

## SADRŽAJ

<b>1. Nauka o čvrstoći</b>	1
1.1. Temeljni pojmovi nauke o čvrstoći, pojam i vrste opterećenja i naprezanja	1
1.1.1. Kruta i čvrsta tijela	1
1.1.2. Podjela idealnih čvrstih tijela	2
1.1.3. Čvrstoća, krutost i elastična stabilnost konstrukcije	2
1.1.4. Pojam opterećenja i naprezanja	3
1.1.5. Jedinice naprezanja	4
1.1.6. Zadatak nauke o čvrstoći	4
1.1.7. Vrste opterećenja	4
1.1.8. Vrste naprezanja	7
1.2. Ispitivanje čvrstoće materijala, dopušteno naprezanje i koeficijent sigurnosti	8
1.2.1. Ispitivanje vlačne čvrstoće materijala	8
1.2.2. Ispitivanje zamora materijala	16
1.2.3. Dopušteno naprezanje i koeficijent sigurnosti	20
1.2.4. Utjecaj utora i naglih promjena presjeka	22
<b>2. Aksijalna naprezanja</b>	26
2.1. Hookeov zakon	26
Primjeri	29
Zadaci za 1. vježbu	31
2.2. Naprezanje na vlak i tlak	32
2.2.1. Dimenzioniranje elemenata izloženih vlačnom i tlačnom naprezanju	34
Primjeri	36
Zadaci za 2. vježbu	42
2.2.2. Proračun vlačne i tlačne čvrstoće elemenata izloženih vlačnom i tlačnom opterećenju	44
Primjeri	45
Zadaci za 3. vježbu	49
2.3. Utjecaj vlastite težine na naprezanje	50
Primjeri	52
Zadaci za 4. vježbu	54
2.4. Štap jednake čvrstoće s obzirom na vlak i tlak	55
Primjeri	57
Zadaci za 5. vježbu	58
2.5. Površinski tlak	59
2.5.1. Površinski tlak radijalnog ili poprečnog čepa	60
2.5.2. Površinski tlak uzdužnog ili aksijalnog čepa	61

Primjeri . . . . .	62
Zadaci za 6. vježbu . . . . .	65
2.6. Naprezanje zbog promjene temperature . . . . .	66
Primjeri . . . . .	68
Zadaci za 7. vježbu . . . . .	72
2.7. Naprezanje uslijed centrifugalne sile . . . . .	74
2.7.1. Naprezanje u štapu . . . . .	74
2.7.2. Naprezanje u prstenu . . . . .	76
Primjeri . . . . .	77
Zadaci za 8. vježbu . . . . .	80
2.8. Naprezanje u kosom presjeku . . . . .	81
Primjeri . . . . .	83
Zadaci za 9. vježbu . . . . .	85
<b>3. Naprezanje na odrez ili smik . . . . .</b>	<b>86</b>
3.1. Jednadžbe naprezanja na odrez ili smik . . . . .	86
3.2. Dimenzioniranje elemenata izloženih naprezanju na odrez ili smik . . . . .	90
3.2.1. Proračun spojeva sa zakovicama i svornjacima . . . . .	90
3.2.2. Proračun zavarenih spojeva na odrez . . . . .	91
3.2.3. Proračun na odrez pri isijecanju ili probijanju . . . . .	93
Primjeri . . . . .	94
Zadaci za 10. vježbu . . . . .	101
<b>4. Momenti inercije i otpora ploha . . . . .</b>	<b>106</b>
4.1. Pojam i vrste momenata inercija i otpora ploha . . . . .	106
4.1.1. Aksijalni i polarni moment inercije . . . . .	107
4.1.2. Momenti otpora . . . . .	109
4.2. Steinerov poučak . . . . .	110
4.3. Momenti inercije i otpora jednostavnih ploha . . . . .	112
4.3.1. Momenti inercije i otpora pravokutnika . . . . .	112
4.3.2. Momenti inercije i otpora ostalih jednostavnih ploha . . . . .	114
Primjeri . . . . .	116
Zadaci za 11. vježbu . . . . .	119
4.4. Momenti inercije i otpora složenih (sastavljenih) i oslabljenih ploha . . . . .	120
Primjeri . . . . .	124
Zadaci za 12. vježbu . . . . .	127
4.5. Momenti inercije i otpora sastavljenih standardnih profila . . . . .	128
Primjeri . . . . .	133
Zadaci za 13. vježbu . . . . .	135
4.6. Polumjer inercije i elipse inercije . . . . .	136
4.6.1. Polumjer inercije . . . . .	136
4.6.2. Elipsa inercije . . . . .	138
Primjeri . . . . .	139
Zadaci za 14. vježbu . . . . .	142
<b>5. Naprezanje pri savijanju ili fleksiji . . . . .</b>	<b>143</b>
5.1. Temeljni pojmovi i vrste savijanja . . . . .	143
5.2. Jednadžba savijanja . . . . .	146
5.3. Dimenzioniranje elemenata izloženih savijanju . . . . .	148
Primjeri . . . . .	149
Zadaci za 15. vježbu . . . . .	159

5.4. Elementi jednake čvrstoće na savijanje . . . . .	163
5.4.1. Greda kružnog presjeka jednake čvrstoće na savijanje . . . . .	164
5.4.2. Konzola kružnog presjeka jednake čvrstoće na savijanje . . . . .	166
5.4.3. Greda pravokutnog presjeka jednake čvrstoće na savijanje . . . . .	167
5.4.4. Konzola pravokutnog presjeka jednake čvrstoće na savijanje . . . . .	169
5.4.5. Konzola pravokutnog presjeka jednake čvrstoće na savijanje kontinuirano opterećena . . . . .	171
Primjeri . . . . .	172
Zadaci za 16. vježbu . . . . .	181
5.5. Pojačavanje profilnih elemenata lamelama . . . . .	181
5.5.1. Greda standardnih profila pojačana lamelama . . . . .	182
Primjeri . . . . .	184
5.5.2. Konzola standardnog profila pojačana lamelama . . . . .	188
Zadaci za 17. vježbu . . . . .	189
5.6. Elastična crta (polumjer zakrivljenosti, kut nagiba i progib) . . . . .	190
5.6.1. Elastična crta . . . . .	190
5.6.2. Polumjer zakrivljenosti $\rho$ . . . . .	190
5.6.3. Kut nagiba elastične crte $\varphi$ . . . . .	192
5.6.4. Progib $f$ . . . . .	193
Primjeri . . . . .	196
Zadaci za 18. vježbu . . . . .	202
<b>6. Naprezanje pri uvijanju ili torziji . . . . .</b>	<b>205</b>
6.1. Temeljni pojmovi i jednačbe . . . . .	205
6.1.1. Jednačbe naprezanja . . . . .	209
6.1.2. Kut uvijanja $\varphi$ . . . . .	210
6.2. Dimenzioniranje lakih vratila glede dopuštenog naprezanja . . . . .	211
6.2.1. Dimenzioniranje s obzirom na čvrstoću . . . . .	212
6.2.2. Dimenzioniranje s obzirom na deformaciju . . . . .	212
6.2.3. Odnos između težine punog i šupljeg vratila . . . . .	213
Primjeri . . . . .	214
Zadaci za 19. vježbu . . . . .	223
<b>7. Naprezanje pri izvijanju . . . . .</b>	<b>226</b>
7.1. Temeljni pojmovi i Eulerove jednačbe . . . . .	226
7.1.1. Kritična sila . . . . .	227
7.1.2. Eulerove jednačbe za kritične sile . . . . .	229
7.2. Kritično naprezanje i vitkost štapa . . . . .	230
7.3. Granice primjene Eulerovih jednačbi . . . . .	231
7.4. Dimenzioniranje elemenata izloženih izvijanju . . . . .	232
7.4.1. Dimenzioniranje primjenom Eulerovih jednačbi . . . . .	232
Primjeri . . . . .	233
7.4.2. Dimenzioniranje primjenom Tetmayerovih jednačbi . . . . .	235
Primjeri . . . . .	237
7.4.3. Dimenzioniranje primjenom omega postupka . . . . .	240
Primjeri . . . . .	241
Zadaci za 20. vježbu . . . . .	243
<b>8. Složena naprezanja . . . . .</b>	<b>246</b>
8.1. Temeljni pojmovi i vrste složenih naprezanja . . . . .	246
8.2. Ekscentrični vlak i tlak . . . . .	247

8.2.1. Ekscentrično opterećenje . . . . .	247
8.2.2. Ekscentrični vlak . . . . .	247
8.2.3. Ekscentrični tlak . . . . .	248
8.3. Savijanje i vlak. Savijanje i tlak . . . . .	249
Primjeri . . . . .	250
Zadaci za 21. vježbu . . . . .	256
8.4. Jezgra presjeka . . . . .	258
8.4.1. Položaj neutralne osi . . . . .	259
8.4.2. Analitičko određivanje jezgre presjeka . . . . .	261
Primjeri . . . . .	263
Zadaci za 22. vježbu . . . . .	266
8.5. Savijanje i uvijanje . . . . .	268
8.6. Dimenzioniranje teških vratila . . . . .	272
Primjeri . . . . .	276
Zadaci za 23. vježbu . . . . .	287
<b>Rješenja zadataka za vježbu . . . . .</b>	<b>290</b>