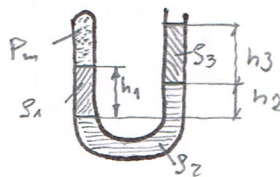


TEHNIČKA MEHANIKA I HIDROMEKANIKA

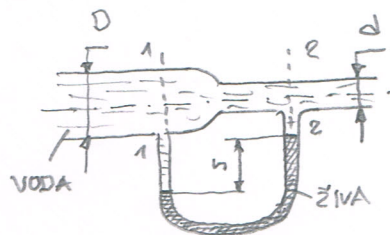
TEORIJA I ZADACI

3. KOLOKVIJUM

• HIDROSTATIKA



• HIDROMEKANIKA



7.12.2016.g.

HIDROMEKANIKA

MEKANIKA FLUIDA ILI MEKANIKA TEČNOSTI I GASOVA JE NAČELA DISCIPLINA KOJA SE BAVI PROUČAVANJEM PRAKTIČNIH PROBLEMA ZA DOVOLEKIM STEPENOM TAČNOSTI. MOŽE SE UZETI DA SU TEČNOSTI NEISTISNIVE.

• BEZINA PROTICANJA TALASA (VEĆE NAPUŠTA) KOD TEČNOSTI JE

HIDROMEKANIKA (MEKANIKA TEČNOSTI) JE ZAVISNO OD TOGA DA LI PROUČAVANA MIKROVAJE ILI KREATIVNE TEČNOSTI DIJELE U HIDROSTATICI I HIDRODINAMIKE.

HIDROSTATIKA

1. FIZIČKA SVOJSTVA TEČNOSTI

- TEČNOST ZAVUČNA OBLIK SUDA U KOME SE NAHAZI. PRAKTIČNO IZNEHA TEČNOSTI I ČESTIH TIJELA JE U TOMU ŠTO JE VEĆA IZNEHA MOLEKULA (DJELECI) TEČNOSTI ZNATNO SLABIJA VEĆO KOD ČESTIH TIJELA. ZBOG TOGA SE ONI LAKO POKREĆU I PRILAGODJAVAJU OBLIKU SUDA U KOME SE NAHAZE.
- SLOBODNA PLOŠTINA TEČNOSTI KOJA MIRUJE JE HORIZONTALNA.
- KA TEČNOST NE MOGU DJELOVATI KONCENTRISANE SILE, VEĆ SAMO KONTINUALNO RASPOREĐEN OPREKEDNJE PO PLOŠTINI (SLIKA) NASTALO NPR. OD KONCENTRISANE SILE.
- POD DJELECIEM TEČNOSTI SE PODERZUJIVAJA DIO TEČNOSTI VEDNA MALIH DIMENZIJA UZET U OBLIKU KOJI JE NAJPOGOĐNIJI ZA RAZMATRANJE ČUP. ELEMENTARNI KUADAR)
- GUSTINA FLUIDA ρ JE ODNOS MASE FLUIDA - m I ZAPREMINE - V U KOJOJ SE SMJEŠTEN FLUID:

$$\rho = \frac{m}{V} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

GENERALNO POSMOTRAJU GUSTINA TEČNOSTI JE PROMENJIVA VELIČINA JER ZAVISI OD PRITISKA I TEMPERATURE TI. $\rho = \rho(p, T)$. KOD NARVEDNOG BROJA PRAKTIČNIH PROBLEMA JE SA DOVOLJNOM TAČNOSTU MOŽE UZETI DA JE GUSTINA KONSTANTNA TI. $\rho = \text{const.}$ ZA VODU JE $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$. AKA SE GUSTINA KONSTANTNA U OKUINU POSMATRANE ZAPREMINE U SUDU KOJ TAJE I ISTA, ONA ZA TEČNOST KAKO DA JE HOMOGENA.

• UOPŠTENO GLEDANO, TEČNOSTI SU STIŠLJIVE MATERIJE, JER PROMJENA PRITISKA Δp NA POSMATRANI DIELIC TEČNOSTI IZAZIVA PROMJENU (SMANJENJE) ZAPREMINE ΔV U ODNOSU NA PRVBOTNU ZAPREMINU V_0 DIELICA, TI. VAŽI:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = -\beta \Delta p$$

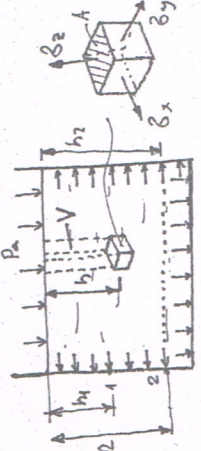
GDJE JE β - KOEFICIJENT STIŠLJIVOSTI. KOEFICIJENT STIŠLJIVOSTI JE ZER

DUAK RECIPIROVALI VARIJETAOSTI MOGUĆA EUPASTIČNOSTI. E (ZAVISNO: $E = 23 \cdot 10^{10} \frac{dyn}{cm^2}$) MEUTIM KOD PRAKTIČNIH PROBLEMA SA DOVOLJNIM STEPENOM TAČNOSTI MOŽE SE UZETI DA SU TEČNOSTI NEISTISNIVE.

- BEZINA PROTICANJA TALASA (VEĆE NAPUŠTA) KOD TEČNOSTI JE

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

2. HIDROSTATIČKI PRITISAK



POSMAOTRAJMO TEČNOST U NEKOM SUDU (SLIKA). UOLIMO DIELICU OBLIKU ELEMENTARNOG KUADRAHA PRODUKTOJNOM MOESTU NA DUBINI h . NA STRANAMA KUADRA CE OD OSTATOG DIELA TEČNOSTI POJAVITI POVRŠINSKE SILE (UDRHALNI NAPONI), VEHNA TANGENCIJALNIH NAPONA)

ZA TEČNOST VAŽI: PASKALOV ZAKON KOJI GLASI: DA SE PRITISAK ODREKNE TEČNOSTI NA DIELIC I ODREKUTO PREKOSI NA SVE STRANE PODJEDNAKO ŠTO ZNAČI DA JE $\partial x = \partial y = \partial z = -p$, GDJE JE p PRITISAK KOJI DJELOUJE NA TEČNOST NA DUBINI h I JEDNAK JE TEŽINI STUBA TEČNOSTI IZVAD DIELICA TI.

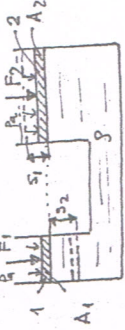
$$p = \rho g h \quad ; \quad p = \frac{G}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A} = \rho g h$$

AKO SE UZME U OBZIR I PRITISAK VAZDUVNOG STUBA IZVAD DIELICA TI. ATMOFERSKI PRITISAK p_a , VAŽI:

$$p = p_a + \rho g h$$

OVO ZNAČI DA NA PLOŠTINI TEČNOSTI ($h=0$) VAŽI DA JE $p = p_a$. NAZI. ODVE SUDA DIELUNE PRITISAK PO ČIJU VREDNOST, DAKLE ZAVISI OD h PA JE U TAJUAKA 1 I 2 PRITISAK: $p_1 = \rho g h_1$; $p_2 = \rho g h_2$. MOŽE SE ZAPJEČITI DA U SVIM TAČKAMA TEČNOSTI NA ISTOJ DUBINI VLA DA ISTI PRITISAK - HIDROSTATIČKI PRITISAK.

KOD VEKOLIKO VARENIH SLUČAJEVA BIĆE ILLUSTRIRANO KAKO SE PREKO FLUIDA PRENOSI SILA ODNOSNO TRANSFERIŠE PRITISAK.



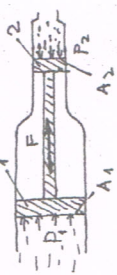
USUDU SA TEČNOSTU NA KLIPOVIMA 1 I 2 DIELICU SILE F_1 I F_2 . TEČNOST JE U STAJU MIKROVANJA. AKO SU POPREČNI PRESJECI ČIJEVI (KLIPOVA) A_1 I A_2 I AKO SE TEŽINE KLIPOVA ZAMENJARE MOGA UVAŽI DA SU PRITISCI NA TAČKAMA NA ISTOM NIVOU ISTI TI.

$$p_a + F_1/A_1 = p_a + F_2/A_2 \Rightarrow F_2 = F_1 \cdot A_2/A_1$$

ZBOG VESTIŠLJIVOSTI TEČNOSTI MOŽU ZAPREMINE OSTAVENE PONJERANJEM KLIPOM I KLIP 2 SMISTE TI VAŽI: $V_1 = A_1 \cdot s_1 = V_2 = A_2 \cdot s_2 \Rightarrow \frac{s_1}{s_2} = \frac{A_2}{A_1}$

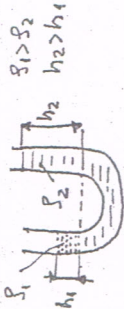
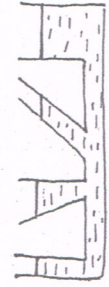
MA VAREDNOST JLCI - PRIMERU PEKAZAO JE.
MOŽE TRANSFORMISATI, VPR. POVEĆATI.

$$P_1 A_1 = F = P_2 A_2 \Rightarrow P_2 = P_1 \cdot \frac{A_1}{A_2}$$



SPOJENI SUDOV I SU SUDOV KOJI SU MEĐUSOBNO SPOJENI SA DANJE STRANE TREĆO DA TEŽNOST MOŽE POUKLJATI IZ JEKNOG I DRUGI SUD.

— VŠAK SU SPRAVNI SUDUJI ISPUKALI ISTOM TEŽUŠTČU I AKO SU OTD-
RENI TEŽUŠT U NJIMA JE NA ISTOM NIVOU BEO OBEJERA NA VI-
ŠINU I OBLJE SUDOVA

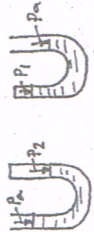


DVIJE PRAKTIČNE TEČNOSTI KOJE SE NE MIESAJU BICE USTROJEVIH
SUDOVIMA U RAVNOSTI. KADA SE TEČNOST NE MIESAJU NA STROM NI-
VOU. LIVO TEČNOSTI KANJE GUSTINE BICE VIŠI.

— DVA VERTICALNA ZAPOJENA SUDA KOJA SU ZAPOJENA I U KOJIMA SU RAZLIČITI PRITISCI P_1 I P_2 DOVEŠĆE DO TOGA DA LIKVIDI ISTE TEČNOSTI U SPOJENIM SUDOVIMA UJEDNU ISTI

Diagram of a U-tube manometer. The left limb is open to the atmosphere at pressure P_1 . The right limb is connected to a gas at pressure P_2 . The height difference between the two liquid levels is h . The density of the liquid is ρ .

Ako je sproveden cisev i otvorena što znači da je $p_1 = p_2$ onda je $p_2 = p_a + \rho gh$ pa se veličina $\rho_1 = \rho_2 = \rho_a$ - nazivna kladnja - tišak pri čemu je $p_2 > p_a$.

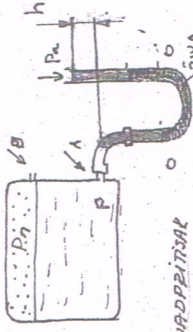


Ako je spojena cijev otvorena tj. $P_2 = P_a$
buda je $P_1 \neq P_2 = P_a$ pa se veličina

$$P_v = P_a - P_i = \text{sgk naziva potpritisak}$$

$$(\text{vakuuski pritisak}).$$

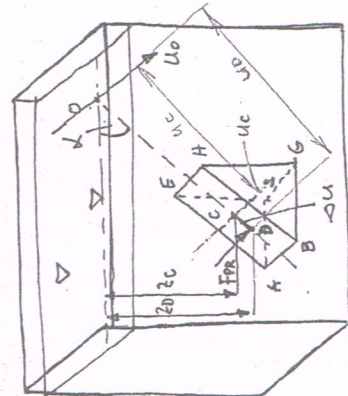
UREDAJI ZA MERENJE VAPORITETA NAZIVAN SE BAROMETRI, BAROMETRI ZA MERENJE ATMOSFERNOG (BAROMETRICKOG) PRITISKA, VAKUMMETRI ZA MERENJE POTPRITISKA



PO LI GASI IZUAP TEKNOŠTI. VA ŽELI. MAJOMETEJE ME-
BI PEITŠAR VA MŠERU A. A.

A: $P = P_a + \rho gh$
 $P_u = P - P_a = \rho gh$

3. PRITSAK TE.



NEKA SE UPOJAZENI SA TEČNOSTI UKLAZI PRI-
ZMA ABDEFG STRANICA $AB = BE = 9$; $\widehat{B} =$
 $\widehat{A} = 60^\circ$; $BE = EF = AF = FD = d$. TREBA DA
ODEJMO REZULTIČNU SILU KOJOM TEČNOST
DJELOUJE NA PLOŠNINU ABDE (DEKOLAČNIKA
STRANICA a i d).

POKAZUJE SE DA JE UPRIJEDNOST REZULTATNE
SILE KATOM TEČNOST DOKUJE NA POUKINU
ABHE + SILA PRITISLA - FPE :

$$F_{PE} = \rho g z c \cdot A \cdot \left(\text{diagram of a trapezoid} \right) \cdot \left(F_{PE} = \int_A p \, dA = \rho g \int z \, dA = \rho g z c \cdot A \right)$$

GOVE JE : P-GUSTINA-TEČNOST.

9-UBR29NJE ZEMLINE 7E26

Čc- PASTORANJE PO VISIVI TEŽIŠTA POSMATRANJE (PRAVO-
UGLOMNE) POVEŠI

A - POWESNA PEAVOCAGONE POWESI : A = a.b

$$D_{KLE} \text{ vari: } F_{FE} = \vec{f} \cdot \vec{g} \cdot \vec{z} \cdot \vec{c} \cdot \vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{f} \cdot \vec{g} \cdot \vec{O} \vec{E} \sin \alpha \cdot b = \vec{f} \cdot \vec{g} \cdot u_c \cdot \sin \alpha \cdot A$$

TAKOĐE SE POKAZUJE DA SILA PEJITSKA, IZRAČUNATA NA GODIJI UPAJEN, NE
DELUJE U TEŽIŠTU C, VEĆ ONIJEK ISPOD TEŽIŠTA ZA VELO RASTAJANJE ΔU
TJ U TACKI D, KOJA SE ZOVE CENTAR PEJITSKA. DAKLE, CENTAR PEJIT-
SKA D JE NARAVNA TACKA SILE F_{P2} .

VARIJ DLA JE: $\Delta U = \overline{CD} = \frac{I_{uc}}{u_c \cdot A}$; $u_c \sin \alpha = 2c$
 PEI ČENJE: $I_{uc} - \text{AKSIJALNI MOMENT INERCIJE PRO-}$

$U_C = \overline{OC}$ - PRAVDJAVNJE TAČKE O VO TAČKE C D. $U_C = \overline{OC}$
A - POKREĆUĆA ZA KUPUJE ODREĐENJE CENTRE PRITISKA A
TO JE POKREĆUĆA PRAVDJAVNJE

TAKOŽE SE POHAŽUJE DA JE

$$U_D = \overline{OD} = \frac{I_{EO}}{U_C \cdot A}$$

GOJE JE I_{UO} - AKTIVACIJNI MOMENT INERCIJE POVRŠINE PRAVOUGAONIKA ZA OSU UO . TAJ KODE VARUJ DA JE $UO = U_C + \Delta U$

4. PUNJAYE TIJELA

(NAPOMENA: 12 ZADACIJE IZ OBLASTI: $I_{UO} = I_{U_C} + U_C^2 A \Rightarrow$
 OBLASTI: $U_C = \Delta U - U_C A + U_C^2 A \Rightarrow$
 $U_C = U_C + \Delta U$)

4. PLIVANJE TIJELA

ABIHIMEDOV ZAKON PUNJANJA GLASI: NA POTRPAČENO TIJELO U TE-
ČUOSTI DIELUJE SVA POTISKA KOJA TEŽI DA ISTISNE POTRPAČENO TI-
JELO I JEZVAKA JE TEŽUVOI TIJELOM ISTISNUJE TEŽUOST.

$$F_p = \rho g V_2 \quad ; \quad V = V_1 + V_2 - 2 \text{APPREMIUM TIVE}$$

δ -СУСТАВА ПЕЧУСТИ; V₂-ЗАПРЕНІА РОТОРЧЕНОС (ДИЗЕЛА) ПІДЕЛА

i JEDNAKA JE ZAPREMNI IZJINUTE DECUOST

$\therefore a) G > fp \quad \pi_{j \in L} \pi_{DNE}$

6) 6 $\in$ FP TJELO PLIVA
7) 6 = FP TJELO PLIVA

1. OSNOVNI POJMOVI STRUJANJA TEČNOSTI

- USTAJALO KRETANJE - TAKVO KRETANJE TEČNOSTI KOD KOGA SU U SVAKOJ TAČKI PROSTORA PARAMETRI KRETANJA KONSTANTNI TOKOM VREMENA
- USTAJALO KRETANJE MOŽE BITI : RAVNOMERNO (BRZINA KONSTANTNA DNE STRANOG TOKA); UBRZANO (BRZINA SE MENJA DNE STRANOG TOKA)



PROMENJIVO

- STRUJICA Ili STRUJNA CIGLA - ZNAČA POKUPČENJE KOD KIZ TAČKEA U PROSTORU KOJA IMA OSOBINU DA U SVAKOJ TAČKI VEKTOR BRZINE TAČKE IMA U SVOJ PRAVAC TANGENTE



- LAMINARNO (SLOJNO) STRUJANJE - STRUJICE SU RAVNE I NE MEŠAJU SE. SLOBODNA PLOŠTA POVRŠINA JE RAVNA
- TURBULENTNO STRUJANJE - STRUJICE SE MEŠAJU I MEŠAJU SE. SLOBODNA PLOŠTA JE NE RAVNA (MEŠANJE)

- PROTOK - KOLIČINA TEČNOSTI KOJA PROĐE KOD VODRAVNI (POPREČNI) PRESEK STRUJE U JEDINICI VREMENA

— ZAPREMINSKI PROTOK $Q = \frac{V}{t} [m^3/s]$; V - ZAPREMINA

— MASENI PROTOK $Q_m = \frac{m}{t} [kg/s]$; m - MASA ; t - VREMENE

— SREDNJA BRZINA $v_{sr} [m/s]$; $Q_m = S \cdot Q$; $S = \frac{m}{V} [kg/m^3]$ - GUSTOĆA

VRAZI $Q = v_{sr} \cdot A$; A - PLOŠTINA POPREČNOG PRESEKA STRUJE

$Q = \frac{V}{t} = \frac{A \cdot S}{t} = v_{sr} \cdot A$

2. JEDNAČINA KONTINUITETA ZA USTAJALO FLUID

POSMAOTRIMO USTAJALO KRETANJE TEČNOSTI KOD CILIN PROJEKTOVANOG PRESEKA

KOD POPREČNI PRESEK A_1 TEČNOST PROTICE BRZINOM v_1 A KOD POPREČNI PRESEK A_2 BRZINOM v_2

A₂ ZA POSMAOTRIMO USTAJALO KRETANJE, PA VRAZI : $Q_1 = Q_2 \Rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2$

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$

OVA POSLEDNJA JEDNAČINA PREDSTAVLJA JE JEDNAČINU KONTINUITETA IZ KOJE POKUPČENJE ZAKLJUČAK DA JEDNO JE POPREČNI PRESEK VEĆI BRZINA JE MANJA I OBRNUTO.

3. BERUOLLEVA JEDNAČINA

NA SLICI SE POKUPČENJE STRUJNOG MASE U POČETKU ZEMINJE TEŽE. ENERGIJA DIELICA MASE m U POKUPČENJU I JE :

$E_1 = E_k + E_p + E_{pr}$

$E_k = \frac{mv_1^2}{2}$ - KINETIČKA ENERGIJA

$E_p = mgh_1$ - POTENCIJALNA ENERGIJA

$E_{pr} = P_1 \cdot A_1 \cdot S_1 = P_1 \cdot V_1 = \frac{P_1 \cdot m}{\rho}$ - ENERGIJA

PRITISKA KOJA USTAJE OD SILE PRITISKA

ENERGIJA MASE m U POKUPČENJU II JE :

$E_{II} = E_{kII} + E_{pII} + E_{prII} = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 + \frac{P_2 \cdot m}{\rho}$

NA OSOVNU ZAKONA O ODRŽANJU ENERGIJE VRAZI : $E_I = E_{II} = \text{const.}$

$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 + \frac{P_1 \cdot m}{\rho} = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 + \frac{P_2 \cdot m}{\rho}$

$\frac{v_1^2}{2} + gh_1 + \frac{P_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + gh_2 + \frac{P_2}{\rho} = \text{const.}$

OVA POSLEDNJA JEDNAČINA PREDSTAVLJA BERUOLLEVA JEDNAČINU U KOJOJ SVAKI ČLAN IMA DIMENZIJU PRITISKA. PRITISAK POKUPČENJU PREDSTAVLJA DIMENZIJU PRITISKA, DOK ČLAN STATIČKI PRITISAK A TEČEĆI ČLAN STATIČKI PRITISAK

$\frac{v_1^2}{2} + gh_1 + \frac{P_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + gh_2 + \frac{P_2}{\rho} + \Delta P$

AKO SE IZMEĐU PRESEKA I I II NE MEŠAJU GUSTOĆA PRITISKA ENERGIJE JE TI GUSTOĆA PRITISKA ΔP OVA VRAZI :

4. OTPORI STRUJANJU TEČNOSTI - GUBITAK (PAD) PRITISKA

PRITISAK ENERGIJE TEČNOSTI DOVAZI DO PADA PRITISKA JER SE DIO ENERGIJE STRUJE TEČNOSTI TROŠI NA SAVLAĐAVANJE OTPORA STRUJANJU. POKUPČENJU SE DIO VRSIJE OTPORA :

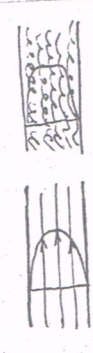
— OTPORI KOJI SE POKUPČENJU DOVAZI DUEJINI STRUJE (OTPORI CILJEV TRENUJA) I ZAVISE OD OTPORA TRENUJA, DUEJINE I VRSIJE STRUJANJA

— LOKALNI OTPORI KOJI SE ZAVLAĐAVANJU NA POJEDINIM MESTIMA STRUJE DUEJINE I OBLIKA POKUPČENJA KRETAJA KAO I PROMENE VELIČINE I OBLIKA POKUPČENJA PRESEKA

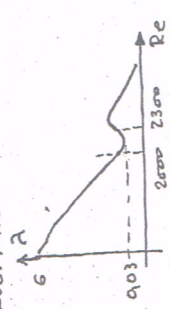
ZA ODRŽANJE PADA PRITISKA ZBOG OTPORA DO CILJEV DUEJINI STRUJANJA - L I PREČNICA CILJEVODA - D PRIMENJUJE SE ZA OBA REŽIMA STRUJANJA (LAMINARNO I TURBULENTNO) DARSJEV ODRŽANJE

$$V_{re} = \frac{Re \cdot \nu}{d}$$

Kritična brzina strujanja: Re_{krit}
 Strujanje je laminarno ako je $Re \leq 2320$ a za $Re > 2320$ strujanje je turbulentno. $Re_{krit} = 2320$ je kritična vrijednost Reynoldsove broja.



Laminarno strujanje nastaje pri većim brzina strujanja. Raspored brzina po poprečnom presjeku je paraboličan. Strujnice su međusobno paralelne pravne linije. Radi se o viskoznom trenju. Kod turbulentnog strujanja strujne linije imaju uzdružni tok. Raspored brzina nije paraboličan. Nastaje pri većim brzinama strujanja i znatno nižem viskoznosti.



Na sledećem odabrali su data zavisnost koeficijenta hidrauličkog otpora λ cilindrične cijevi od Re .

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{\nu^2}{2} \cdot \frac{L}{d} \cdot \rho$$

Za određivanje pada pritiska usled lokalnih otpora primenjuje se izraz:

VRSTA LOKALNOG OTPORA	KOEFICIJENT LOKALNOG OTPORA
ULAZ U REZERVUAR U CIJEV	$\xi = 0.5$
OŠTRE IVICE	$\xi = 0.12 \div 0.75$
ZAOBLJENE IVICE	$\xi = 0.15$
KOČENO OŠTRO BLAŽO	$\xi = 1$
ULAZ U VELIKI REZERVUAR	$\xi = 1$
GRANANJE TOKA	$\xi = 1.13$
SPAJANJE I RAZGRANANJE TOKOVA	$\xi = 0.05 \div 0.1$

Ukupni gubici u cjevovodu određuju se sabiranjem gubitaka pritiska zbog vrtložnih cijevi i usled lokalnih otpora.

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{\nu^2}{2} \cdot \rho$$

Pri čemu je: λ - koeficijent otpora strujanja koji zavisi od brzina strujanja.

$\lambda = \frac{64}{Re}$ - laminarno izotermno strujanje

$\lambda = \frac{0.316}{Re^{0.25}}$ - laminarno izotermno strujanje

$\lambda = 0.316 Re^{-0.25}$ - turbulentno strujanje

ρ - gustina tečnosti

ν - brzina strujanja

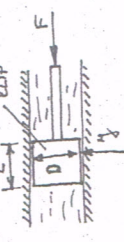
Da li je strujanje laminarno ili turbulentno utvrđuje se na osnovu vrijednosti Reynoldsove brzoje Re . Reynoldsova broj je bezdimenzionalna vrijednost koja povezuje brzinu (brzinu) strujanja, unutrašnji presjek cijevi, viskoziteta kinematičkog viskoznosti.

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

ν - brzina strujanja [m/s]
 d - presjek cijevnoda [m]
 ν - kinematička viskoznost [m²/s]

Viskozitet ili viskoznost tečnosti predstavlja njeno svojstvo da pri strujanju slojeva različitih brzina nastaje otpor relativnom klizanju čestica tj. nastaje unutrašnje trenje.

Silu unutrašnjeg trenja u tečnosti određuje tipu na osnovu eksperimenta (primatrano pomjeranje tipa u cilindru) i postavio formulu:



$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{dv}{dy}$$

η - dinamički viskoznitet

A - površina filma tečnosti u klipu

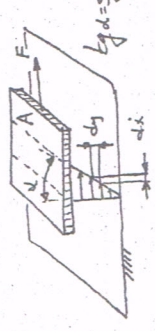
$\frac{dv}{dy}$ - gradijent brzine udehalo na smjer strujanja

Viskozitet se može objasniti posmatranjem opšteg slučaja laminarnog strujanja tečnosti u prostoru dvije ploče koje su međusobno paralelne i od kojih je jedna pokretna.

Sila koja dovodi do pomjeranja ploče površine

A jednaka je sili unutrašnjeg trenja (otpora) u tečnosti je

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{dv}{dy}$$



$$\Rightarrow \frac{F}{A} = \eta \cdot \frac{dv}{dy}$$

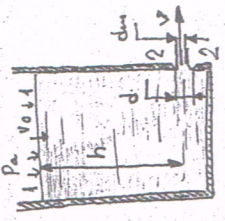
η - dinamički viskoznitet

Dinamički viskoznitet se određuje u pascal sekunda $P \cdot s = \frac{N \cdot s}{m^2}$. To je dinamički viskoznitet homogenog fluida koji laminarno struji u kanalu između dvije paralelne ploče sa razlikom u brzini od 1 m/s i u kanalu između dvije paralelne ploče sa razlikom u brzini od 1 m/s. Na osnovu toga se određuje kinematička ν - kinematički viskoznitet ν predstavlja odnos: $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ [m²/s]

NA DUBINI h VELIKOG REZERVOARA TANKIH ZIDOVA ULAZI-
ZI SE OTVOR PREČNICA d . BRZINA TEČNOSTI NA SLOBOD-
NOMU POKRETNOSTI JE ZADANE BRZINA U OBLASTI U BRZINU V
ISTICAJU TEČNOSTI (JER JE REZERVOAR VELIKIH DIMEN-
ZIJA).

BERVULIJEVA JEDNAČINA ZA PRESJEKE 1-1 I 2-2 GLASI:
$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 + p_2$$

 $v_0 = 0$; $h_2 = 0$ JER SE REFERENTNA RAVAN ULAZI NA
NIVOU OTVORA



DOBIJA SE: $V = \sqrt{2gh}$ - TORICELIJEVA OBRAZAC

PROTOK: $Q = V \cdot A = \sqrt{2gh} \cdot A$; A POVRŠINA PODREČNOG PRESJEKA
OTVORA: $A = \frac{\pi d^2}{4}$

OKREDAVA SE OTVORENO DA JE STVARNI PROTOK MANJI OD TEORETIČNOG JER
JE STVARNA BRZINA V5 VEŠTO MANJA OD TORICELIJEVE:

$Q_5 = V_5 \cdot A = \varphi \cdot \sqrt{2gh} \cdot A$; φ - BERKLEIJEV COEFICIJENT $\varphi = 0.97$

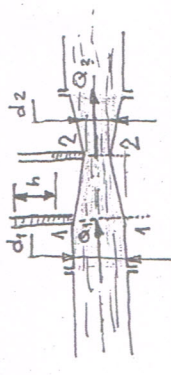
ZBOG KONTRAKCIJE KLAZA (KADA SE RADI O NIAKOM OTVORU) REALNI
PROTOK JE JOŠ MANJI

$Q_r = Q_5 \cdot A_m = \varphi \cdot \sqrt{2gh} \cdot A_m$

$A_m = \frac{d_m^2}{4} \pi$ - PRESJEK KLAZA; d_m - PREČNIK KLAZA; $d_m = 0.8d$

8. VENTURIJEV CIJEV

VENTURIJEVA CIJEV SLUŽI ZA MJERENJE PROTOKA (U PRESJEKU 1-1)
Q1 U CIJEVNOVODU (SKICA)



BERVULIJEVA JEDNAČINA ZA DVE
SJEKE 1-1 I 2-2:

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 + p_2$$

$h_1 = h_2 = 0$ (JER SE ŽEŠIŠTA PRESJEKA 1-1 I 2-2 ULAZUJE NA ISTOM RE-
FERENTNOM NIVOU)

$$p_1 - p_2 = \rho g h$$

$$Q_1 = V_1 \cdot A_1 = Q_2 = V_2 \cdot A_2 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \Rightarrow v_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \cdot v_1$$

DOBIJA SE:

$$v_2^2 - v_1^2 = 2gh$$

$$v_2^2 \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2\right] = 2gh \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2}}$$

$$Q_2 = Q_1 : Q_2 = A_2 \cdot v_2 = \frac{d_2^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2}}$$

SIJALA VAGLA PROMJENA BRZINE U CIJEVNOVODU IZAZIVA NAGLE PROMJENE U POKRETNOSTI I STI-
ČENJE PRITISKA, ŠTO SE ISPAKLAJA U OBLASTI CIJEVI. DVI VARIJANTE NAGLIH PROMJENA
HIDRAULIČKI UDARI, I NEPOKRETNOSTI SU U INSTALACIJAMA.

HIDRAULIČKI UDAR NASTAJE KADA SE DVI NAGLE PROMJENE U POKRETNOSTI IZAZIVA NAGLE
VARIJANTE. TADA PRESTAJE KRETAČE TEČNOSTI KOJA SE U NEPOKRETNOSTI KONTAKTU
SA PREPONOM A NJEVA KINETIČKA ENERGIJA PRELAZI U ENERGIJU PRITISKA.
POVEĆANJE PRITISKA, ODOVNO UDARNI TALAS KOJI SE FORMIRA, PREVOZI SE
KROZ TEČNOST DUV CIJEVNOVODA BRZINOM PROSTIRANJA PORUŠAVANJA TALASA U
TEČNOSTI. U SAVREMENIM HIDRAULIČKIM SISTEMIJA BRZINE STIRANJA TALASNE
TEČNOSTI SU VELIKE, A ZATVARANJE I PREBRZAVANJE U DRUGI POKRETNOSTI TALASNE
DVIKA ILI VENTILA KAKRO TREĆE, MJERI SE DIOLOVIMA SEKUNDE. ZBOG TOGA
PORAST PRITISKA MOŽE DA DOŠTA VEŠTOVIŠTEČNOSTI VEŠTOVIŠTEČNOSTI PRITISKA.

U SVIČAKU TEČNOSTI IZAZIVANJA CIJEVNOVODA NAGLE PORAST PRITISKA JE
ODREĐUJE NA BAZI FORMULE:

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot \Delta v$$

C - BRZINA PROSTIRANJA UDARNOG TALASA
U TEČNOSTI TO: BRZINA ZVUKA
S - GUSTINA TEČNOSTI

PERIOD CIJEVNOVODA T - VRIJEME ZA KOJE HIDRAULIČKI TALAS PREDE DVOSTRUKU
DUŽINU CIJEVNOVODA

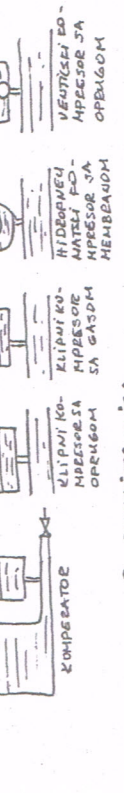
$$T = \frac{2L}{c}$$

PORPUNI HIDRAULIČKI UDAR $t_2 < T$
URLAŠENI " " $t_2 > T$

t_2 - VRIJEME ZATVARANJA VENTILA



KOMPRESORI (VLAŽIVANJE) HIDRAULIČKOG UDARA



6. KAVITACIJA

KAVITACIJA JE NAGLA PROMJENA UJE KONTINUITETA TDEKA TEČNOSTI TI DOJAVU POSTOJANJA
POSTOJA IZMEĐU MJERKA TEČNOSTI KOJI JE KAVITACIJA GASHI ILI PAROM.

AKO PRITISAK U TEČNOSTI DOĐE DO PRITISKA NA KOJE TEČNOST ISPARAVA DO-
ČI SE DO ISPARAVANJA NJEVE PARE U VIDI NAGLE PROMJENE U POKRETNOSTI IZAZIVA NAGLE
VARIJANTE. TADA SE PRITISAK DOVUPOU POVEĆA, PARE SE KONDEZIRAJE,
STVARA SE PROSTOR U KOJI ULAZI TEČNOST IZAZIVAJUĆI LOKALNE HIDRAULIČKE
UDARE I ZNAČNO LOKALNO POVEĆANJE PRITISKA I TEMPERATURARE.

KAVITACIJA DOVODI DO DOVUPOUPOU PARE (ZBOG NJE) ELEMENTA UZE-
BAJA (NPR. PUMPI) I KAVITACIJA SISTEMIJA. JAKI SUDUOI I VRIJEME DOSE-
BNO KOD PUMPI SU POSLEDICA POSTOJANJA KAVITACIJE.

PRIMER 1. TEČNOST KINEMATIČKOG VISKOZITETA $\nu = 0,14 \text{ cm}^2/\text{s}$ I GUSTINE $\rho = 900 \text{ kg}/\text{m}^3$ STRUJI KROZ CJEVNOVOD. PROTOK TEČNOSTI JE $Q = 40 \text{ l}/\text{min}$

ODREDITI PREČNIK CJEVNOVODA DA

a) - STRUJANJE BUDE LAMINIRANO

b) - NA DUVIJNI CJEVNOVOD $\ell = 14 \text{ m}$ PAD PRITISKA BUDE MANJI OD $2 \cdot 10^5 \text{ N}/\text{m}^2$ (2 bara) PRI VELOKOSTI STRUJANJA Q .

$$a) \quad Re = \frac{v \cdot d}{\nu} ; Q = A \cdot v = \frac{d^2 \pi}{4} \cdot v \Rightarrow v = \frac{4Q}{d^2 \pi} \Rightarrow Re = \frac{d}{\nu} \cdot \frac{4Q}{d^2 \pi} = \frac{4Q}{d \pi \nu}$$

SAKA JE $d = \frac{4Q}{\pi \cdot Re \cdot \nu}$ ZA LAMINIRNO STRUJANJE MORAJE BITI $Re \leq 2300$

$$d \geq \frac{4 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 0,14 \cdot \pi \cdot 2300} = 0,92 \text{ cm} \quad d \geq 0,92 \text{ cm}$$

$$b) \quad \Delta p = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 ; \lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75 \cdot d \cdot \pi \cdot \nu}{4Q} \quad \text{ZA LAMINIRNO VELOKOSTI - RASPOD STRUJANJE}$$

$$\Delta p = \frac{75 \cdot d \cdot \pi \cdot \nu}{4Q} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \left(\frac{4Q}{d^2 \pi} \right)^2 = \frac{75 \cdot d \cdot \pi \cdot \nu}{4Q} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \frac{16Q^2}{d^4 \pi^2} = \frac{150 \cdot \nu \cdot \rho \cdot Q}{\pi \cdot d^3}$$

$$\Delta p = \frac{150 \cdot \nu \cdot \rho \cdot Q}{\pi \cdot d^3} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{150 \cdot \nu \cdot \rho \cdot Q}{\pi \cdot \Delta p}}$$

$$M = V \cdot \rho = 0,4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,36 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0,036 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$M = 0,036 \text{ N} \cdot \text{s}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{150 \cdot 0,036 \cdot 14 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^5 \cdot 60}} = 0,168 \approx 1,7 \text{ cm}$$

PRIMER 2. VODA STRUJI KROZ CIJEV POKAZANU NA SLICI.

KOLIKA JE BRZINA STRUJANJA NA PRESJEKU 2

AKO SU PLOŠTINE PRESJEKA 1 I 2 REDOM, 8 cm^2

I 5 cm^2 , POKAZUJE PRITISAK NA OVIM PRESJE-

CIMA JE 4 kPa , A VIŠINSKA RAZLIKA IZMEĐU

VIJAH JE 30 cm ?

BEKVULIJEVA JEDNAČINA ZA PRESJEK 1 I 2 GLASI: $P_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2$ POŠTO JE: $h_1 = 0$; $h_2 = 30 \text{ cm}$, TO JE $P_1 - P_2 = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) + \rho \cdot g \cdot h_2$ TAKOĐE JE: $Q_1 = v_1 \cdot A_1 = Q_2 = v_2 \cdot A_2$

$$v_1 = v_2 \cdot \frac{A_2}{A_1} = v_2 \cdot \frac{5}{8} ; v_2^2 \cdot \frac{25}{64} - v_2^2 \cdot \frac{25}{64} = v_2^2 \left(1 - \frac{25}{64} \right) = v_2^2 \cdot \frac{39}{64}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) - \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot (P_1 - P_2 - \rho \cdot g \cdot h)}{39 \rho}} = 1,8 \text{ m/s}$$

$$P_1 - P_2 = 4 \text{ kPa} = 4 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} ; \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} ; g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

PRIMER 3. KOLIKOM BRZINOM ISTIČE VODA IZ ŠIROKOG OTVORA

NOG SUDA KROZ OTVOR PREČNIKA 2 cm KOJI JE NALAZI

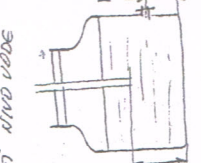
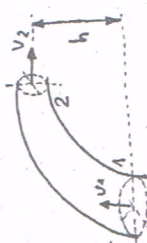
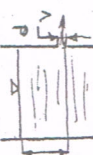
10 cm ISPOD PLOŠTINE VODE. KOLIKI JE PROTOK VODE

KROZ OTVOR AKO SE KOEFIKIJENT KONTRAKCIJE KLAZA

OTIS.

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,1} = 1,41 \text{ m/s} ; Q = v \cdot A = 1,41 \cdot \pi \cdot 10^{-2} = 0,44 \text{ l/s}$$

$$Q = k \cdot A \cdot v = 0,75 \cdot \pi \cdot 10^{-2} \cdot 1,41 = 0,33 \text{ l/s}$$



7. SUD SA DODOM ZAPOREJEN JE ČEPOM KROZ KOJI SE POKREĆE ODO-RENA ČJEVICA. DUVJI BRZJ ČJEVICE U KODJ NEMA VROE JE NA VISINI $7,5 \text{ cm}$ OD DUA SUDA, DOE JE SVAUJIA NA VISINI 2 cm OD DUA. KOLIKOM BRZINOM ISTIČE VODA AKO SE SVAUJIA OTVORI? PLOŠTINA IČAZNOG OTVORA JE MNOGO MANJA OD PO-VRŠINE POREČNOG PRESJEKA SUDA ($v = 1 \text{ m/s}$)

8. U BAZEN, KOJI JE POKAZAN, ULIVA SE VODA SA PROJEKOM 15 l/s . NA DNU BAZENA JE OTVOR PLOŠTINE 20 cm^2 . NA KOJOJ VISINI ČE SE STABILIZOVATI NIVU VODE U BAZENU? KONTAKTNI KLAZA ZAKREMLJEN. ($h = 2,8 \text{ m}$)

9. U ŠIROKI SUD ULIVA SE VODA SE KUNE SE KUNE OJEL VODE. KOLIKI TREBA DA JE PLOŠTINA OTVORA NA DNU SUDA DA BI SE VODA U SUDU ZAPOREJAVALA NA STI-LOVOJ VISINI $8,3 \text{ cm}$? KOEFIKIJENT KONTRAKCIJE KLAZA JE $0,8$. ($d = 16 \text{ cm}$)

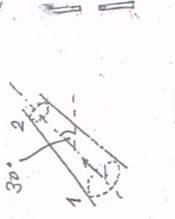
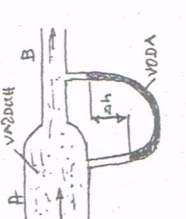
6. ŠIROK OTVOREN SUD SA NALAZI OTVOREN NA DNU NAPUNJEN JE VODOM GUSTINE ρ , I UČEJ GUSTINE ρ_2 . DEBYINA SLOJA VO-DE JE h_1 A SLOJA UČA h_2 . KAKI BRZINU KOJOM VODA ISTIČE IZ SUDA. ($v = \sqrt{\frac{2g(h_1 + h_2)}{\rho_2}}$)

5. KROZ HORIZONTALNU CIJEV PROHUEJIVOG POREČNOG PRESJEKA STRUJI VODA. POREČNI PRESJECI DIOKOVA 1 I 2 I 3 ČJEVI SU REDOM: 60 cm^2 , 90 cm^2 , 40 cm^2 . PROTOK TEČNOSTI KROZ CIJEV JE 6 l/s . PRITISAK U DIOELU 1 JE 102 kPa . KOLIKE SU VISINE TEČNOSTI U MANOMETARSKIM ČJEVČICAMA - ATMOSEFSKI PA-TISAK JE 100 kPa . ($h_1 = 20 \text{ cm}$; $h_2 = 22,8 \text{ cm}$; $h_3 = 43,7 \text{ cm}$)

4. KOLIKI MO TREBA IZVEŠITI DA BI SE, DIELUČUJ NA KLIP MO-RIZOVANOG ŠPICA IZ NJEGA IZBAČILA VODA ZA VEŠEJME? ZAPREMINA VODE U ŠPICI JE V_1 , A PLOŠTINA PLOŠNOG OTVORA JE S I MNOGO JE MANJA OD PLOŠTINE DRESJEKA ŠIROG DIOELA ŠPICA. ($K = \frac{S \cdot V_2}{V_1}$)

3. PRESJEK ŠIROG DIOELA CILINDRIČNOG ŠPICA ZA INJEKCIJE JE 2 cm , A UČEJ 1 mm . KAKI BRZINU KOJOM ISTIČE VODA IZ HORIZONTALNO DOSTUPNOG ŠPICA AKO SE NA UČEJOTUP DIOELUČE HORIZONTALNOM SUDOM OD 10 m ($V = \sqrt{\frac{8F \cdot g \cdot h}{\rho}}$, 20 m/s)

2. KROZ CIJEV AB PROHUEJIVOG VODOM. PROTOK VODUJIA JE 15 l/min . PLOŠTINA POREČNOG PRESJEKA ŠIROG DIOELA CIJEVI AB JE 2 cm^2 , K UČEJ $0,5 \text{ cm}^2$. U MANOMETARSKOJ ČJEVI NA-LAZI SE VODA. ODREDITI RAZLIKU NIVU VODE U OVA BOKA MANOMETARSKO ČJEVI (d). GUSTINA VODUJIA JE $1,32 \text{ g/cm}^3$. TEJINA VZDUŠNOG STUŽA U MANOMETARSKOJ ČJEVI JE ZAKREMLJ-RUNE ($\Delta h = 1,5 \text{ mm}$)



ZADACI