

## 1 Osnovni hidraulički principi

1. Prelivanje preko širokog praga (idealni fluid, realni fluid)
2. Kontinualno merenje protoka na otvorenom kanalu sa burnim režimom tečenja (osnovne jednačine, merni objekat, uklapanje u uzvodne i nizvodne uslove)
3. Uslovi potopljenosti i merenje protoka pri potopljenom tečenju preko praga
4. Merenje protoka u kanalima sa slobodnom površinom (principi, uslovi uklapanja mernog objekta, mogućnosti povećanja granice nepotopljenog tečenja)
5. Merenje protoka na sistemima sa slobodnom površinom; oštroični preliv, potopljeno i nepotopljeno prelivanje
6. Pravougaoni i oštroični merni prelivi: geometrija preliva, eksponenti u opštem obliku veze protoka i merene dubine  $Q = C_Q \times h^N$ , koji je preliv pogodniji za merenja malih protoka, problemi kod merenja malih protoka, koji je preliv pogodniji za merenja kod protoka koji mnogo variraju, problemi kod merenja velikih protoka
7. Odredjivanje protoka u otvorenim tokovima merenjem dve dubine u uslovima ustaljenog tečenja i u uslovima neustaljenog tečenja. Potrebna oprema i metodologija rada za korektnu obradu podataka u neustaljenom režimu.
8. Odredjivanje protoka u otvorenim tokovima merenjem jedne i merenjem dve dubine. Hidraulička veza merenih dubina i protoka, faktori koji utiču na pouzdanost merenja
9. Merenje trodimenzionalnog polja brzina: u uslovima ustaljenih i ergodičnih procesa, i u uslovima neustaljenih procesa. Invazivne i neinvazivne metode. Problemi u obradi podataka dobijenih vizualizacijom.
10. Merenje  $Q - H$  dijagrama pumpe: metodologija, potrebna oprema i osnovne jednačine hidrodinamike
11. Osnovni hidraulički princip rada anubara (sa jednim uzvodnim otvorom, sa više uzvodnih otvora, osetljivost na Reynolds-ov broj, opseg  $\Delta p$  koje treba meriti)
12. Apsolutno merenje protoka: sistemi za kalibraciju merila protoka. Vrste, pogodnost za merenje protoka ili protekle zapremine, tačnosti
13. Apsolutno merenje brzine u tački: koje sve merne metode mere apsolutnu brzinu, opisati metode, prednosti i nedostatke
14. Kalibracija pretvarača za merenje brzine fluida: koji pretvarači moraju da se kalibrišu, metode kalibracije, mogući izvori grešaka u kalibraciji

## 2 Senzori - princip rada, karakteristike

1. Merenje i obrada fluktuacija pritiska (primer, oprema za merenje, karakteristične veličine u obradi u vremenskom i frekventnom domenu)
2. Elektromagnetni merač protoka i elektromagnetni merač brzine fluida u tački
3. Dinamičko merenje koncentracije obeležene materije u fluidnom toku
4. Osnovni fizički principi pri merenju brzine fluida toplom žicom i toplim filmom
5. Kalibracija i primena sonde za diferencijalno merenje pritiska
6. Volumetrijske metode određivanja protoka (metode, mogućnost automatizacije procesa, analiza grešaka)
7. Mehanički senzori za merenje nivoa tečnosti i njihovo prilagođavanje za električno merenje
8. Laser – dopler anemometar (princip, merenje, obrada signala)
9. Osnovno o mernim pretvaračima: vrste, direktno i posredno merenje, podele, karakteristike
10. Pretvarači za merenje pritiska: definicija pritiska, vrste pritiska i kako se mere, problemi kod merenja pritiska u fluidu koji se kreće, kalibracija pretvarača za merenje pritiska
11. Pretvarači za merenje pritiska: mehanički i sa električnim izlazom, za pritisak i razliku pritiska
12. Merenje nivoa tečnosti apsolutnim metodama: merenjem dužine, ugla i vremena
13. Merni pretvarači za kontinualno merenje nivoa tečnosti
14. Merni pretvarači za diskretno merenje nivoa tečnosti: zašta se koriste i vrste pretvarača
15. Merenje brzine fluida u tački: merne metode, prednosti i nedostaci svake od mernih metoda, uslovi primene, trenutne vrednosti i osrednjene vrednosti brzine
16. Merenje brzine fluida u tački pomoću Pitot-Prandtl-ove sonde: merna oprema, uslovi za korišćenje, mogućnost snimanja ugla vektora brzine
17. Merenje trenutne vrednosti brzine fluida u tački pomoću ultrazvučnog dopler anemometra: princip rada, obrada signala, problemi u merenju, mogućnost merenja tri komponente brzine
18. Metode merenja srednje brzine duž jednog pravca: merne metode, prednosti i nedostaci svake od mernih metoda, uslovi primene, veza izmerene brzine i srednje profilske brzine
19. Ultrazvučno merenje srednje brzine duž jedne linije: mogući načini merenja, tačnost, pogodnost za primenu
20. Korelacioni i traserski način merenja srednje brzine duž jednog pravca: prednosti i nedostaci svake od metoda

### 3 Karakteristike fizičkih veličina i sistema za merenja i obradu

1. Uticaj pijezometarskog creva na merenje pritiska (razlike u merenju sporih promena pritiska i brzih promena – fluktuacija, transfer funkcija)
2. Objasniti merenje standardne devijacije fluktuacija pritiska analognim i digitalnim putem
3. Funkcija spektralne gustine i transfer funkcija. Osnove i primena
4. Osnovni statistički pokazatelji dinamičkih signala (posebno obraditi spektralnu funkciju)
5. Osnovno o dinamičkim sistemima nultog reda, prvog i drugog reda: frekventni odziv, primer iz hidrotehnike

### 4 Analiza grešaka i primeri obrade podataka merenja

1. Za zadati niz podataka X (brzina fluida u tački) i Y (izlazni napon iz elektromagnetne sonde) uraditi sledeće:
  - metodom najmanjih kvadrata odrediti kalibracionu pravu  $X=aY+b$
  - izračunati procentualno odstupanje izmerenih podataka od kalibracione prave, u odnosu na trenutnu tačnu vrednost i u odnosu na maksimalnu mernu vrednost
  - komentarisati dobijene rezultate

X (m/s)	0.0	0.2	0.5	0.7	0.99	1.3	1.6	2.0	2.51	3.0
Y (Volt)	0.71	0.979	1.40	1.687	2.099	2.549	2.974	3.525	4.225	4.9

2. Analiza grešaka pri merenju posrednih veličina - propagacija neodređenosti
3. Za zadata geometriju kanala (pravougaoni poprečni presek kanala u suženju i uzvodno od suženja, širina dna u suženju  $B_{SUZ} = 0.4$  m a uzvodno, ispred suženja  $B_{UZ} = 1.0$  m) i za zadati par tačaka izmerenog protoka ( $Q_{REAL}$ ) i izmerene dubine ( $h$ ), sračunati koeficijent protoka  $C_q$

$Q_{REAL}$ (l/s)	553.2	420.4	300.8	195.1	105.9	37.3
$h$ (m)	0.9	0.75	0.6	0.45	0.3	0.15

Podsetnik: Za idealan fluid  $E_{UZ} = E_{SUZ}$  a protok idealnog fluida je  $Q_{ID} = Q_{REAL}/C_q$

4. Merna neodređenost: apsolutna i relativna neodređenost, pravila za zapisivanje rezultata merenja i merne neodređenosti, maksimalna i verovatna merna neodređenost
5. Na jednoj deonici cevovoda, prečnika  $d = 1.905$  cm i dužine  $L = 2.10$  m mere se pijezometarske kote na početku i kraju deonice, kao i protok (volumetrijski). Na osnovu rezultata merenja odrediti koeficijent trenja  $\lambda$ . Komentarisati dobijen rezultat.

$V$ (L)	5.90	6.00	5.80	5.40	6.10
$\Delta t$ (sec)	22.2	23.0	20.8	19.0	21.0
$\Pi_1$ (cm)	28.5	33.2	36.3	37.5	42.0
$\Pi_2$ (cm)	0.4	3.4	5.2	6.0	8.5

Predmetni nastavnik :

Doc. dr Dušan Prodanović

Asistenti:

Nenad Jaćimović, Ana Mijić