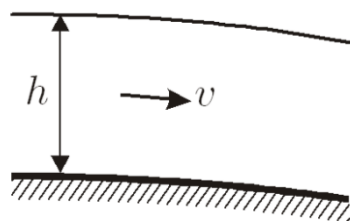


HIDROMEKANIKA

TEČENJE U OTVORENIM TOKOVIMA

1. OSNOVNI POJMOVI

- U otvorenom toku oblast strujanja nije unapred definisana.
- Pri strujanju u otvorenom toku položaj slobodne površine nije unapred poznat.
- Fluid se u toku strujanja „popne“ do dubine h (slika dole).
- To je dodatna teškoća pri izučavanju strujanja fluida u otvorenom toku.



Tečenje u otvorenom toku

•Kretanje fluida u otvorenom toku f-ja od sila koje se pri strujanju javljaju.

•Glavne sile koje određuju tečenje su:

a) sile težine i pritiska, koje predstavljaju osnovni faktor strujanja,

b) sile trenja, koje su posljedice viskoznosti fluida,

c) fiktivne inercijalne sile, koje su posljedice dejstva „pravih“ sila, a manifestuju se kroz promjenu v u vremenu i prostoru

•Ostale sile, (sile površinskog napona), \Rightarrow posljedice rotacije Zemlje.

•Ove sile se zanemaruju, osim kada je njihov uticaj značajan.

3

•**Strujanje u otvorenom toku može biti:**

• Strujanje sa dominantnim silama težine i p i silama trenja, (tečenje u kanalima i prirodnim vodotocima, rijekama i potocima).

•Ovi „objekti“ imaju veliku dužinu nazivaju se **dugački objekti**.

• Struje sa dominantnim silama težine i p i fiktivnim inercijalnim silama, (tečenje oko preliva i drugih objekata sa naglim promjenama čvrstih granica).

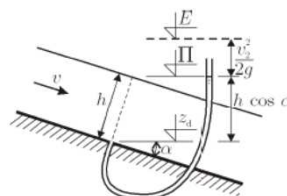
•Ovakva strujanja se javljaju u neposrednoj blizini objekata, koji utiču na tečenje, zbog čega se takvi objekti zovu **kratki objekti**.

•U otvorenom toku poprečni presjek se definiše sa dubinom vode, h .

•“ h ” bi zbog tog uslova morala biti normalna na strujnice.

•U tom slučaju pijezometarska kota, Π u odnosu na kotu dna, z_d , iznosi:

$$\Pi = z_d + h \cos \alpha, \quad (A)$$

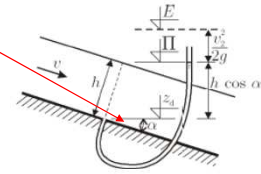


4

- Za uglove između apcise i dna toka ($\alpha < 11,5^\circ \Rightarrow \cos\alpha > 0,98 \Rightarrow$:

$$\Pi = z_d + h.$$

(B)



- J-na (B) = za sve dugačke objekte, kanale i rijeke
- J-na (A) = samo kada su podužni nagibi toka veoma veliki

• Na slobodnoj površini tečnosti: $p_{atm} = 0$

• Linija slobodne površine tečnosti = Π linija

• Pretpostavka: duž toka p_{atm} svugdje isti

• Ako p_{atm} nije svugdje isti \Rightarrow računamo sa različitim p_{atm}

• Pretpostavljamo: na slobodnoj površini tečnosti nema smičućih napona:

$$\tau = 0.$$

5

2. J-NA ODRŽANJA ENERGIJE (BERNOULLI-EVA J-NA)

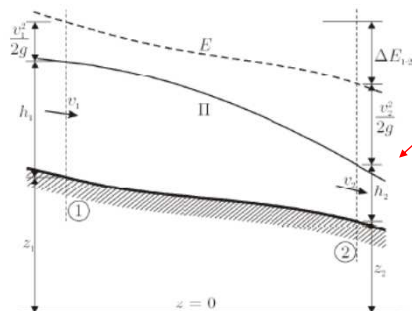
• Pretpostavka: tečenje ustaljeno $\Rightarrow \frac{\partial Y}{\partial t} = 0.$

• **Ostvarenje pretpostavke:**

- tečenje u otvorenom toku
- za jednu strujnicu između "1" i "2" važi j-na održanja energije
- j-na održanja energije (Bernoulli-eva j-na)

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + z_2 + \Delta E_{1-2}.$$

J-na "A"

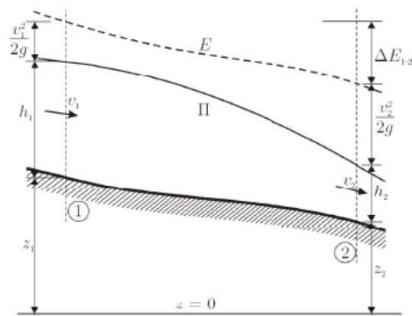


Π i E linija duž otvorenog toka

6

•Sa slike:

- prikazane Π i E linija u otvorenom toku između presjeka "1" i "2"
- u j-ni "A" **potencijalna energija je po jedinici težine**
- član $p/\rho g$ zamjenjen je dubinom vode h
- z_i nije rastojanje od referentne ravni već **rastojanje do dna presjeka**



$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + z_2 + \Delta E_{1-2}$$

J-na "A"

7

3. JEDNOLIKO TEČENJE

•**Za ostvarenje jednolikog (uniformnog) tečenja potrebni su uslovi:**

- Q ustaljen ($\partial Q/\partial t = 0$).
- korito vodotoka prizmatično sa istom hrapavosti i istim dubinama
- pad dna korita const. ($\partial I_d/\partial x = 0$).
- nema lokalnih otpora

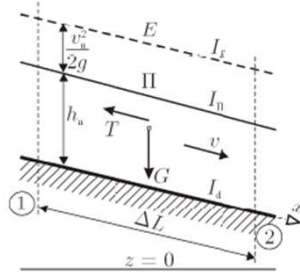
•**Za ispunjenje uslova:**

- korito vodotoka mora biti kanal (djelo čovjeka)
- pad Π , E i dna korita su **JEDNAKI**

$$I_d = I_\Pi = I_E.$$

8

- Slika dole: podužni presjek kanala u kome je jednoliko tečenje
 - pravac i smjer strujanja poklapa se sa x osom



Jednoliko tečenje u otvorenom toku

- pravac i smjer tečenja poklapaju se sa x osom
- dinamička j-na u kojoj se pojavljuju slijedeće sile:

1) $G_s = \rho g A \Delta L \frac{z_1 - z_2}{\Delta L}$. Sila težine u smjeru ose kanala

$P = A(p_1 - p_2) = 0$. Sila pritiska

2) $T = \tau O \Delta L$. Sila trenja

3) $T = G_s$. Dinamička j-na

9

- Ako j-ne 1) i 2) unesemo u j-nu 3) dobijamo:

$$\tau O \Delta L = \rho g A \Delta L \frac{z_1 - z_2}{\Delta L}$$

$$\tau = \rho g \frac{A}{O} I_d$$

$$\tau = \rho g R I_d$$

- Strujanje (tečenje) u kanalima najčešće turbulentno

- Turbulentno strujanje: važi kvadratni zakon otpora: $\frac{\tau}{\rho g} = \left(\frac{1}{C^2}\right)$

C – Šezijev koeficijent

Šezijeva j-na: $v = C \sqrt{R I_\Pi}$

- Šezijev koeficijent definiše se po Manningu: $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I_\Pi^{1/2}, \quad \dots \text{ na osnovu dvije prethodne j-ne}$$

10

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} I_H^{1/2}$$

Proticaj pri jednolikom tečenju u otvorenom toku definisan preko Shezy-Manningove j-ne

- Jednoliko tečenje \Rightarrow dubina vode u kanalu je **NORMALNA DUBINA h_n**
- **Kanal trougaonog poprečnog presjeka:**
 - h_n izračunava se direktno
- **Kanal trapeznog i pravougaonog poprečnog presjeka:**
 - h_n izračunava se iterativno
- **Uticaj R_e broja u otvorenim kanalima:**
 - veća hrapavost kanala nego u cijevima
 - zbog hrapavosti, R_e veći u kanalima nego u cijevima
 - veći R_e \Rightarrow tečenje u otvorenim kanalima skoro uvijek turbulentno

11