zginanej o przekroju dwuteowym	263

§ 93.	Naprężenia styczne w belkach zginanych o przekroju kołowym i wydrążonym	265
§ 94.	Badanie wytrzymałości wg naprężeń głównych	267
§ 95.	Kierunki głównych naprężeń	272
§ 96.	Środek ścinania	275
§ 97.	Określanie wielkości przekroju belki wg obciążeń dopuszczalnych	280

Rozdział XVI. Obliczanie belek złożonych

§ 98.	Dobór przekroju belek nitowanych	284
§ 99.	Wytrzymałość belki ze względu na naprężenia normalne	287
§ 100.	Wytrzymałość belki ze względu na naprężenia styczne	292
§ 101.	Wytrzymałość belki ze względu na naprężenia główne	292
§ 102.	Obliczenie nitów w belce nitowanej	293
§ 103.	Dobór przekroju i sprawdzenie wytrzymałości w belce spawanej	295
§ 104.	Obliczanie drewnianych belek złożonych	297

Rozdział XVII. Obliczanie belek żelbetowych

§ 105.	Obliczenie belki żelbetowej wg naprężeń dopuszczalnych	299
§ 106.	Obliczenie belki żelbetowej wg obciążeń dopuszczalnych	302
§ 107.	Historyczny rozwój teorii zginania	303

Część VI

WYZNACZANIE ODKSZTAŁCEŃ BELEK PRZY ZGINANIU

Rozdział XVIII. Analityczny sposób wyznaczania odkształceń

§ 108.	Ugięcie i obrót przekroju belki	305
§ 109.	Równanie różniczkowe linii ugięcia	307
§ 110.	Całkowanie równania różniczkowego linii ugięcia belki wspornikowej	309
§ 111.	Całkowanie równania różniczkowego linii ugięcia belki na dwóch podporach	312
§ 112.	Całkowanie równania różniczkowego linii ugięcia przy dwóch przedziałach całkowania	315
§ 113.	Sposoby układania i całkowania równania różniczkowego przy kilku przedziałach całkowania	319
§ 114.	Całkowanie równania różniczkowego w przypadku belki z przegubem	323
§ 115.	Superpozycja działania sił	325
§ 116.	Różniczkowe zależności przy zginaniu	327

Rozdział XIX. Wykreślno-analityczny i wykreślny sposób wyznaczania linii ugięcia przy zginaniu

§ 117.	Sposób wykreślno-analityczny	328
§ 118.	Przykłady wyznaczania linii ugięcia sposobem wykreślno-analitycznym	331
§ 119.	Sposób wykreślno-analityczny w wypadku krzywoliniowego przebiegu wykresu momentu gnącego	333
§ 120.	Wykreślny sposób wyznaczania linii ugięcia	336

Rozdział XX. Belki o przekroju zmiennym

§ 121.	Dobór przekroju belek o równomiernej wytrzymałości na zginanie	339
§ 122.	Praktyczne przykłady belek o równomiernej wytrzymałości na zginanie	341
§ 123.	Wyznaczanie linii ugięcia belek o przekroju zmiennym	345

Część VII

ENERGIA POTENCJALNA I UKŁADY STATYCZNIE NIEWYZNACZALNE

Rozdział XXI. Zastosowanie pojęcia o energii potencjalnej do wyznaczania odkształceń

§ 124.	Pojęcia ogólne	351
§ 125.	Obliczanie energii potencjalnej	353
§ 126.	Twierdzenie Castigliano	356
§ 127.	Przykłady zastosowania twierdzenia Castigliano	359

§ 128. Metoda wprowadzenia dodatkowej siły fikcyjnej	361
§ 129. Twierdzenie o wzajemności prac	363
§ 130. Twierdzenie Maxwella—Mohra	364
§ 131. Sposób Wereszczagina	366
§ 132. Wpływ sił poprzecznych na ugięcia osi belek	368
§ 133. Przykłady	371
Rozdział XXII. Przybliżone równanie linii ugięcia belki	
§ 134. Przybliżony sposób obliczania ugięć	376
§ 135. Rozłożenie równania linii ugięcia na szereg trygonometryczny	378
Rozdział XXIII. Belki statycznie niewyznaczalne	
§ 136. Ogólne pojęcia i metody obliczeń	381
§ 137. Sposób porównywania odkształceń	383
§ 138. Zastosowanie twierdzeń Castigliano, Mohra i sposobu Wereszczagina	385
§ 139. Przyjęcie nadliczbowej niewiadomej i układu podstawowego	387
§ 140. Schemat rozwiązania układu statycznie niewyznaczalnego	389
§ 141. Przykłady rozwiązywania układów statycznie niewyznaczalnych	389
§ 142. Wyznaczanie odkształceń belek statycznie niewyznaczalnych	394
§ 143. Obliczanie belek ciągłych	395
§ 144. Równanie trzech momentów	397
§ 145. Wyznaczanie reakcji podporowych, wykresów momentów gnących oraz sił poprzecznych dla belek ciągłych	403
§ 146. Belki ciągłe ze wspornikami. Belki z utwierdzonymi końcami	406
§ 147. Przykłady obliczania belek ciągłych	409
§ 148. Belka ciągła o podporach nie leżących w jednym poziomie	411
Rozdział XXIV. Obliczanie belek statycznie niewyznaczalnych ze względu na dopuszczalne obciążenia	
§ 149. Pojęcia ogólne. Obliczenie belki dwuprzęsłowej	413
§ 150. Obliczenie belki trójpłaszczyznowej	416
§ 151. Przykład	418
Rozdział XXV. Belka na podłożu sprężystym	
§ 152. Pojęcia ogólne	420
§ 153. Obliczenie belki nieskończonej długości na podłożu sprężystym obciążonej jedną siłą skupioną P	421
§ 154. Przykład	425
§ 155. Belki o skończonej długości	425

C z ę ś c Ⅷ

WYTRZYMAŁOŚĆ ZŁOŻONA

Rozdział XXVI. Zginanie ukośne

§ 156. Pojęcia podstawowe	429
§ 157. Zginanie ukośne. Wyznaczanie naprężeń	429
§ 158. Wyznaczanie odkształceń przy zginaniu ukośnym	435
§ 159. Przykłady obliczeń przy zginaniu ukośnym	438

Rozdział XXVII. Jednoczesne działanie zginania z rozciąganiem lub ściskaniem

§ 160. Zgięcie belki w wypadku działania sił podłużnych i poprzecznych	441
§ 161. Uwzględnienie wpływu odkształcenia belki	442
§ 162. Przykłady	443
§ 163. Mimośrodowe ściskanie lub rozciąganie	445
§ 164. Jądro przekroju	449
§ 165. Przykłady	452

Rozdział XXVIII. Jednoczesne działanie skręcania i zginania

§ 166. Wyznaczanie momentów gnących i skręcających	454
§ 167. Określanie naprężeń i badanie wytrzymałości przy zginaniu ze skręcaniem	456
§ 168. Przykłady	459

Rozdział XXIX. Ogólny przypadek wytrzymałości złożonej

§ 169. Wyznaczanie naprężeń i odkształceń	461
§ 170. Obliczenie prostego wału korbowego	465

Rozdział XXX. Zasady obliczeń prętów cienkościen- nych na zginanie i skręcanie

§ 171. Wstęp	471
§ 172. Pojęcie o swobodnym i nieswobodnym skręcaniu	472
§ 173. Siły wewnętrzne w przekrojach pręta przy skręcaniu nieswobodnym. Hipotezy	474
§ 174. Odkształcenie pręta cienkościennego w związku z deplanacją powierzchni przekroju pręta	478
§ 175. Wycinkowe naprężenia normalne. Wycinkowe charakterystyki prze- kroju	482
§ 176. Różniczkowe zależności między wielkościami sił	487
§ 177. Równanie różniczkowe odkształceń przy nieswobodnym skręcaniu. Wy- znaczenie wielkości sił uogólnionych	489
§ 178. Obliczanie naprężeń stycznych w przekrojach pręta cienkościennego	495
§ 179. Obliczanie pól wycinkowych. Konstrukcja wykresów wycinkowych	497
§ 180. Wyznaczanie wycinkowych charakterystyk geometrycznych przekroju	501
§ 181. Przykłady obliczania wycinkowych, geometrycznych charakterystyk przekroju	504
§ 182. Wyznaczenie naprężeń w ogólnym przypadku wytrzymałości złożonej pręta cienkościennego	510
§ 183. Przykłady obliczeń naprężeń w prętach cienkościen- nych	513

Rozdział XXXI. Pręty zakrzywione

§ 184. Pojęcia ogólne	520
§ 185. Obliczanie momentów gnących, sił normalnych i poprzecznych	520
§ 186. Określenie naprężeń od sił Q i N	523
§ 187. Określenie naprężeń od momentu gnącego	524
§ 188. Wyznaczenie promienia krzywizny osi obojętnej dla przekroju prostokątnego	529
§ 189. Wyznaczenie promienia krzywizny osi obojętnej dla przekroju kołowego i trapezowego	531
§ 190. Sposób przybliżony wyznaczenia położenia osi obojętnej	532
§ 191. Analiza wzoru na naprężenia normalne w pręcie zakrzywionym	533
§ 192. Uwagi uzupełniające do wzoru na naprężenia normalne	537
§ 193. Przykłady wyznaczania naprężeń w prętach zakrzywionych	538
§ 194. Odkształcenia prętów zakrzywionych	541
§ 195. Wyznaczenie odkształceń z uwzględnieniem krzywizny pręta	543
§ 196. Przykłady obliczania prętów zakrzywionych	545

Rozdział XXXII. Obliczanie naczyń grubo i cienkościen- nych

§ 197. Obliczenie grubościennych naczyń cylindrycznych	547
§ 198. Naprężenia w grubościennych naczyniach sferycznych	553
§ 199. Obliczanie naczyń cienkościen- nych	554

Część IX

STATECZNOŚĆ CZĘŚCI KONSTRUKCJI

Rozdział XXXIII. Badanie stateczności prętów ściskanych

§ 200. Wstęp. Zagadnienie stateczności postaci prętów ściskanych	557
§ 201. Wzór Eulera na siłę krytyczną	559
§ 202. Wpływ sposobu zamocowania końców pręta na wielkość siły krytycznej	563
§ 203. Granice stosowalności wzoru Eulera i konstrukcja pełnego wykresu na- prężeń krytycznych	567
§ 204. Badanie stateczności prętów ściskanych	571
§ 205. Dobór rodzaju przekroju i materiału	573
§ 206. Przykłady	576
§ 207. Praktyczne znaczenie badania stateczności	579

Rozdział XXXIV. Bardziej złożone przypadki badania na stateczność części konstrukcji

§ 208. Stateczność płaskiej postaci zginania	580
§ 209. Badanie wytrzymałości prętów przy jednoczesnym działaniu sił podłużnych i poprzecznych (z uwzględnieniem odkształceń)	586
§ 210. Wpływ mimośrodowego przyłożenia sił oraz początkowego zakrzywienia pręta	592
§ 211. Zasady obliczania usztywnień kratowych w prętach złożonych	594
§ 212. Przykłady obliczeń prętów jednocześnie ściskanych i zginanych	597
§ 213. Badanie na stateczność prętów cienkościennych o otwartym profilu	598
§ 214. Historyczny rozwój teorii stateczności	602

Część X

DZIAŁANIE DYNAMICZNE ODCIĄŻEŃ

Rozdział XXXV. Siły bezwładności i drgania

§ 215. Wstęp	606
§ 216. Obliczanie naprężeń przy ruchu jednostajnie przyspieszonym	608
§ 217. Obliczenie pierścienia wirującego (koło zamachowe)	610
§ 218. Naprężenia w łącznikach korbowych i korbowodach	611
§ 219. Krążek wirujący o stałej grubości	614
§ 220. Krążek wirujący o równomiernej wytrzymałości	617
§ 221. Wpływ rezonansu na wielkość naprężeń	618
§ 222. Wyznaczenie naprężeń przy drganiach	619
§ 223. Wpływ masy układu sprężystego przy drganiach	623
§ 224. Przykłady	629

Rozdział XXXVI. Naprężenia przy uderzeniu

§ 225. Założenia podstawowe	632
§ 226. Ogólna metoda wyznaczania naprężeń przy uderzeniu	633
§ 227. Szczególne przypadki wyznaczania naprężeń i sprawdzania wytrzymałości przy uderzeniu	638
§ 228. Naprężenie przy osiowym uderzeniu pręta o nieruchomą płaską ścianę	642
§ 229. Naprężenia udarowe w prętach o przekroju zmiennym	643
§ 230. Wnioski praktyczne z otrzymanych wyników	645
§ 231. Wpływ masy układu sprężystego poddanego działaniu uderzenia	647
§ 232. Przykłady	649
§ 233. Badanie wytrzymałościowe na uderność. Próba wytrzymałościowa	652
§ 234. Wpływ różnych czynników na wyniki próby udernościowej	655

Rozdział XXXVII. Badanie wytrzymałości materiału przy naprężeniach zmiennych

§ 235. Pojęcia podstawowe o wpływie naprężeń zmiennych na wytrzymałość materiału	657
§ 236. Określenie warunku wytrzymałości przy naprężeniach zmiennych	660
§ 237. Określenie wytrzymałości na zmęczenie przy naprężeniach zmieniających się według cyklu symetrycznego	661
§ 238. Wytrzymałość na zmęczenie przy naprężeniach zmieniających się wg cyklu niesymetrycznego	665
§ 239. Naprężenia lokalne	670
§ 240. Wpływ wielkości części konstrukcji na wytrzymałość zmęczeniową	676
§ 241. Praktyczne przykłady zniszczenia konstrukcji na skutek obciążeń zmiennych. Sposób pojawiania się i rozszerzania rys i pęknięć zmęczeniowych	678
§ 242. Ustalenie naprężeń dopuszczalnych	682
§ 243. Przykłady	688
§ 244. Badanie wytrzymałości przy naprężeniach zmiennych i złożonym stanie naprężeń	692
§ 245. Praktyczne dane dla zabezpieczenia się przeciw zniszczeniu konstrukcji na skutek zmęczenia	694
§ 246. Historyczny rozwój badań nad zagadnieniem wytrzymałości materiałów przy obciążeniach dynamicznych	698

Rozdział XXXVIII. Wytężenie materiałów

§ 247. Pojęcia podstawowe	701
§ 248. Opór materiału przeciw odkształceniom plastycznym	702
§ 249. Wytrzymałość na granicy zniszczenia. Rozdzielenie lub ścięcie	705
§ 250. Hipotezy wytrzymałościowe	707
§ 251. Uogólniona hipoteza wytrzymałościowa Mohra	711
§ 252. Połączona hipoteza wytrzymałościowa Dawidenkowa-Friedmana	613

Rozdział XXXIX. Podstawy obliczeń na pełzanie

§ 253. Wpływ wysokich temperatur na mechaniczne własności metali	717
§ 254. Zjawisko pełzania i relaksacji	719
§ 255. Krzywe pełzania i relaksacji	720
§ 256. Podstawy obliczeń na pełzanie	725
§ 257. Przykłady obliczeń na pełzanie	730
Dodatek	740
Skorowidz nazwisk	767
Skorowidz przedmiotowy	769

