

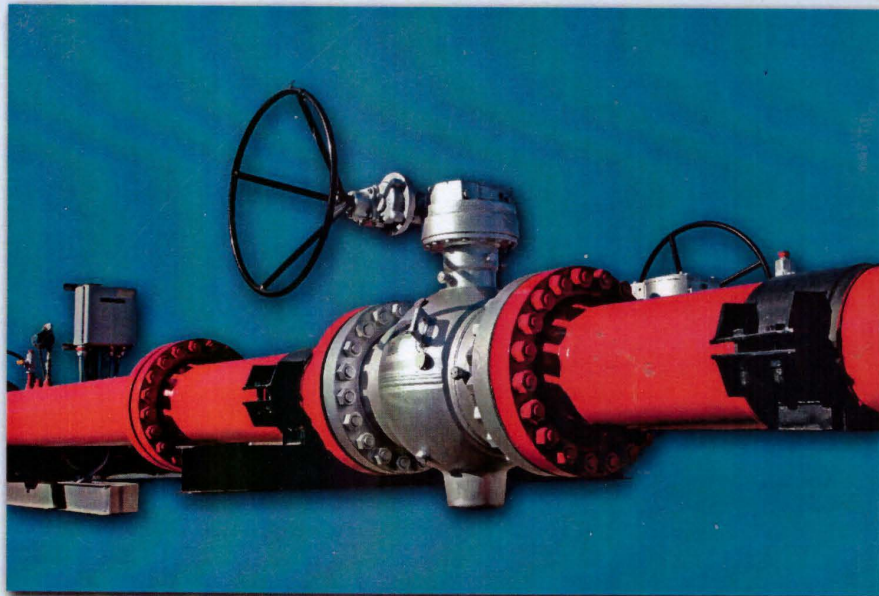


UNIVERZITET U NIŠU  
MAŠINSKI FAKULTET U NIŠU



Dragoljub Živković

# CEVNI VODOVI



Niš, 2018

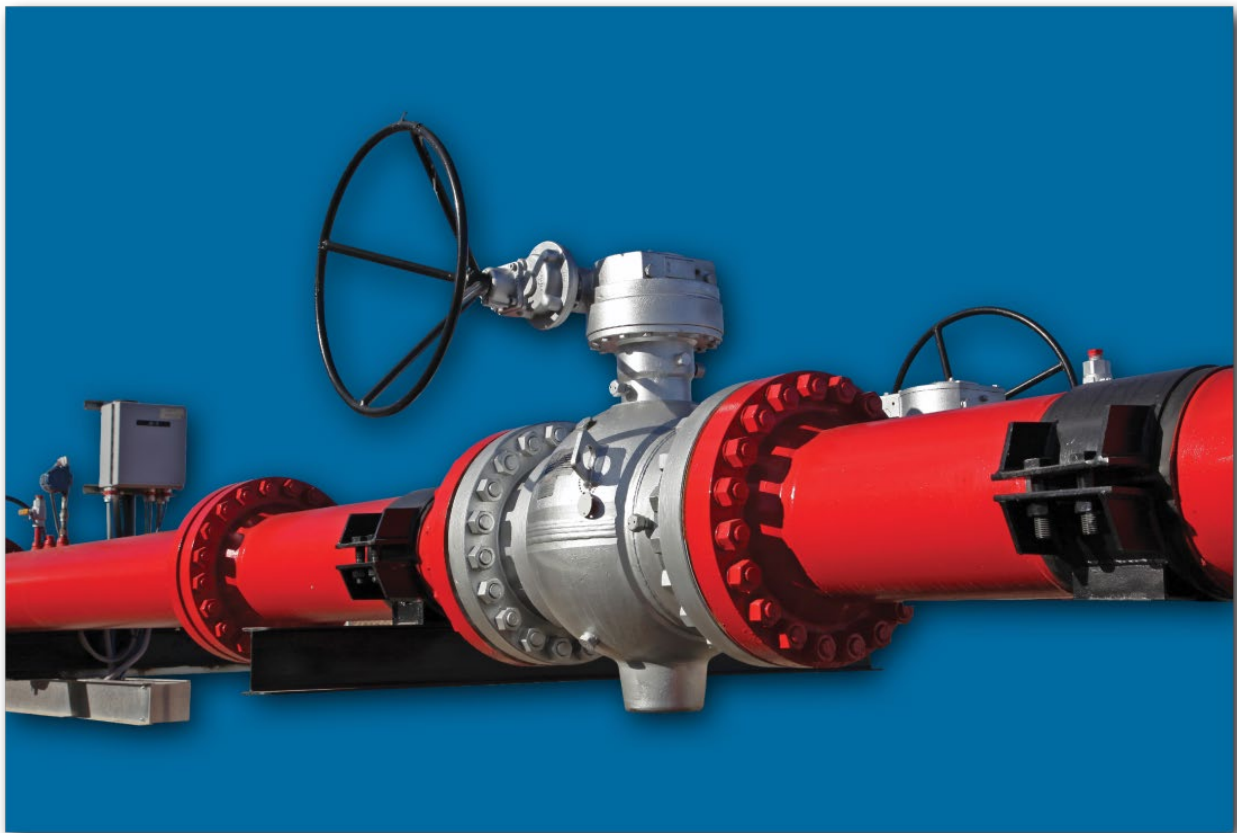


UNIVERZITET U NIŠU  
MAŠINSKI FAKULTET



Dragoljub Živković

# CEVNI VODOVI



Niš, 2018.

Naslov publikacije: **Cevni vodovi**

Autor: dr Dragoljub Živković, redovni profesor Mašinskog fakulteta u Nišu

Recenzenti: dr Dragica Milenković, red.prof. Mašinskog fakulteta u Nišu  
dr Dragan Milčić, red.prof. Mašinskog fakulteta u Nišu

Izdavač: Mašinski fakultet u Nišu  
ul. Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš

Štampa: "SVEN", Niš

Tiraž: 100 primeraka

# SADRŽAJ

## I DEO – PROJEKTOVANJE, KONSTRUISANJE I IZRADA CEVOVODA

1. UVOD .....	1
2. PROJEKTOVANJE CEVOVODA I STANDARDIZACIJA .....	3
2.1. Projektovanje cevovoda .....	3
2.2. Standardizacija i tipizacija cevnih vodova.....	5
2.2.1. Podela standarda u oblasti cevnih vodova.....	5
2.2.2. Nazivni (nominalni) prečnik (SRPS M.B6.005).....	6
2.2.3. Nazivni (nominalni) pritisak (SRPS M.B6.006).....	7
2.2.4. Standardizacija postupaka proračuna i tehničke dokumentacije pri projektovanju .....	10
3. MATERIJALI ZA IZRADU CEVNIH VODOVA .....	13
3.1. Čelici.....	13
3.2. Liveno gvožđe.....	15
3.3. Obojeni metali i njihove legure.....	16
3.4. Plastične mase.....	18
3.5. Guma .....	19
3.6. Staklo .....	20
3.7. Azbest i porculan.....	20
3.8. Termomehantički kriterijumi za izbor materijala pri gradnji cevovoda .....	20
4. KOROZIJA I ZAŠTITA OD KOROZIJE .....	23
MATERIJALA CEVNIH VODOVA .....	23
4.1. Hemijska korozija .....	23
4.2. Elektrohemijska korozija.....	24
4.3. Zaštita cevovoda od korozije .....	25
5. PROMENE KARAKTERISTIKA MATERIJALA SA SNIŽAVANJEM I PORASTOM TEMPERATURE.....	31
5.1. Ponašanje metala na niskim temperaturama.....	31
5.2. Promene mehaničkih karakteristika metala sa porastom temperature.....	33
5.3. Puzanje materijala .....	35
5.3.1. Određivanje dozvoljenih napona pri puzanju .....	37
5.4. Relaksacija napona.....	42
6. IZRADA CEVNIH VODOVA.....	45
6.1. Proizvodnja čeličnih cevi.....	45
6.1.1. Izrada bezšavnih cevi.....	45
6.1.2. Izrada šavnih (zavarenih) cevi .....	50
6.2. Izrada cevi od livenog gvožđa .....	52
6.3. Izrada cevi od obojenih metala i njihovih legura.....	52
6.4. Izrada cevi od plastičnih masa i drugih nemetala .....	53
6.5. Prirubnički spojevi .....	53
6.5.1. Podela prirubničkih spojeva.....	53
6.5.2. Podela prirubnica prema obliku zaptivnih površina i vrsti zaptivnog materijala .....	55
6.5.3. Oblici zaptivki.....	57
6.5.4. Analiza sila u prirubničkom spoju.....	58

6.5.4.1. Opterećenje zavrtnajske veze u toku pritezanja.....	58
6.5.4.2. Proračun prirubnica.....	60
6.5.4.3. Sila u zaptivci.....	62
7. CEVOVODNA ARMATURA.....	65
7.1. Podela cevovodne armature.....	65
7.2. Ventili.....	67
7.2.1. Konstruktivne i eksploatacione karakteristike ventila.....	67
7.2.2. Materijali koji se primenjuju za izradu ventila.....	71
7.2.3. Proračun sile zaptivanja zatvarača ventila.....	72
7.3. Zasuni.....	73
7.3.1. Konstruktivne i eksploatacione karakteristike zasuna.....	73
7.3.2. Poređenje glavnih karakteristika ventila i zasuna.....	75
7.4. Slavine.....	76
7.5. Priklopci (klapne).....	77
8. KOMPENZATORI I SAMOKOMPENZACIJA	
TEMPERATURSKIH DILATACIJA.....	79
8.1. Podela kompenzatora.....	79
8.2. Zatvoreni kompenzatori sa elastičnim elementima.....	80
8.2.1. Aksijalni sočivasti kompenzatori.....	80
8.2.2. Aksijalni kompenzatori od talasastih cevi.....	82
8.3. Teleskopski kompenzatori.....	83
8.4. Samokompensacija temperaturskih dilatacija.....	85
8.4.1. Proračun temperaturskih dilatacija.....	85
8.4.2. Samokompensacija temperaturskih dilatacija ravanskog cevovoda sa zglobnim nepokretnim osloncima.....	87
8.4.3. Samokompensacija temperaturskih dilatacija ravanskog cevovoda sa uklještenim nepokretnim osloncima.....	89
8.4.4. Skraćeni proračun standardnih U-kompenzatora.....	90
8.4.5. Skraćeni proračun samokompensacije konfiguracije cevovoda sastavljenih od pravolinijskih deonica.....	92
9. ZAVARIVANJE.....	95
9.1. Osnovni pojmovi u zavarivanju.....	96
9.2. Označavanje i predstavljanje zavarenih spojeva na crtežu.....	98
9.3. Gasno zavarivanje.....	101
9.3.1. Gasni plamen i gorivi gasovi - osobine i primena.....	101
9.3.2. Plamen acetilen-kiseonik.....	105
9.4. E postupak - ručno elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom.....	108
9.5. MAG/MIG postupak - elektrolučno zavarivanje topljivom elektrodnom žicom u zaštiti gasa.....	109
9.6. Elektrolučno zavarivanje punjenom elektrodnom žicom.....	110
9.6.1. TIG postupak - elektrolučno zavarivanje netopljivom elektrodnom žicom u zaštiti gasa.....	111
9.6.2. EPP postupak - elektrolučno zavarivanje pod praškom.....	112
9.7. Elektrootporno tačkasto zavarivanje.....	113
9.8. Elektrootporno šavno zavarivanje.....	114
10. OSLONCI I POLAGANJE CEVOVODA.....	115

10.1. Oslonci cevovoda.....	115
10.2. Konstruktivna izvođenja.....	117
10.2.1. Nepokretni oslonci .....	117
10.2.2. Pokretni oslonci bez opruga.....	119
10.2.3. Vertikalno pokretni oslonci.....	121
10.3. Polaganje cevovoda .....	122
10.3.1 Spoljna mehanička opterećenja neukopanih cevovoda.....	123
10.3.2. Određivanje raspona između dva susedna oslonca.....	124
10.3.3. Opterećenje oslonaca cevovoda .....	125
10.4. Činioci koji utiču na raspored i broj nepokretnih oslonaca duž trase cevovoda .....	127
10.5. Podzemno bezkanalno polaganje cevi – ukopani cevovodi .....	129
II DEO – HIDRAULIČNI PRORAČUN CEVOVODA .....	131
11. VODOVODI.....	133
11.1. Hidraulični proračun magistralnih vodovoda .....	134
11.2. Hidraulični proračun magistralnih vodovodnih mreža .....	135
11.2.1. Hidraulični proračun razgranatih mreža.....	136
11.2.2. Hidraulični proračun prstenastih mreža.....	140
12. NAFTOVODI.....	143
12.1. Hidraulični proračun naftovoda pri izotermnom strujanju.....	144
12.2. Hidraulični proračun naftovoda pri neizotermnom strujanju.....	145
12.2.1. Pad temperature duž naftovoda pri stalnom protoku .....	146
12.2.2. Određivanje pada pritiska pri neizotermnom strujanju.....	147
13. GASOVODI.....	151
13.1. Klasifikacija i elementi gasovoda.....	151
13.2. Hidraulički proračun gasovoda pri izotermnom strujanju.....	152
13.2.1. Gasovodi visokog i srednjeg pritiska sa konstantnim protokom gasa .....	153
13.2.2. Gasovodi visokog i srednjeg pritiska sa usputnom potrošnjom gasa.....	157
13.2.3. Gasovodi niskog pritiska sa konstantnim protokom gasa .....	158
13.2.4. Gasovodi niskog pritiska sa usputnom potrošnjom gasa.....	159
14. PAROVODI.....	161
14.1. Hidraulični proračun cevovoda za transport pregrejane vodene pare.....	162
14.2. Hidraulični proračun cevovoda za transport suvozasićene i vlažne vodene pare.....	164
III DEO - TEHNO-EKONOMSKI PRORAČUN MAGISTRALNIH CEVOVODA .....	167
15. PRORAČUN INVESTICIONI, POGONSKIH I TRANSPORTNIH TROŠKOVA MAGISTRALNIH CEVOVODA .....	169
15.1. Investicioni troškovi.....	169
15.2. Pogonski troškovi.....	171
15.3. Troškovi transporta naftovodima i gasovodima .....	171
LITERATURA.....	173
PRILOG.....	175
P1 - Tabele: Materijali za izradu cevnih vodova.....	176
P2 - Tabele: Izrada cevnih vodova.....	196
P3 - Tabele: Samokompensacija temperaturskih dilatacija .....	198
P4 - Dijagrami: Koeficijenti otpora trenja tehničkih cevi.....	206

## PREDGOVOR

Knjiga CEVNI VODOVI namenjena je pre svega studentima mašinskih fakulteta koji izučavaju cevne vodove, tj. postrojenja za transport tečnosti i gasova cevima. Udžbenik je napisan prema programu predmeta Cevni vodovi koji se na Mašinskom fakultetu u Nišu predaje studentima na smeru energetika i procesna tehnika. Pored studenata mašinskih fakulteta ova knjiga može biti od koristi i studentima drugih tehničkih fakulteta koji u svom nastavnom planu imaju predmete koji se bave problemima transporta tečnosti i gasova, kao i hidrauličkim i pneumatskim transportom. Ova knjiga će biti od koristi i svim inženjerima koji se u svojoj stručnoj praksi susreću sa problemima cevnih vodova.

Knjiga se sastoji iz tri dela. U prvom delu knjige, pod nazivom „Projektovanje, konstruisanje i izrada cevovoda”, koji se sastoji od 10 poglavlja, detaljno su opisani principi projektovanja i konstruisanja, kao i načini izrade i postavljanja cevnih vodova. Drugi deo knjige, pod nazivom „Hidraulični proračun cevovoda“, sastoji se od četiri poglavlja. U njima su prikazani hidraulički proračuni magistralnih vodovoda, razgranatih i prstenastih vodovodnih mreža, kao i hidraulički proračuni naftovoda, gasovoda i parovoda. U trećem delu knjige prikazana je metodologija proračuna investicionih, pogonskih i transportnih troškova magistralnih cevovoda.

Veliku zahvalnost autor upućuje recenzentima ove knjige prof. dr Dragici Milenković i prof. dr Draganu Milčiću, redovnim profesorima Mašinskog fakulteta u Nišu, koji su rukopis veoma pažljivo pročitali i dali korisne primedbe i sugestije.

Autor će biti veoma zahvalan i svim čitaocima ove knjige koji budu uputili svoje primedbe i sugestije u cilju poboljšanja njenog sadržaja.

U Nišu,  
Septembra, 2018. godine

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.