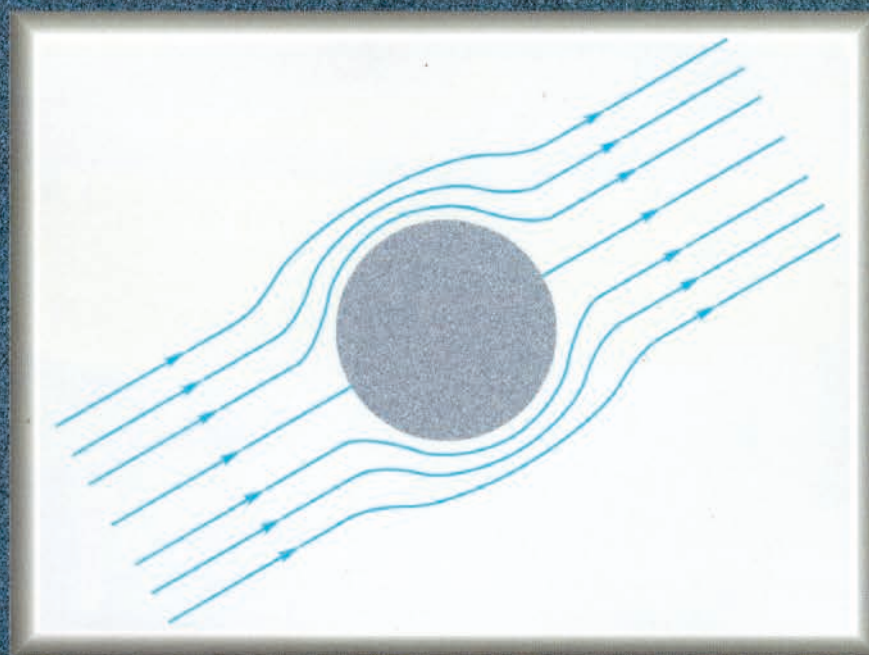


Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu

Dragoljub Živković

HIDROMEHANIKA
MEŠAVINA



Niš, 2003.

MAŠINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U NIŠU

DRAGOLJUB ŽIVKOVIĆ

HIDROMEHANIKA
MEŠAVINA

Niš, 2003.

HIDROMEHANIKA MEŠAVINA

(prvo izdanje)

AUTOR

Dr Dragoljub Živković, vanredni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu

RECENZENTI

Dr Zoran Boričić, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu

Dr Slobodan Laković, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu

IZDAVAČ

Mašinski fakultet u Nišu

ZA IZDAVAČA

Dr Zoran Boričić, redovni profesor, dekan Mašinskog fakulteta u Nišu

ŠTAMPA

“GRAFOCOLOR”, Lebane

TIRAŽ

100 primeraka

ISBN 86 – 80587 – 36 – 2

Na osnovu člana 204. Statuta Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu, Nastavno–naučno veće, na sednici održanoj 30.05.2003.god., donelo je Odluku br. 612-314-13/2003, kojom se usvaja izveštaj recenzenata i prihvata za štampu knjiga “**HIDROMEHANIKA MEŠAVINA**”, autora dr Dragoljuba Živkovića, vanrednog profesora Mašinskog fakulteta u Nišu, kao udžbenika za studente mašinstva.

SADRŽAJ

PREDGOVOR.....	1
OZNAKE.....	7
1 FIZIČKA SVOJSTVA MEŠAVINE TIPA FLUID-ČVRSTE ČESTICE	11
1.1 KRUPNOĆA I OBLIK ČESTICA I HRAPAVOST NJIHOVE POVRŠINE.....	11
1.1.1 ODREĐIVANJE SREDNJEG EKVIVALENTNOG PREČNIKA ČESTICA	12
1.1.2 FAKTOR OBLIKA.....	13
1.2 POROZNOST I GUSTINA SIPKAVIH MATERIJALA	14
1.3 PROTOCI I KONCENTRACIJA MATERIJALA U STRUJI FLUIDA.....	15
1.4 GUSTINA MEŠAVINE FLUID-ČVRSTE ČESTICE	17
1.5 BRZINA TALOŽENJA ČESTICA	18
1.5.1 STVARNA ČESTICA	21
1.5.2 PRIMENA VELIČINE: "BRZINA TALOŽENJA ČESTICA"	23
2 FLUIDIZACIJA SIPKAVIH MATERIJALA	25
2.1 FIZIČKI PRIKAZ FLUIDIZACIJE	25
2.2 PAD PRITISKA ZA VREME FLUIDIZACIJE	28
2.3 ODREĐIVANJE PRVE KRITIČNE BRZINE FLUIDIZACIJE.....	30
2.4 ODREĐIVANJE DRUGE KRITIČNE BRZINE FLUIDIZACIJE.....	32
2.5 PRIMERI PRORAČUNA PARAMETARA FLUIDIZACIJE SIPKAVIH MATERIJALA	33
3 PNEUMATSKI TRANSPORT	39
3.1 OBLAST PRIMENE PNEUMATSKOG TRANSPORTA	39
3.2 PREDNOSTI I MANE PNEUMATSKOG TRANSPORTA	40
3.3 SISTEMI PNEUMATSKOG TRANSPORTA.....	41
3.4 HORIZONTALNI PNEUMATSKI TRANSPORT NA OSNOVU FLUIDIZACIJE	42
3.5 PRIMERI PRORAČUNA HORIZONTALNOG PNEUMATSKOG TRANSPORTA NA OSNOVU FLUIDIZACIJE.....	45
3.6 VERTIKALNI PNEUMATSKI TRANSPORT NA OSNOVU FLUIDIZACIJE (FLUID - LIFT).....	48
3.6.1 ODREĐIVANJE PADA PRITISKA PRI NESTIŠLJIVOM STRUJANJU	48
3.6.2 ODREĐIVANJE PADA PRITISKA PRI STIŠLJIVOM STRUJANJU.....	53
3.7 PRIMERI PRORAČUNA VERTIKALNOG PNEUMATSKOG TRANSPORTA NA OSNOVU FLUIDIZACIJE	55
3.8 LETEĆI PNEUMATSKI TRANSPORT (ER-LIFT)	63
3.8.1 PRORAČUN LETEĆEG PNEUMATSKOG TRANSPORTA PRI NESTIŠLJIVOM STRUJANJU.....	65
3.8.2 PRORAČUN LETEĆEG PNEUMATSKOG TRANSPORTA PRI STIŠLJIVOM STRUJANJU.....	68
3.8.3 GRANIČNA KONCENTRACIJA KOD LETEĆEG PNEUMATSKOG TRANSPORTA	70
3.9 PRIMERI PRORAČUNA LETEĆEG PNEUMATSKOG TRANSPORTA	71

4 UREĐAJI PNEUMATSKOG TRANSPORTA	87
4.2 USISNICI	87
4.1 DOZATORI	88
4.2.1 SEKTORSKI DOZATORI	89
4.2.2 PUŽASTI DOZATORI	89
4.2.3 KOMORNI DOZATORI	90
4.3 CIKLONI	91
4.4 FILTERI	95
4.4.1 PREČISTAČI SA FILTERSKOM PREGRADOM	96
4.4.2 REGENERACIJA ELASTIČNIH I KRUTIH FILTERSKIH PREGRADA	97
4.4.3 PREČISTAČI SA ELASTIČNIM FILTERSKIM PREGRADAMA	98
4.4.4 VREČASTI FILTER SA PNEUMATSKIM ČIŠĆENJEM	99
5 HIDRAULIČNI TRANSPORT	101
5.1 PREGLED IZGRADENIH CEVOVODA ZA HIDRAULIČNI TRANSPORT	101
5.2 KLASIFIKACIJA HIDRAULIČNOG TRANSPORTA	102
5.3 STRUJANJE HOMOGENE MEŠAVINE	105
5.3.1 STRUJANJE SUSPENZIJE	105
5.3.2 TRANSPORT SUSPENZIJAMA	109
5.4 STRUJANJE NEHOMOGENE MEŠAVINE	109
5.4.1 PAD PRITISKA USLED TRENJA NEHOMOGENE MEŠAVINE U HORIZONTALNOM CEVOVODU	109
5.4.2 METODA DIRAN - KONDOLIOA	111
5.4.3 PRIMERI PRORAČUNA HIDRAULIČNOG TRANSPORTA PO METODI DIRAN-KONDOLIOA	114
5.4.4 METODA GORJUNOVA	119
5.4.5 OSTALE METODE ZA PRORAČUN HIDRAULIČNOG TRANSPORTA U HORIZONTALNOM CEVOVODU	121
5.4.6 UPOREDNA ANALIZA NEKIH METODA ZA PRORAČUN HIDRAULIČNOG TRANSPORTA U HORIZONTALNOM CEVOVODU	123
5.4.7 PRIMERI PRORAČUNA HIDRAULIČNOG TRANSPORTA PO METODI GORJUNOVA	124
5.4.8 PAD PRITISKA USLED TRENJA NEHOMOGENE MEŠAVINE U VERTIKALNOM CEVOVODU - METODA "WORSTER-A"	130
5.4.9 PAD PRITISKA NEHOMOGENE MEŠAVINE ZA VREME TRANSPORTA KOSIM CEVOVODOM	132
5.4.10 PRIMERI PRORAČUNA VERTIKALNOG HIDRAULIČNOG TRANSPORTA PO METODI WORSTERA	133
6 UREĐAJI HIDRAULIČNOG TRANSPORTA	139
6.1 PUMPE ZA MEŠAVINU	139
6.2 PNEUMOHIDRAULIČNI LIFT	142
6.2.1 PRORAČUN PH - LIFTA	143
6.2.2 KONSTRUKCIJA PH - LIFTA	145
6.3 PRIMERI PRORAČUNA PH - LIFTA	146
6.4 EJEKTORI	150
6.4.1 ODREĐIVANJE POGONSKIH PARAMETARA EJEKTORA	152
6.4.3 ODREĐIVANJE OPTIMALNIH STRUJNIH I GEOMETRIJSKIH PARAMETARA EJEKTORA	155
6.5 PRIMERI PRORAČUNA EJEKTORA	158
7 DVOFAZNA STRUJANJA TIPA TEČNOST-GAS, ODNOSNO TEČNOST-PARA	163
7.1 OBLICI ILI MODELI DVOFAZNOG STRUJANJA TIPA TEČNOST-GAS, ODNOSNO TEČNOST-PARA	163
7.2 PREDSKAZIVANJE MODELA STRUJANJA KOD ADJABATSKIH SISTEMA	167

7.3 METODE ISTRAŽIVANJA	169
7.3.1 HOMOGENI MODEL DVOFAZNOG STRUJANJA	170
7.3.2 KLIZNI MODEL LOCHART - MARTINELIA.....	172
7.4 PROSTIRANJE SLABIH POREMEĆAJA U DVOFAZNIM SREDINAMA.....	175
7.4.1 RELAKSACIONE OSOBINE VLAŽNE PARE.....	176
7.4.2 BRZINA ZVUKA U VLAŽNOJ PARI.....	178
8 ISPITNI ZADACI.....	179
9 LITERATURA	197
10 PRILOG.....	199

PREDGOVOR

Knjiga, **HIDROMEĦANIKA MEŠAVINA**, namenjena je pre svega studentima mašinskih fakulteta koji izučavaju višefazna strujanja koja se javljaju pri hidrauličnom i pneumatskom transportu čvrstih materijala cevima ili pak pri adijabatskim strujanjima tipa tečnost-gas ili tečnost-para. Ovakve vrste višefaznih strujanja prisutne su u različitim granama termoenergetike, termo i procesne tehnike.

Udžbenik je napisan prema programu predmeta Hidromehanika mešavina, koji se na Mašinskom fakultetu u Nišu predaje studentima na smeru za procesnu tehniku. On može korisno poslužiti i studentima na smeru za hidroenergetiku za savlađivanje gradiva iz predmeta Transport cevima, kao i studentima na smeru za termoenergetiku i termotehniku radi upotpunjavanja njihovih znanja iz oblasti strujanja u energetskim procesima. Knjiga može biti od koristi i diplomiranim mašinskim inženjerima koji se u svojoj praksi susreću sa problemima hidromehanike mešavina. Pored teorijskog dela, knjiga sadrži i veliki broj primera rešenih problema iz različitih vrsta transporta čvrstih materijala cevima, kao i više rešenih ispitnih zadataka.

Autor duhuje zahvalnost recenzentima ove knjige dr Zoranu Boričiću i dr Slobodanu Lakoviću, redovnim profesorima Mašinskog fakulteta u Nišu, koji su rukopis knjige veoma pažljivo pročitali i dali korisne primedbe.

Autor će biti zahvalan svima onima koji budu uputili svoje primedbe i sugestije u cilju poboljšanja ovog udžbenika i one će kod sledećeg izdanja biti uzete u obzir.

U Nišu,
maj 2003.

Autor



Dr Dragoljub Živković, redovni profesor Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu, rođen je 26.03.1955. godine u Leskovcu. Osnovnu školu i gimnaziju na prirodno-matematičkom smeru završio je u Leskovcu sa odličnim uspehom. Oba puta je nagrađen diplomama „Vuk Stefanović-Karadžić“.

Na Mašinskom fakultetu u Beogradu, na smeru za temoenergetiku, diplomirao je 15.02.1980.godine odbranom diplomskog rada pod nazivom „Automatsko puštanje u rad parnog turbopostrojenja“. Magistarski rad pod nazivom „Dinamičko ponašanje parne turbine pri dejstvu zaštitnih uređaja“ odbranio je 1985. godine. Doktorsku disertaciju pod nazivom „Izučavanje dinamičkog ponašanja parnih turbina pri nestacionarnim režimima rada“ odbranio je 1993. godine. U okviru izrade doktorske disertacije boravio je školske 1985/

86. godine šest meseci na Mašinskom fakultetu Tehničkog Univerziteta u Pragu radi specijalizacije iz oblasti analize nestacionarnih procesa i višefaznih strujanja u termoenergetskim postrojenjima.

Dr Dragoljub Živković je na Mašinskom fakultetu u Nišu izabran za docenta 1993. godine, vanrednog profesora 1998. godine i redovnog profesora 2003. godine. Držao je nastavu iz većeg broja predmeta na osnovnim, master i doktorskim studijama iz oblasti termoenergetike, termotehnike i procesne tehnike. Bio je mentor većeg broja diplomskih i master radova, kao i tri magistrature i četiri doktorata. Dva urađena doktorata su 2019. i 2021. godine proglašeni za najbolje urađene doktorske disertacije u Srbiji iz oblasti mašinskog inženjerstva.

Profesor dr Dragoljub Živković je objavio 9 univerzitetskih udžbenika i zbirki zadataka, preko 200 radova u domaćim i međunarodnim časopisima, kao i na domaćim i međunarodnim naučnim konferencijama. Učestvovao je u realizaciji većeg broja nacionalnih i međunarodnih naučnih i inovacionih projekata.

Za izuzetan doprinos razvoju Mašinskog fakulteta i Univerziteta u Nišu nagrađen je Poveljom Mašinskog fakulteta 2021. godine i Srebrnim znakom Univerziteta u Nišu 2018. godine.