

---

---

# SADRŽAJ

---

---

<b>PREDGOVOR</b> .....	<b>1</b>
<b>I PREGLED RAZVOJA BRODOVA I BRODARSTVA</b> .....	<b>3</b>
1. Istorijski razvoj brodova i brodarstva .....	3
1.1. Prvi pokušaji brodarenja.....	3
1.2. Razvitak brodogradnje i brodarenja.....	7
1.2.1. Doba brodova na ručni pogon – vesla .....	7
1.2.2. Doba brodova s pogonom na jedra.....	9
1.2.3. Doba brodova na mehanički pogon.....	13
1.3. Pregled izgrađenih brodova XIX i XX veka.....	20
2. Opšte karakteristike savremenih brodova i brodarstva.....	27
<b>II TEORIJA BRODA</b> .....	<b>29</b>
3. Brodski kompleks .....	29
3.1. Pojam o brodskom kompleksu .....	29
3.2. Osnovne veličine koje karakterišu brodski kompleks .....	30
3.2.1. Sopstvena masa broda, $D_o$ (t).....	30
3.2.2. Deplasman, $D_m$ (t).....	30
3.2.3. Istisnina, $V$ (m <sup>3</sup> ).....	31
3.2.4. Nosivost, $Q$ (t).....	32
3.2.5. Prostornost .....	32
3.3. Glavne grupe masa na brodu.....	33
4. Geometrija broda .....	34
4.1. Glavne brodske dimenzije .....	34
4.1.1. Dužina broda .....	36
4.1.2. Širina broda .....	36
4.1.3. Gaženje broda .....	37
4.1.4. Visina broda .....	38
4.1.5. Visina slobodnog boka.....	38
4.2. Brodske linije .....	39
4.2.1. Vodne linije.....	40
4.2.2. Linije rebara .....	40

4.2.3. Vertikale.....	41
4.2.4. Dijagonale.....	41
4.3. Koeficijenti punoće broskog trupa .....	43
4.3.1. Koeficijent punoće vodnih linija ( $\alpha$ ).....	43
4.3.2. Koeficijent punoće glavnog rebra ( $\beta$ ) .....	44
4.3.3. Koeficijent punoće istisnine broskog trupa ( $\delta$ ).....	45
4.3.4. Koeficijent punoće broskog trupa ( $\varphi$ ).....	45
4.3.5. Primena koeficijenata punoće .....	46
4.3.5.1. Primer proračuna osnovnih veličina broskog kompleksa primenom koeficijenta punoće istisnine .....	46
5. Osnovne tehničko-eksploatacione osobenosti savremenog broda .....	47
6. Plovnost .....	48
7. Stabilitet broda .....	49
7.1. Opšti pojmovi.....	49
7.2. Statički stabilitet.....	51
7.2.1. Poprečni stabilitet .....	51
7.2.1.1. Izračunavanje momenta statičkog stabiliteta .....	53
7.2.1.2. Opšti uslovi stabiliteta broda (uslovi plovnosti) .....	54
7.2.1.3. Podela statičkog stabiliteta .....	56
7.2.1.3.1. Stabilitet oblika (forme).....	57
7.2.1.3.2. Stabilitet težine .....	58
7.2.1.4. Kriva stabiliteta (Rid-ov dijagram).....	58
7.2.1.5. Uticaj premeštanja tereta po visini na stabilitet .....	60
7.2.1.6. Uticaj premeštanja tereta po širini na stabilitet.....	61
7.2.1.7. Uticaj utovara i istovara tereta na stabilitet .....	63
7.2.1.7.1. Uticaj utovara tereta na stabilitet .....	63
7.2.1.7.1.1. Utovar tereta na palubu.....	65
7.2.1.7.1.2. Utovar tereta na dno broda.....	66
7.2.1.7.1.3. Utovar tereta u težište sloja dodatne istisnine .....	67
7.2.1.7.2. Uticaj istovara tereta na stabilitet.....	67
7.2.1.7.2.1. Istovar tereta sa palube .....	68
7.2.1.7.2.2. Istovar tereta sa dna broda .....	70
7.2.1.7.2.3. Istovar tereta iz težišta sloja dodatne istisnine.....	71
7.2.1.8. Uticaj dejstva bočnog vetra na stabilitet .....	71
7.2.1.9. Uticaj delovanja centrifugalne sile na stabilitet.....	73
7.2.2. Uzdužni stabilitet.....	75
7.2.2.1. Pretega broda .....	77
7.2.3. Slobodne površine i njihov uticaj na stabilitet .....	79
7.3. Dinamički stabilitet .....	83

<b>III</b>	<b>BRODSKE KONSTRUKCIJE .....</b>	<b>87</b>
8.	Konstrukcija broskog trupa.....	87
8.1.	Glavni elementi kostura broskog trupa.....	89
8.2.	Elementi oplate broskog trupa.....	91
8.3.	Materijali za gradnju brodova .....	92
8.3.1.	Materijal za gradnju broskog trupa i nadgrađe broda.....	92
8.3.2.	Materijal za ugradnju .....	93
8.3.3.	Osobnosti pojedinih brodograđevinskih materijala .....	93
8.4.	Načini spajanja elemenata brodske konstrukcije .....	94
8.4.1.	Zakivanje.....	95
8.4.2.	Zavarivanje.....	100
8.4.3.	Upoređenje zakovane i zavarene brodske konstrukcije.....	107
9.	Osnovni pojmovi o čvrstoći broskog trupa.....	108
9.1.	Poprečna čvrstoća broskog trupa.....	108
9.2.	Uzdužna čvrstoća broskog trupa.....	109
9.3.	Lokalna čvrstoća broskog trupa.....	110
10.	Sistemi gradnje brodova .....	111
<b>IV</b>	<b>BRODSKI POGONSKI UREĐAJI .....</b>	<b>115</b>
11.	Opšta razmatranja o brodskim pogonskim postrojenjima .....	115
11.1.	Glavni brodski pogonski uređaji.....	115
11.2.	Brodski pogonska goriva .....	117
12.	Brodski parni pogon.....	119
12.1.	Brodski parni kotlovi.....	120
12.1.1.	Cilindrični brodski parni kotlovi .....	121
12.1.2.	Kotlovi sa vodogrejnim cevima .....	121
12.1.3.	Toplotni bilans parnog kotla .....	124
12.2.	Brodski parne klipne mašine.....	126
12.2.1.	Osobnosti brodskih parnih klipnih mašina .....	129
12.2.2.	Koeficijent korisnog dejstva parne klipne mašine.....	130
12.2.3.	Određivanje snage parne klipne mašine .....	135
12.2.4.	Povećanje snage i ekonomičnosti parne klipne mašine.....	138
12.2.5.	Toplotni bilans broskog parnog pogonskog postrojenja.....	139
12.3.	Brodski parne turbine.....	140
12.3.1.	Aksijalne parne turbine .....	141
12.3.1.1.	Akcione parne turbine .....	141
12.3.1.1.1.	Akcione jednostepene parne turbine.....	143
12.3.1.1.2.	Akcione parne turbine sa stepenima brzina.....	143
12.3.1.1.3.	Akcione parne turbine sa stepenima pritisaka.....	145
12.3.1.1.4.	Kombinovane akcione parne turbine .....	147

12.3.1.2. Reakcione parne turbine .....	147
12.3.1.3. Kombinovane akciono-reakcione parne turbine .....	149
12.3.2. Radijalne parne turbine .....	150
12.3.3. Osobnosti brodskih parnih turbina .....	151
12.3.4. Koeficijent korisnog dejstva parne turbine.....	152
12.3.5. Toplotni bilans parnog turbinskog pogonskog postrojenja .....	153
12.3.6. Poređenje osobnosti parnih turbina i parnih klipnih mašina.....	154
13. Reduktori .....	155
13.1. Mehanički reduktor .....	155
13.2. Hidro-mehanički reduktor .....	157
13.3. Električni reduktor.....	158
14. Motori s unutrašnjim sagorevanjem .....	159
14.1. Klasifikacija motora s unutrašnjim sagorevanjem.....	159
14.1.1. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema radnom ciklusu .....	160
14.1.2. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema načinu obrazovanja smeše goriva .....	163
14.1.3. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema načinu paljenja smeše goriva i vazduha .....	164
14.1.4. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem po vrsti goriva koje koristi .....	164
14.1.5. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema brzini kretanja klipa u cilindru .....	164
14.1.6. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema minutnom broju obrtaja vratila.....	165
14.1.7. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema broj cilindara .....	165
14.1.8. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema rasporedu i položaju cilindara .....	165
14.1.9. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema konstrukciji.....	166
14.1.10. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema načinu dejstva.....	166
14.1.11. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema načinu punjenja .....	167
14.1.12. Podela motora s unutrašnjim sagorevanjem prema mogućnostima promene smjera okretanja pogonskog vratila.....	167
14.2. Step en kompresije .....	168
14.3. Koeficijenti korisnog dejstva.....	169
14.4. Određivanje snage klipnih motora s unutrašnjim sagorevanjem .....	173
14.5. Karburatorski motori s unutrašnjim sagorevanjem.....	176
14.6. Brodski dizel motori.....	177
14.6.1. Upoređenje dvotaktnih i četvorotaktnih brodskih dizel motora .	182
14.6.2. Toplotni bilans dizel motora .....	182

14.6.3. Povećanje snage dizel motora .....	185
14.6.4. Upoređenje dizel motora i parne klipne mašine .....	187
15. Gasne turbine .....	188
16. Električni pogon .....	192

## **V OTPORI BRODA..... 195**

17. Opšta razmatranja o otporima broda.....	195
17.1. Osnovni pojmovi o otporu sredine pri kretanju brodova .....	195
17.2. Značaj poznavanja veličine otpora sredine pri kretanju broda .....	196
17.3. Priroda otpora .....	197
17.3.1. Hidrodinamičke pojave pri kretanju broda (pojmovi: otpor trenja i ostali otpor) .....	197
17.3.2. Najpovoljniji oblici tela u pogledu otpora .....	200
18. Određivanje otpora pri plovidbi brodova.....	202
18.1. Dinamometrijsko ispitivanje izgrađenih brodova na plovnom putu .....	202
18.2. Dinamometrijsko ispitivanje modela u istraživačkim bazenima .....	203
18.2.1. Zakoni sličnosti Viliijama Fruda .....	205
18.2.1.1. Računski primer izračunavanja korespodentne (odgovarajuće) brzine .....	206
18.2.2. Postupak modelskih ispitivanja otpora broda i preračunavanje dobijenih rezultata.....	207
18.3. Računske metode za izračunavanje otpora broda .....	208
18.3.1. Otpor trenja .....	208
18.3.2. Ostali otpor .....	210
18.3.3. Određivanje okvašene površine broskog trupa.....	210
18.3.4. Računski primer proračunavanja otpora broda.....	213
18.4. Određivanje otpora vazduha .....	217
18.5. Otpor usled pada vodotoka .....	217
19. Uticaj ograničenih razmera (dimenzija) plovnog puta na povećanje otpora .....	219
19.1. Plovni put ograničene dubine i dovoljne širine (tzv. "plitka voda") .....	219
19.2. Plovni put ograničene dubine i širine (kanal) .....	220
20. Otpori pri kretanju brodskih povorki i sastava .....	222
20.1. Određivanje koeficijenta sastava ( $K_{sast}$ ) za razna izvezivanja sastava povorki tegljenih teretnjaka .....	222
20.2. Određivanje koeficijenta sastava ( $K_{sast}$ ) za razne sastave potiskivanih teretnjaka .....	226

<b>VI PROPULZIJA BRODA.....</b>	<b>229</b>
21. Propulzori – brodska kretna sredstva.....	229
21.1. Opšta razmatranja.....	229
21.2. Brodski točak.....	230
21.2.1. Pojava kliženja ("slipa") kod broskog točka .....	231
21.2.2. Tehničko-eksploatacione osobenosti broskog točka .....	233
21.3. Brodski propeler (vijak, elisa).....	234
21.3.1. Pojava kliženja ("slipa") kod broskog propelera .....	237
21.3.2. Kavitacija .....	238
21.3.3. Tehničko-eksploatacione osobenosti broskog propelera.....	239
21.3.4. Mogućnosti povećanja stepena iskorišćenja propelera.....	239
21.3.4.1. Kortova sapnica (truba).....	240
21.3.4.2. Primena tunela.....	240
21.3.4.3. Ugradnja Kortove sapnice u tunelu .....	241
21.4. Propeler s promenljivim korakom .....	241
21.5. Fojt-Šnajderov propeler.....	242
22. Teorija kretanja brodskih sastava .....	245
22.1. Sistem tegljenja .....	245
22.1.1. Dinamička jednačina kretanja tegljenih sastava.....	245
22.1.1.1. Opšta dinamička jednačina kretanja tegljenih sastava .....	246
22.1.1.2. Dinamička jednačina pri jednolikom kretanju tegljenih sastava.....	247
22.1.1.3. Dinamička jednačina kretanja broda tegljača u tzv. "slobodnoj vožnji" (bez sastava tegljenica) .....	247
22.1.1.4. Dinamička jednačina kretanja broda tegljača pri tzv. "probi u mestu" .....	247
22.1.2. Određivanje vučne sile ( $P_v$ ) broda tegljača .....	248
22.1.3. Efekat vučne sile .....	252
22.1.4. Vučni dijagram.....	253
22.2. Sistem potiskivanja.....	254
22.2.1. Dinamička jednačina kretanja potiskivanih sklopova .....	254
22.2.2. Određivanje potisne sile ( $P_{pot}$ ) broda-potiskivača .....	256
23. Stepeni korisnosti brodske propulzije i brodskih pogonskih postrojenja.....	256
<b>VII SASTAV I OPIS PRIVREDNIH BRODOVA.....</b>	<b>261</b>
24. Uvodna razmatranja .....	261
25. Podela brodova.....	261
26. Glavni predstavnici privredne flote .....	265
26.1. Morski brodovi.....	265

26.1.1. Putnički brodovi .....	265
26.1.1.1. Brzi putnički prekookeanski brodovi.....	265
26.1.1.2. Putnički brodovi velike obalne plovidbe .....	266
26.1.1.3. Putnički brodovi male obalne plovidbe .....	266
26.1.1.4. Putnički brodovi mesne (lokalne) plovidbe .....	267
26.1.2. Putničko-teretni brodovi.....	267
26.1.3. Teretno-putnički brodovi.....	267
26.1.4. Teretni brodovi.....	268
26.1.4.1. Brodovi za prevoz suvog tereta.....	268
26.1.4.2. Brodovi za prevoz tečnog tereta .....	270
26.1.4.3. Brodovi za prevoz posebnih tereta .....	272
26.1.4.3.1. Kontejnerski brodovi (brodovi za prevoz kontejnera) .....	272
26.1.4.3.2. Ro-Ro brodovi.....	275
26.1.4.3.2.1. Malotonažni Ro-Ro brodovi.....	276
26.1.4.3.2.2. Velikotonažni Ro-Ro brodovi .....	276
26.1.4.3.3. Brodovi za prevoženje gasova.....	277
26.1.4.3.4. Brodovi za prevoženje kiselina .....	278
26.1.4.4. Brodovi za prevoz više vrsta tereta.....	278
26.1.4.4.1. Brodovi za prevoz rasutih i tečnih tereta (OO-brodovi).....	278
26.1.4.4.2. Brodovi za prevoz rude, rasutog i tečnog tereta (OBO – brodovi) .....	279
26.1.5. Brodovi za posebne sisteme prevoženja.....	279
26.1.5.1. Laš – sistem prevoženja.....	280
26.1.5.2. Sibi – sistem prevoženja .....	281
26.1.5.3. Bakat – sistem prevoženja .....	282
26.1.5.4. Micu – sistem prevoženja .....	283
26.1.6. Brodovi prenosnici ("trajekti").....	283
26.1.7. Ribarski brodovi.....	284
26.2. Brodovi unutrašnje plovidbe .....	284
26.2.1. Rečni putnički brodovi .....	285
26.2.2. Rečni teretni brodovi.....	287
26.2.2.1. Rečni motorni teretni rodovi (samohodni motorni teretnjaci).....	288
26.2.2.2. Teretnjaci bez sopstvenog pogona (nesamohodni teretnjaci) .....	289
26.2.2.2.1. Tegljeni teretnjaci (tegljenice).....	290
26.2.2.2.2. Potiskivani teretnjaci (potisnice) .....	291
26.2.2.3. Rečni motorni tegljači ( remorkerir).....	292
26.2.2.4. Rečni motorni potiskivači.....	292
26.3. Rečno – morski brodovi .....	293
26.4. Lebdeća plovila .....	293

26.5. Hidrokrilni brodovi.....	294
26.6. Tehnički brodovi .....	295
26.6.1. Bageri.....	295
26.6.2. Ploveće dizalice.....	295
26.6.3. Ploveći elevatori.....	296
26.6.4. Brodovi polagači kablova.....	296
26.6.5. Ploveći maljevi.....	296
26.6.6. Ronilački brodovi.....	297
26.7. Brodovi za posebne svrhe.....	297
26.7.1. Morski tegljači (Remorkeri).....	297
26.7.2. Vatrogasni brodovi.....	297
26.7.3. Brodovi – ledolomci.....	298
26.7.4. Naučno-istraživački brodovi .....	298
26.7.5. Brodovi – svetionici .....	298
27. Crteži privrednih brodova.....	299
<b>PRILOZI.....</b>	<b>319</b>
PRILOG I: Pregled međunarodnog sistema jedinica fizičkih veličina (SI) najčešće primenjivanih u brodarstvu .....	319
Prilog II: Upotrebjene oznake .....	322
Prilog III: Literatura.....	330
<b>BELEŠKA O AUTORIMA.....</b>	<b>337</b>