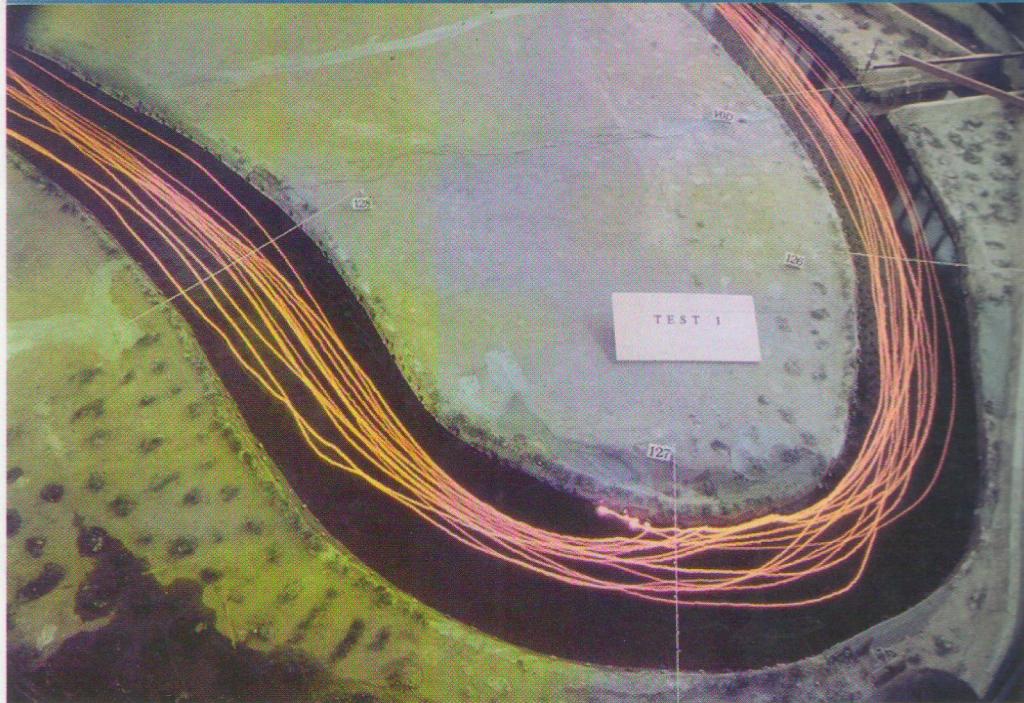


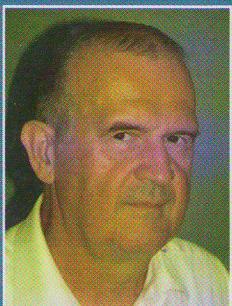
Радомир Капор

ХИДРАУЛИКА

треће изменјено и допуњено издање



Универзитет у Београду – Грађевински факултет
Академска мисао



Др Радомир Капор је дипломирао, магистрирао и докторирао на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, на Одсеку за хидротехнику. Усавршавао се у Лабораторији за речну хидраулику Грађевинског факултета Универзитета у Кјоту, у Јапану. Више од две деценије провео је у Хидрауличкој лабораторији Института за водопривреду „Јарослав Черни“ у Београду, бавећи се решавањем хидротехничких проблема помоћу хидрауличких и нумеричких модела, као и мерењима у лабораторији и на терену. Од 2001. године запослен је на Грађевинском факултету у Београду. На основним академским студијама предаје предмет Хидраулика 1, а на дипломским академским (мастер) студијама и докторским студијама предмет Нумеричке методе у хидротехници. Аутор је више од сто научних радова, студија и пројекта из области хидротехнике.



Преливање преко хидрауличког модела лавиринт прелива



Радомир Капор
ХИДРАУЛИКА
треће измењено и допуњено издање

Рецензенти
Др Марко Иветић, ред. проф.
Др Миодраг Јовановић, ред. проф.

Одобрено за штампу одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду, 16.09.2015. године.

Издавачи
Универзитет у Београду – Грађевински факултет
Академска мисао, Београд

Прелом текста
Радомир Капор

Цртежи
Радомир Капор и Будо Зиндовић

Фотографије
Радомир Капор и Миљан Ђурић

Дизајн корица
Јасна Плавшић

Штампа
Дедрапласт

Тираж
300 примерака

ISBN 978-86-7466-573-2

© Аутор, Универзитет у Београду – Грађевински факултет и Академска мисао, Београд, 2015. Прештампавање и фотокопирање или поновно објављивање ове књиге, у целини или у деловима, није дозвољено. Сва права задржавају аутор и издавачи.

Садржај

1 Основе	1
1.1 Основни хидраулички појмови	1
1.1.1 Маса, густина, стишљив и нестишљив флуид	1
1.1.9 Основна једначина хидростатике	2
1.1.10 Мерење притиска	5
1.1.11 Сила притиска течности на равне површине	7
1.1.2 Брзина	9
1.1.3 Трајекторија	10
1.1.4 Материјални извод	11
1.1.5 Убрзање	11
1.1.6 Количина кретања	12
1.1.7 Струјница	12
1.1.8 Емисиона линија	14
1.1.12 Проток	15
1.1.13 Осредњавање брзине по времену и средња брзина у попречном пресеку .	16
1.2 Основни закони одржања	19
1.2.1 Закон одржања масе – једначина континуитета	19
1.2.2 Динамичка једначина за елементарну масу	22
1.2.3 Динамичка једначина за коначну масу .	23
2 Струјање у цевима	27
2.1 Једначина одржања енергије – Бернулијева једначина	27
2.2 Трење при једноликом струјању	36
2.3 Одређивање отпора трења у цевима	41
2.3.1 Димензионална анализа отпора трења у цевима	41

2.3.2	Експериментална испитивања отпора трења у цевима	43
2.3.3	Промена храпавости током времена	52
2.3.4	Веза Манинговог коефицијента храпавости n и апсолутне храпавости k	53
2.4	Локални губици	54
2.4.1	Губитак енергије на наглом проширењу – Бордина теорема	57
2.4.2	Губитак енергије на наглом сужењу цеви	63
2.4.3	Губитак енергије на улазу у цев	65
2.4.4	Губитак енергије на кружној кривини . .	67
2.4.5	Губитак енергије на затварачу	69
2.5	Хидрауличке машине	70
2.5.1	Турбина	71
2.5.2	Пумпа	73
2.5.3	Ојлерова једначина за хидрауличке машине	75
2.5.4	Аксијалне и центрифугалне пумпе	78
2.5.5	Карактеристике цевовода и одређивање радне тачке пумпе	82
2.5.6	Карактеристике комбинованих пумпи . .	84
2.6	Кавитација	86
3	Струјање са слободном површином	93
3.1	Основни појмови	93
3.1.1	Једначина одржања енергије у струјању са слободном површином – Бернулијева једначина	96
3.2	Једнолико струјање	98
3.3	Специфична енергија пресека и критична дубина	103
3.3.1	Бурно и мирно струјање	108
3.4	Благо променљиво неједнолико струјање	111
3.4.1	Једначина за благо променљиво неједнолико струјање у каналу	113

3.4.2	Анализа решења диференцијалне једначине за благо променљиво неједнолико струјање у каналу	116
3.4.3	Промена режима струјања дуж канала	121
3.4.4	Једначина благо променљивог неједноликог струјања у природном водотоку	125
3.4.5	Хидраулички скок	129
3.4.6	Линије нивоа на споју канала и непокретне воде	139
3.4.7	Линија нивоа воде у каналу узводно од каскаде	146
3.5	Нагло променљиво неједнолико струјање	148
3.5.1	Истицање испод уставе у каналу	148
3.5.2	Преливање преко широког прага	153
3.5.3	Мостовско сужење	159
3.5.4	Сужење у каналу намењено мерењу протока	168
3.5.5	Преливање преко оштроивичног прелива	172
3.5.6	Преливи за мерење протока	174
3.5.7	Прелив практичног профиле	182
3.5.8	Прелив са слапиштем	184
3.5.9	Кружни прелив	194
3.5.10	Бочни прелив	206
3.5.11	Прелив са ски одском	220
3.5.12	Прелив са степенастим брзотоком	225
3.5.13	Сифонски прелив	232
3.5.14	Хидраулички модели објеката за евакуацију великих вода	237
4	Струјање у порозној средини	243
4.1	Основни појмови	243
4.2	Дарсијев закон филтрације	247
4.2.1	Експериментално утврђивање вредности коефицијента филтрације	247
4.2.2	Основне једначине	249

4.2.3	Физичко тумачење Дарсијевог коефицијента K	251
4.2.4	Уопштавање Дарсијевог закона и границе његове важности	253
4.3	Примена Дарсијевог закона филтрације на једнодимензионална струјања	255
4.3.1	Струјање под притиском	255
4.3.2	Струјање са слободном површином воде	263
4.4	Потенцијално струјање	270
4.4.1	Физичко тумачење услова потенцијалног струјања	271
4.4.2	Струјна функција ψ	275
4.4.3	Потенцијал брзине ϕ	278
4.4.4	Везе између струјне функције и потенцијала брзине	279
4.4.5	Физичко тумачење функција ϕ и ψ	281
4.4.6	Слагање потенцијалних струјања	284
4.4.7	Комплексни потенцијал и комплексна брзина	286
4.4.8	Комплексни потенцијал основних струјања	288
4.4.9	Комплексни потенцијал збирних струјања	297
4.5	Филтрација кроз насуту брану	327
4.5.1	Основни појмови	327
4.5.2	Мере за смањење штетних последица филтрације кроз насуту брану	328
4.5.3	Раванско струјање са слободном површином према дрену	329
4.5.4	Раванско струјање у насутој брани са хоризонталним дреном	334
4.5.5	Раванско струјање у насутој брани са слабопропусним језгром	336
4.6	Суфозија и флуидизација	337
Литература		343
Индекс		347