

v.prof. Dr Živoslav Adamović
REOLOGIJA - mehanika viskoznih fluida

Beograd
1994.

v.prof. dr Živoslav Adamović
REOLOGIJA - mehanika viskoznih fluida

Recenzenti:

Prof. dr Dragan Golubović
Prof. dr Miroslav Demić

Stručni saradnik:

mr Miroљjub Jevtić

Izdavači:

Tehnički fakultet „M. Pupin“ Zrenjanin
Institut za metalurgiju Smederevo

Tehnički urednik:

Branka Stojanović

Obrada teksta na računaru:

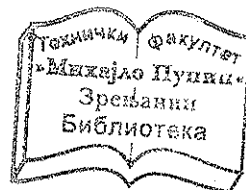
dipl. ing. Zoran Radosavljević

Tiraž: 300 primeraka

ИНВ. бр.: 00000002802

Štampa:

MST Gajić, Narodnog fronta 31, Beograd



v.prof. dr Živoslav Adamović

REOLOGIJA

- mehanika viskoznih fluida -

Beograd
1994.

SADRŽAJ

PREDGOVOR.....	7
1.0 ZNAČAJ REOLOGIJE.....	9
1.1 Uvod.....	9
1.2 Značaj reologije.....	12
2.0 SKALARNE, VEKTORSKE I TENZORSKE VELIČINE.....	14
2.1 Obeležavanje veličina.....	14
2.2 Tenzori u reologiji.....	19
3.0 REOLOŠKI MODELI I JEDNAČINE.....	26
3.1 Struktura materije i kontinuuma.....	26
3.2 Elementarni mehanički modeli materije.....	27
3.3 Reološki modeli.....	27
3.4 Reološke jednačine materija.....	31
4.0 SILE I NAPONI U KONTINUUMU.....	36
4.1 Fluid kao neprekidna materijalna sredina.....	36
4.2 Reologijska svojstva fluida.....	41
4.3 Reologijski stacionarni i nestacionarni sistemi.....	44
4.4 Sile u fluidu.....	47
5.0 TENZOR NAPONA I DEFORMACIJA.....	52
5.1 Tenzor napona.....	52
5.2 Deformacija.....	55
6.0 JEDNAČINE KRETANJA.....	59
6.1 Veze između devijatorskog dela napona i deformacija za viskozni fluid.....	59
6.2 Jednačina količine kretanja.....	63
6.3 Jednačina kontinuiteta.....	65
6.4 Jednačina stanja.....	68
6.5 Ojlerov problem o kretanju fluida.....	68
6.6 Ojlerove osnovne jednačine.....	73
7.0 KONSTITUTIVNE JEDNAČINE.....	76
7.1 Navije - Stoksove jednačine.....	76
7.2 Tenzor viskoznosti i vrtložnosti.....	78

7.3	Linearne konstitutivne jednačine za nestišljive materijale	81
7.4	Jednačina balansa energije.....	82
8.0	STRUJANJE FLUIDA	85
8.1	Vrtložna strujanja	85
8.2	Osnovne jednačine za strujanje u cevima	88
8.3	Lokalni otpori u cevovodima	91
8.4	Isticanje njutnovskih fluida	114
8.5	Difuzija viskoznoelastičnih fluida	117
8.6	Model isticanja nenjutnovskog fluida sa različitim reološkim osobinama	121
8.7	Hidromehanički modeli kretanja fluida u cevima	126
8.8	Relativno strujanje u hidraulici.....	129
8.9	Strujanje tečnosti kroz procepe.....	133
8.10	Strujanje tečnosti kroz otvore i naglavke	143
8.11	Strujanje kroz cev.....	149
8.12	Jednačine kinematičkih tenzora za viskozimetrijska strujanja ...	153
8.13	Strujanje u reometrijskom sistemu	158
9.0	REOLOGIJSKE JEDNAČINE STANJA ZA ČISTO VISKOZNI NENJUTNOVSKI FLUID	163
9.1	Viskoznost realnih fluida.....	163
9.2	Fluid Reinera-Rivlina.....	166
9.3	Osnovne postavke plastičnog hidrauličnog efekta	169
10.0	VALJANJE I EKSTRUDIRANJE.....	175
10.1	Plastičnost	175
10.2	Viskoelastičnost	180
10.3	Nelinearna elastičnost i termoplastičnost.....	181
10.4	Beltrami - Mičelove jednačine	183
10.5	Valjanje	185
10.6	Osnovi ekstrudiranja.....	194
	PROJEKTI ZADACI.....	199
	Projektni zadaci iz reologije (A).....	201
	Projektni zadaci iz reologije (B)	205
	REŠENI PRIMERI.....	207
	OBAVEZE STUDENATA.....	223
	LITERATURA.....	227

PREDGOVOR

Knjiga REOLOGIJA - mehanika viskoznih fluida je prvenstveno namenjena studentima Tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin” u Zrenjaninu, ali i studentima ostalih tehničkih i prirodno-matematičkih fakulteta pri savladavanju materije obuhvaćene ovim udžbenikom. Ona predstavlja delove predavanja koje je autor držao na Tehničkom fakultetu u Zrenjaninu, počev od 1990. godine.

Autor je pokušao da objasni rešavanje problema dinamike fluida sa naglaskom na strujanje sa dominantnim viskoznom efektom i nenjutnovskim karakterom. Zbog toga će knjiga korisno poslužiti i inženjerima tehničkog smera za rešavanje problema u oblasti hidromehanike, hidraulike i mehanike kontinuuma.

U knjizi su obrađeni problemi: 1) veze između napona i deformacije; 2) konstitutivne jednačine za viskozne fluide; 3) strujanje viskoznih fluida; 4) reologijske jednačine stanja za čisto viskozno nenjutnovski fluid i dr. Ona ne predstavlja neki osnovni kurs mehanike fluida, samostalnu celinu. Zahteva od čitaoca izvesna prethodna znanja iz tenzorskog računa, mehanike kontinuuma i mehanike fluida.

Autor će biti zahvalan svim čitaocima koji će se kritički osvrnuti na tretirane probleme, sa željom da knjiga nađe širi krug čitalaca.

Zrenjanin
avgust 1994. godine

v.prof. Dr Živoslav Adamović

LITERATURA

1. Anđelić, T., Tenzorski račun, Naučna knjiga, Beograd, 1967.
2. Ašković, A., Osnovi hidraulike i pneumatike, Mašinski fakultet, Beograd, 1982.
3. Ašković, R., i dr., Hidraulika, OMO, Beograd, 1985.
4. Adamović, Ž., Osnovi tehničke mehanike II-dinamika, Tehnički fakultet „M. Pupin”, Zrenjanin, 1992.
5. Adamović, Ž., Cvetković, S., Reološki procesi u hidrauličnim sistemima hladne valjaonice, I savetovanje metalurga Jugoslavije, Smederevo, 1994.
6. Adamović, Ž., Tehnička dijagnostika u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1991.
7. Astarita, G., Maruči, G., Osnovi gidromehaniki nenjutovskih židkosti, „Mir”, Moskva, 1978.
8. Bašta, T., Mašinska hidraulika, Mašinski fakultet, Beograd, 1982.
9. Voronjec, K., Obradović, Mehanika fluida, Građevinska knjiga, Beograd, 1965.
10. Vučinić, A., Hidromehanika, Viša pomorska škola, Rijeka, 1973.
11. Esman, B., Termogidravlika, Nedra, Moskva, 1982.
12. Hajdin, G., i dr., Zadaci iz mehanike fluida, Naučna knjiga, Beograd, 1965.
13. Đorđević, V., Dinamika jednodimenzijskih strujanja fluida, Građevinska knjiga, Beograd, 1980.
14. Živanović, N., Stefanov, Lj., Hidraulika sa hidrauličnim mašinama, Zavod za izdavanje udžbenika, Beograd, 1971.
15. Plavšić, M., Mehanika fluida, Naučna knjiga, Beograd, 1988.
16. Ivković, M., Radojičić, T., Reologija i opšta teorija loma betona, Naučna knjiga, Beograd, 1987.

17. Jarić, J., *Mehanika kontinuuma*, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
18. Krsmanović, Lj., i dr., *Zbirka zadataka iz Mehanike fluida*, Naučna knjiga, Beograd, 1971.
19. Kolmogorov, V., i dr., *Gidrodinamičeskaja podača smazki*, Metalurgija, Moskva, 1975.
20. Mićunović, M., *Primenjena mehanika kontinuuma*, Naučna knjiga, Beograd, 1990.
21. Pečornik, M., *Mehanika fluida*, Strojarski fakultet, Zagreb, 1972.
22. Raus, N., *Tehnička hidraulika*, Građevinska knjiga, Beograd, 1969.
23. Faizulaev, D., Mukuk K., *Posledovatelnie dviženie židkosti*, Fan, Taškent, 1976.
24. Ward-Smith, A. J., *Internal Fluid Flow*, Clarendon Press, Oxford, 1980.