

UVODNE NAPOMENE

Ova knjiga se može shvatiti kao nastavak Prve knjige „Mehanike fluida“, koja je nazvana „OSNOVE“. Brojevi delova i poglavlja se nastavljaju, pa ova knjiga počinje sa sedmim delom, odnosno Poglavljem 71. U tekstu će se često pozivati na izlaganja iz Prve knjige.

Kako je ova knjiga usmerena ka osnovnim praktičnim zadacima iz Hidraulike, ona nosi naslov „UVOĐENJE U HIDRAULIKU“. Reč „Hidraulika“ je složenica od grčkih reči koje znače „voda“ i „cev“ i pod tim pojmom se kod nas podrazumeva „Primenjena hidromehanika“, upravo znanja koja omogućavaju rešavanje praktičnih zadataka iz tečenja vode. Na to i navodi naslov koji podseća da se pažnja posvećuje vodi u cevi (a može i u kanalu i reci), a to su i prvi zadaci kojima se Hidraulika bavila. (Napominje se da se ponegde u svetu pod pojmom „hidraulika“ podrazumeva ono što mi zovemo „hidrotehnika“.)

Sve do ovoga veka „Hidraulika“ se uglavnom razvijala odvojeno od „Hidromehanike“. Tehnička praksa morala je da rešava zadatke iz tečenja vode u cevima, kanalima i rekama, tu se razvijala „Hidraulika“, sređivanjem iskustvenih saznanja iz kojih su proizlazili obrasci (formule) za računanje (za određivanje potrebnih dimenzija) hidrotehničkih objekata i sistema. „Hidromehanika“ se bavila pretežno onim što se moglo lepo matematički uobličiti, a to se odnosilo na tzv. „idealnu tečnost“ (zanemarenje otpora, gubitaka energije), a to je bilo, na žalost, veoma malo primenjeno u tehničkoj praksi. Jasno je da se praksa nije mirila sa „nemoći“ nekakve „čiste nauke“ i da se oslanjala na iskustva, pa makar, i ne bila objašnjiva „čistom teorijom“, jer se moralo graditi. Tek u novije vreme došlo se do spoja između „Hidromehanike“ i „Hidraulike“, jer se „Hidromehanika“ pomirila sa time da se do rešenja može doći uz primenu hidromehaničkih zakonitosti u koje se unose i empirijski podaci, dok je u „Hidrauliku“ prodrlo shvatanje da se iskustveni podaci ne mogu davati kao gotove činjenice, bez nastojanja za teorijskim obrazloženjem.

Mora se priznati da se do mogućnosti za rešavanje jednostavnih praktičnih zadataka može doći na osnovu jednačina koje se pišu uz prethodno pojednostavljenje uslova (za jednostavne zadatke), bez ulaženja u složene jednačine za opšte uslove. Uostalom, u knjigama sa naslovom „Hidraulika” tako se redovno i postupa. Tako je postupljeno i ovde ako čitalac izostavi pomenute delove koji zahtevaju znanja iz Prve knjige. Naime, treba priznati da je opravdana želja da se što pre oseti praktična korist od onoga što se obično zove „teorija”, i toj želji je ovde i zadovoljeno. Ne može se odbaciti nastavni postupak koji omogućava da se što pre rade jednostavni praktični zadaci, jer taj rad ohrabruje, stiče se utisak da se ne uči uzalud. I nastavni programi su tako često usmereni.

Međutim, takvo shvatanje ne bi smelo da čitaoca potpuno odvraća od delova knjige koje bi mogao izostaviti, da odbaci želju za produbljavanjem teorijskih saznanja. Veoma verovatno i neće, jer će rešavanje samih jednostavnih zadataka pokazati nedovoljnost i ograničenost prethodne teorijske spremne, pa će podsticati da se teorija dopunjava i produbljuje, a na to ga navodi i celina knjige. Ne treba smetnuti sa uma da će se javiti i kritički duh, koji će navesti na razmišljanje o svim ograničenjima, uslovljavanjima i pojednostavljenjima, koja su dovela do zakonitosti namenjenih jednostavnim zadacima, gde se dosta prima „na poverenje” i gde se prihvataju preporuke bez dubljeg obrazloženja.

Opravdana je nada da će korišćenje ove knjige, pogotovo uz korišćenje i Prve knjige, dovesti do poželjnog preklapanja teorije i prakse. To je, naime, opšta pojava, a ovde će se ispoljiti u uvođenju u rešavanje hidrauličkih zadataka. U razmatranjima u svim oblastima koja imaju za krajnji cilj rešavanje praktičnih zadataka prihvatljivo je da prva teorijska saznanja omogućće rešavanje jednostavnih praktičnih zadataka, gde neminovno dolazi do spoznaje o nedovoljnosti teorijskih znanja da bi se rešavali složeniji zadaci, a susretanje sa složenijim zadacima traži još više teorije, da bi se sa njom prešlo na još složenije zadatke. I dokle to tako treba da ide? Sve dok bude želja, potreba i mogućnosti, a i sposobnosti onoga koji se time bavi. Može se reći da ne mora produbljavanje teorijskih znanja biti samo razlog za željom za rešavanje složenijih zadataka, jer posedovanje većeg teorijskog znanja znači pouzdanije rešavanje jednostavnih zadataka, unošenje sigurnosti da se nije prešla granica dokle važe pojednostavljenja uslova za rešavanje takvih zadataka.

Namera je da ova knjiga posluži i prihvatanju navedenih shvatanja.

Ova knjiga treba da uvede čitaoca u „Hidrauliku“, tako barem njen naslov kaže; a to znači da će se razmatrati ona saznanja koja omogućavaju rešavanje jednostavnih praktičnih zadataka, a koja mogu postati i sastavni deo složenijih zadataka. U naslovu je reč „uvode-nje“ sa čime se želelo reći da je to duži proces saznavanja, a da to nije nekakav „Uvod“ koji ukratko daje gotova pravila za rešavanje zadataka. Pošto ova knjiga sledi prethodnu knjigu, koja izlaže teorijske stavove iz „Mehanike fluida“, postavlja se pitanje povezivanja te dve knjige, podsećajući se malo pre rečenog o spoju „Hidromehanike“ i „Hidraulike“. Autor je shvatio da postoje tri mogućnosti:

- Prva mogućnost je zahtev da ovu (Drugu) knjigu koristi samo onaj koji je proučio Prvu knjigu. To bi za autora bilo najlakše, ali bi to možda odbilo mnoge čitaoce, jer je bliska pomisao da se do rešavanja praktičnih zadataka može doći i sa skromnijim obimom teorije.
- Druga mogućnost je da se napiše posebna knjiga (Uvođenje u hidrauliku) bez ikakvog povezivanja na nešto prethodno, i u kojoj bi se u teorijske stavove ulazilo samo onoliko koliko je neophodno da se omogući rešavanje jednostavnih praktičnih zadataka. To bi onda možda dovelo do zabune o nepotrebnosti Prve knjige.
- Treća mogućnost je ona koja je prihvaćena – ona je nekakav kompromis između prve dve i otklanja primedbe koje su uz njih stavljene. Ova knjiga je napisana tako da se bez proučavanja Prve knjige mogu čitati neki njeni delovi, a neki delovi mogu se razumeti samo korišćenjem saznanja stečenih proučavanjem Prve knjige, na koja se izlaganja u ovoj knjizi pozivaju. Ti delovi koji se oslanjaju na Prvu knjigu su ili cela poglavlja, ili celi odeljci u nekim poglavljima, kao i dodaci i primedbe uz neke odeljke. Naslovi tih delova su uokvireni, a to su:

- a) cela Poglavlja 84, 85, 93 do 99 i 103,
- b) celi Odeljci II u Poglavlju 101, V (u 106) i III (u 107),
- c) Dodaci uz Poglavlje 81, uz Odeljak II Poglavlja 102 i uz Odeljak II Poglavlja 104,
- d) Dodatak i Primedba na kraju Poglavlja 92,
- e) Primedbe uz Poglavlja 71, 91, 102, te uz Odeljke III (u 101), II (u 104) i II (u 105) i na kraju Poglavlja 104.

SADRŽAJ

Uvodne napomene	vii
Spisak oznaka	x
Deo sedmi	
Hidrostatika ili mirovanje fluida konstantne gustine, pod uticajem težine	1
71 Osnovni pojmovi i osnovna jednačina hidrostatičke	2
72 Hidrostatičke sile na čvrste granične površine	10
I Horizontalna i vertikalna komponenta hidrostatičke sile	10
II Hidrostatičke sile na ravne površine	16
III Ravanski zadaci	22
IV Sile pritiska gasa na zidove zatvorenog suda	24
Deo osmi	
Osnove za proučavanje ustaljenih tečenja upoređujući stanja u dva poprečna preseka toka	27
81 Pretpostavke i uslovi	28
82 Dinamička jednačina ili jednačina o količini kretanja	41
83 Jednačina mehaničke energije	52
84 Kritički osvrt i dopunska objašnjenja na izlaganja u Poglavlju 82	71
85 Kritički osvrt i dopunska objašnjenja na izlaganja u Poglavlju 83	85
Deo deveti	
Dugački objekti – proučavanje tečenja pod isključivim uticajem trenja, bez lokalnih poremećaja	109
91 Osnove za rešavanje praktičnih zadataka jednolikih struja	110
92 Osnove za proučavanje nejednolikih kontinualnih struja	123
I Opšta razmatranja	123
II Nejednoliko tečenje u otvorenim tokovima	128
93 Laminarne jednolike struje: ravanska (između dve paralelne ploče) i osnosimetrična (u kružnoj cevi)	148

	I	Jednolika laminarna ravanska struja (između dve paralelne ploče)	148
	II	Jednolika laminarna osnosimetrična struja (u kružnoj cevi)	162
	III	Primena dimenzionalne analize na laminarne jednolike struje	165
94		Određivanje rasporeda napona i uvođenje logaritamske zakonitosti za raspored brzina u turbulentnoj ravanskoj ili osnosimetričnoj struji	168
	I	Raspored napona	168
	II	Uvođenje logaritamske zakonitosti za raspored brzina	174
	III	Granični uticaji na raspored brzina: glatki i hrapavi zid	177
	IV	Logaritamske zakonitosti rasporeda brzina u glatkom i u hrapavom provodniku	182
	V	Podela turbulentnog sloja na prizidni i udaljeni deo; posebna zakonitost rasporeda brzina za udaljeni deo	191
95		Dodatna obrazloženja za logaritamsku zakonitost rasporeda brzina	196
	I	Rasporedi brzina koji proizilaze iz pretpostavke o dužini mešanja	196
	II	Primena dimenzionalne analize na raspored brzina	203
	III	Završna razmatranja o logaritamskoj zakonitosti rasporeda brzina	206
96		Logaritamske zakonitosti za otpore trenja u cevima	210
	I	Posebni obrasci za otpore trenja u glatkoj i u hrapavoj cevi	210
	II	Primena dimenzionalne analize na otpore trenja u cevi; eksperimentalni rezultati sa jednolikom peščanom hrapavosti	215
	III	Otpori trenja u cevima u praktičnoj upotrebi	221
	IV	Uticaj otpora trenja na raspored brzina	228
97		Eksponencijalne zakonitosti za raspored brzina i za otpor trenja	231
	I	Raspored brzina	231
	II	Otpori trenja	236
98		Energetske promene u jednolikoj struji	244
	I	Energetske promene u zapremini između dva poprečna preseka struje, posmatranoj kao celina	244
	II	Raspored „rada napona” turbulencije po poprečnom preseku struje	247
	III	Izmena energije u fluktuacijama po poprečnom preseku struje	251
	IV	Raspored po poprečnom preseku struje veličina koje ukazuju na razvijenost turbulencije	258

99	Glavna pitanja pri određivanju otpora trenja u hidrotehničkoj praksi, sa posebnim osvrtom na uticaj hrapavosti	266
I	Tri glavna pitanja pri određivanju otpora trenja u hidrotehničkoj praksi	266
II	Pregled iskustvenih formula za određivanje otpora trenja	274

Deo deseti

Kratki objekti – lokalne promene u strujanju		301
101	O lokalnim gubicima energije u cevima – opšta razmatranja	303
I	Izražavanje gubitka energije u lokalnom poremećaju struje u cevi; uključivanje toga gubitka u energetski obračun struje	303
II	Primena dimenzionalne analize na određivanje lokalnog gubitka u cevi	311
III	Osvrt na promene pritisaka i brzina u području lokalnog poremećaja	317
IV	Određivanje sile kojom čvrsta granica deluje na fluid u području lokalnog poremećaja struje	321
102	Lokalni gubici u cevima pri promeni preseka, pri promeni pravca tečenja, na spajanju i razdvajanju cevi i na zatvaračima	333
I	Promena poprečnog preseka cevi	333
II	Promena pravca strujanja u cevi – krivina, koleno	356
III	Spajanje i razdvajanje cevi	362
IV	Zatvarači	370
V	Učešće lokalnih gubitaka u ukupnim gubicima u cevima – odnos lokalnih gubitaka i gubitaka usled trenja	374
103	Određivanje proticaja merenjem jedne piježometarske razlike	379
I	Dijafragma	379
II	Venturijev vodomer	393
III	Kratak osvrt na različite mogućnosti određivanja proticaja merenjem jedne piježometarske razlike	404
104	Prelaz iz mirnog u burno tečenje – hidraulički skok	407
I	Opšta razmatranja	407
II	Hidraulički skok u kanalu pravougaonog preseka	420
III	Primena hidrauličkog skoka u praktičnim zadacima	427
105	Lokalne pojave u tečenju izazvane promenom poprečnog preseka kanala	439
I	Lokalni gubici energije u otvorenim tokovima – opšta razmatranja	439
II	Spajanje tokova pri lokalnim povećanjima, ili smanjivanjima poprečnog preseka kanala	443

99	Glavna pitanja pri određivanju otpora trenja u hidrotehničkoj praksi, sa posebnim osvrtom na uticaj hrapavosti	266
	I Tri glavna pitanja pri određivanju otpora trenja u hidrotehničkoj praksi	266
	II Pregled iskustvenih formula za određivanje otpora trenja	274

Deo deseti

	Kratki objekti – lokalne promene u strujanju	301
101	O lokalnim gubicima energije u cevima – opšta razmatranja	303
	I Izražavanje gubitka energije u lokalnom poremećaju struje u cevi; uključivanje toga gubitka u energetski obračun struje	303
	II Primena dimenzionalne analize na određivanje lokalnog gubitka u cevi	311
	III Osvrt na promene pritisa i brzina u području lokalnog poremećaja	317
	IV Određivanje sile kojom čvrsta granica deluje na fluid u području lokalnog poremećaja struje	321
102	Lokalni gubici u cevima pri promeni preseka, pri promeni pravca tečenja, na spajanju i razdvajanju cevi i na zatvaračima	333
	I Promena poprečnog preseka cevi	333
	II Promena pravca strujanja u cevi – krivina, koleno	356
	III Spajanje i razdvajanje cevi	362
	IV Zatvarači	370
	V Učšće lokalnih gubitaka u ukupnim gubicima u cevima – odnos lokalnih gubitaka i gubitaka usled trenja	374
103	Određivanje proticaja merenjem jedne pizometarske razlike	379
	I Dijafragma	379
	II Venturijev vodomer	393
	III Kratak osvrt na različite mogućnosti određivanja proticaja merenjem jedne pizometarske razlike	404
104	Prelaz iz mirnog u burno tečenje – hidraulički skok	407
	I Opšta razmatranja	407
	II Hidraulički skok u kanalu pravougaonog preseka	420
	III Primena hidrauličkog skoka u praktičnim zadacima	427
105	Lokalne pojave u tečenju izazvane promenom poprečnog preseka kanala	439
	I Lokalni gubici energije u otvorenim tokovima – opšta razmatranja	439
	II Spajanje tokova pri lokalnim povećanjima, ili smanjivanjima poprečnog preseka kanala	443

III	Uspostavljanje minimuma energije pri tečenju preko širokog praga	466
IV	Suženja, pragovi i prepreke u otvorenim tokovima	472
V	Kratak osvrt na lokalne promene u krivini i na spajanju kanala	485
VI	Suženje namenjeno određivanju proticaja merenjem dubine ispred suženja	487
106	Prelivanje	495
I	Ravansko nepotopljeno prelivanje preko širokog praga, tankozidnog oštroičnog preliva i prelivne brane	495
II	Potopljeno ravansko prelivanje	513
III	Sužavanje prelivnog mlaza	517
IV	Trougaoni preliv	522
V	Primena dimenzionalne analize	526
107	Isticanje	536
I	Isticanje iz suda	536
II	Isticanje ispod ustave	546
III	Primena dimenzionalne analize	556
108	Izmena energije između fluida i čvrste pokretne granice – hidrauličke mašine	560
	Literatura	563
	Prilozi	564
1	Vrednosti Manningovog koeficijenta hrapavosti	564
2	Pregled rasporeda brzina i koeficijenata trenja	566
3	Vrednosti veličina koje određuju fizičke karakteristike vode	568