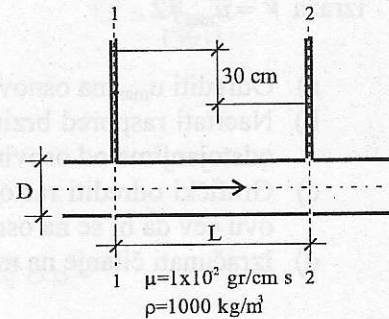


ZADACI ZA OVERU PRISUSTVA NA VEŽBAMA
 (Napomena: slike kotirati u metrima, a ne u opštim brojevima)

ZADATAK 8.1

Kroz deo cevovoda kao na slici, protiče voda nepoznatim protokom. Prečnik dela cevovoda iznosi $D=10+\frac{\beta}{20}$ mm, dužina dela cevovoda $L=10$ m, dok razlika pijezometričkih kota između preseka 1 i 2 iznosi $\Delta\Pi=30$ cm.



- Postaviti energetska jednačinu između preseka 1 i 2 i izračunati protok ukoliko se pretpostavi laminaran režim tečenja.
- Proveriti pretpostavku o laminarnom režimu tečenja, ukoliko je poznato da je granica sa prelaznim režimom ka tečenju u hidraulički glatkoj cevi pri $Re=2500$ i odrediti granični prečnik cevi pri kome bi se za izračunati protok ostvarilo tečenje u laminarnom režimu.
- Ukoliko pretpostavka o laminarnom tečenju nije ispunjena, ponoviti proračun protoka koristeći aproksimativni obrazac za koeficijent linijskog gubitka kod turbulentnog tečenja u hidraulički glatkoj cevi:

$$\lambda = 0.115 \left(\frac{60}{Re} \right)^{1/4}$$

Nacrtati energetske linije za oba slučaja na istom crtežu.

ZADATAK 8.2

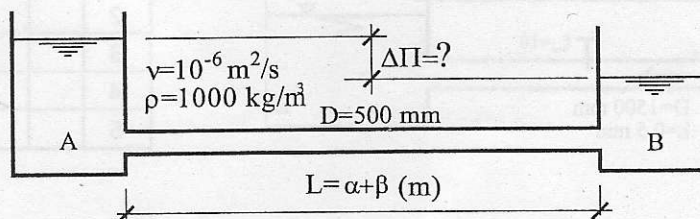
U laboratoriji je napravljena instalacija za proveru koeficijenta linijskog gubitka kod cevi kružnog poprečnog preseka. Cev, apsolutne hrapavosti $k=0.5$ mm, je postavljena između rezervoara A i rezervoara B, kao na slici. Pretpostavlja se da će voda kroz cev teći turbulentno, u prelaznom režimu iz hidraulički glatke u hidraulički hrapavu cev sa Reynolds-ovim brojevima u rasponu od $Re=[10^3 \times (\alpha + \beta) - 10^5 \times (\alpha + \beta)]$.

- Odrediti koeficijent λ za granične vrednosti Reynolds-ovog broja koristeći dva aproksimativna obrasca za njegovo izračunavanje:

$$\lambda = 0.115 \left(\frac{k}{D} + \frac{60}{Re} \right)^{1/4} \text{ i } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -0.86 \cdot \ln \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{5.13}{Re^{0.89}} \right)$$

- Ukoliko se pretpostavi da se za velike Reynolds-ove brojeve (gornja granica intervala Reynolds-ovog broja) može ostvariti tečenje u hidraulički hrapavoj cevi, odrediti koeficijent λ koristeći dva navedena obrasca, uz zanemarivanje člana sa Reynolds-ovim brojem.
- Odrediti razlike nivoa u rezervoarima za sve slučajeve graničnih vrednosti tečenja u cevovodu. Koliku maksimalnu razliku nivoa u rezervoarima treba predvideti?

Napomena: Sve lokalne gubitke zanemariti u odnosu na linijske.

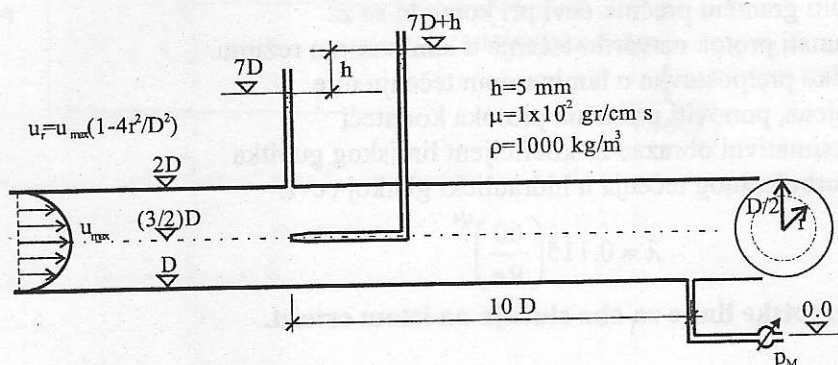


ZADACI ZA DOMAĆI RAD

ZADATAK 8.3

U horizontalnoj položenoj kružnoj cevi ($D = \frac{\alpha + \beta}{4}$ mm) tečenje je ustaljeno i laminarno. Raspored brzina se može odrediti analitički i predstaviti izrazom $u_r = u_{\max} \left(1 - \frac{4r^2}{D^2}\right)$, gde je u_r brzina na rastojanju r od osovine cevi, a u_{\max} brzina u osovini cevi. Srednja profilska brzina se može odrediti pomoću izraza $V = u_{\max}/2$.

- Odrediti u_{\max} na osnovu rezultata merenja pomoću Pitot-ove cevi.
- Nacrtati raspored brzina u pogodnoj razmeri koristeći vrednosti brzina u tačkama na sledećim odstojanjima od osovine cevi: $[-D, -3D/4, -D/2, -D/4, 0, D/4, D/2, 3D/4, D]$.
- Grafički odrediti rastojanje od centra poprečnog preseka na koje je neophodno postaviti Pitot-ovu cev da bi se na osnovu čitanja razlike nivoa h direktno odredila srednja profilska brzina V .
- Izračunati čitanje na manometru (p_M).



ZADATAK 8.4

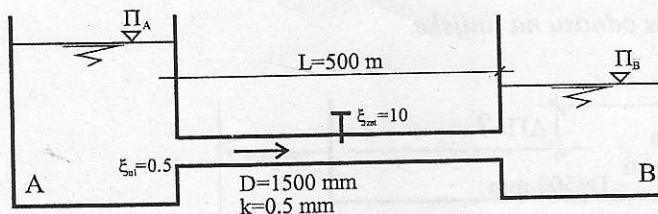
Iz rezervoara A u rezervoar B teče voda cevovodom prečnika $D = 1500$ mm, sa apsolutnom hrapavost $k = 0.5$ mm. Nivo vode u rezervoaru A je nepromenljiv i iznosi $\Pi_A = \beta$ m, a nivo vode u rezervoaru B raste od $\Pi_B = \beta/2$ m za po 1 m od trenutka $t = 0$ na svaki ceo sat. Zatvarač sa koeficijentom lokalnog gubitka $\xi_{zat} = 10$ se nalazi na sredini cevi dužine $L = 500$ m. Izračunati protok Q kroz cevovod u intervalu

vremena $t = 0$ do $t = 5$ sati, koristeći obrazac $\lambda = 0.115 \left(\frac{k}{D} + \frac{60}{Re} \right)^{1/4}$ za izračunavanje koeficijenta

linijskog gubitka λ . Pretpostaviti da se prelaz iz tečenja u hidraulički glatkoj cevi u tečenje u hidraulički hrapavoj cevi dogodi pri $Re = 6 \times 10^6$.

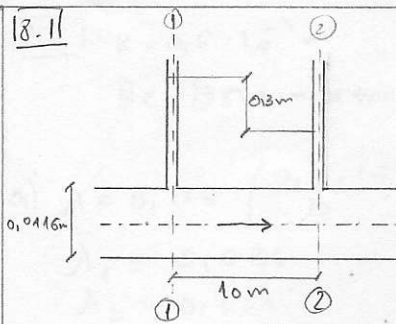
Nacrtati pijezometarsku i energetska liniju u početnom trenutku.

Za potrebe izrade zadatka koristiti tabelu:



t	Π_A	Π_B	Re	λ	V	Q
[sat]	[m]	[m]	[/]	[/]	[m/s]	[m ³ /s]
0						
1						
2						
3						
4						
5						

18.11



$$D = 0,0116 \text{ m}$$

$$\Delta \Pi = 0,3 \text{ m}$$

$$\mu = 10^{-2} \text{ gr/cm s} = 10^{-3} \text{ kg/m s}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \frac{M}{\rho} = 10^{-6}$$

$$a) \bar{E}_1 = \bar{E}_2 + \Delta \bar{E}_{1-2}$$

$$p_1 + \frac{\rho v^2}{2g} = p_2 + \frac{\rho v^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2g}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64 \cdot \mu}{\rho D Q} = \frac{64 \mu D^2 \pi}{\rho D Q \cdot 4}$$

$$Q = \frac{Q \cdot 4}{D^2 \pi}$$

$$p_1 = p_2 + \frac{64 \mu D^2 \pi}{\rho D Q \cdot 4} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho v^2}{2g} \cdot \frac{1}{2g}$$

$$\Delta \Pi = 2293,82 Q \Rightarrow Q = 1,308 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$b) Re = 2500$$

$$Re = \frac{\rho Q D}{\mu} = \frac{\rho \cdot Q \cdot 4 \cdot D}{D^2 \cdot \pi \cdot \mu} = 14356,87 > 2500$$

$$2500 = \frac{\rho \cdot Q \cdot 4 \cdot D}{D^2 \cdot \pi \cdot \mu} \Rightarrow D_{\text{min}} = 0,0666 \text{ m}$$

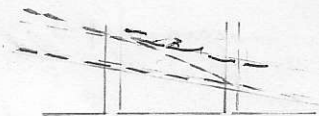
$$c) \lambda = 0,115 \cdot \left(\frac{64}{Re} \right)^{0,25}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot D \cdot Q}{\mu} = 11600 Q$$

$$\lambda = 0,0308 \cdot \frac{1}{Q^{1/4}}$$

$$\Delta \Pi = 0,0308 \cdot \frac{1}{Q^{1/4}} \cdot \frac{10}{0,0116} \cdot \frac{\rho v^2}{2 \cdot 9,81} \quad 0,22 = Q^{1/4}$$

$$\Rightarrow Q = 0,422 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \Rightarrow Q = 9,15 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



$$8.2) \quad k = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$L = 38,7 \text{ m}$$

$$Re = [38700 + 3870000] \quad \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 0,5 \text{ m}$$

$$a) \quad \lambda = 0,115 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{D} + \frac{60}{Re} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\lambda_1 = 0,026$$

$$\lambda_2 = 0,021$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 0,86 \ln \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{5,13}{Re^{0,19}} \right)$$

$$\lambda_3 = 0,024$$

$$\lambda_4 = 0,019$$

$$b) \quad \lambda_1 = 0,026 \quad \lambda_2 = 0,02$$

$$c) \quad \bar{c}_A = \bar{c}_B + \Delta \bar{c}_{A-B}$$

$$\Delta n = n_B + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\omega^2}{2g}$$

$$\Delta n = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\omega^2}{2g}$$

$$Re = \frac{\rho \omega D}{\mu} \Rightarrow \omega = \frac{Re \mu}{\rho D} = \frac{Re \nu}{D}$$

$$\omega_1 = 0,0744 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\omega_2 = 4,74 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta n(\lambda_2, \omega_1) = 4,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta n(\lambda_2, \omega_2) = 4,96 \text{ m}$$

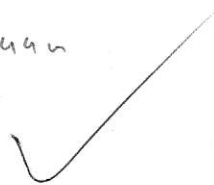
$$\Delta n(\lambda_1, \omega_1) = 0,144 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta n(\lambda_1, \omega_2) = 6,144 \text{ m}$$

$$\Delta n(\lambda_3, \omega_1) = 5,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\Delta n(\lambda_3, \omega_2) = 5,64 \text{ m}$$

Максимальная разность: 6,144 м



8-3

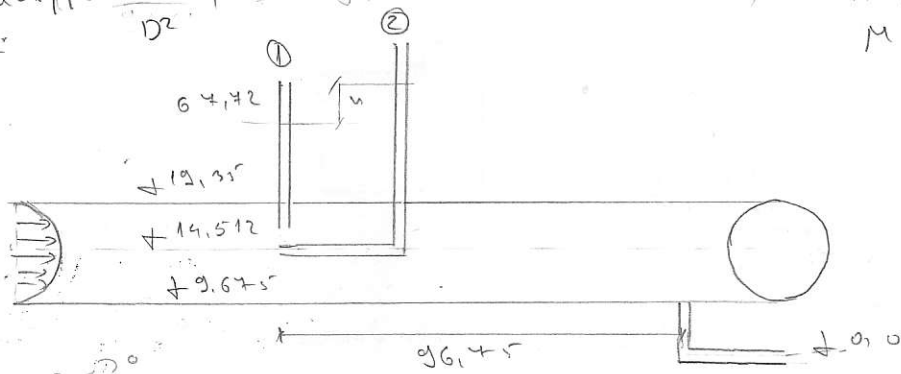
$D = 9,675 \text{ mm}$

$U_r = U_{max} \left(1 - \frac{4r^2}{D^2} \right)$

$Q = \frac{U_{max}}{2}$

$h = 0,005 \text{ m}$

$\mu = 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$



a) $E_1 = E_2 + \Delta E_{1-2}$

$\rho_1 + \frac{\rho U_{max}^2}{2g} = \rho_2 + \frac{\rho U^2}{2g} \Rightarrow U_{max}^2 = 2g(\rho_2 - \rho_1) \Rightarrow U_{max}^2 = 2gh$

$U_{max} = 0,3132 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow Q = 0,1566 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

b) $U_r = U_{max} \left(1 - \frac{4r^2}{D^2} \right)$

$U_r(-D) = U_r(D) = -0,9396 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

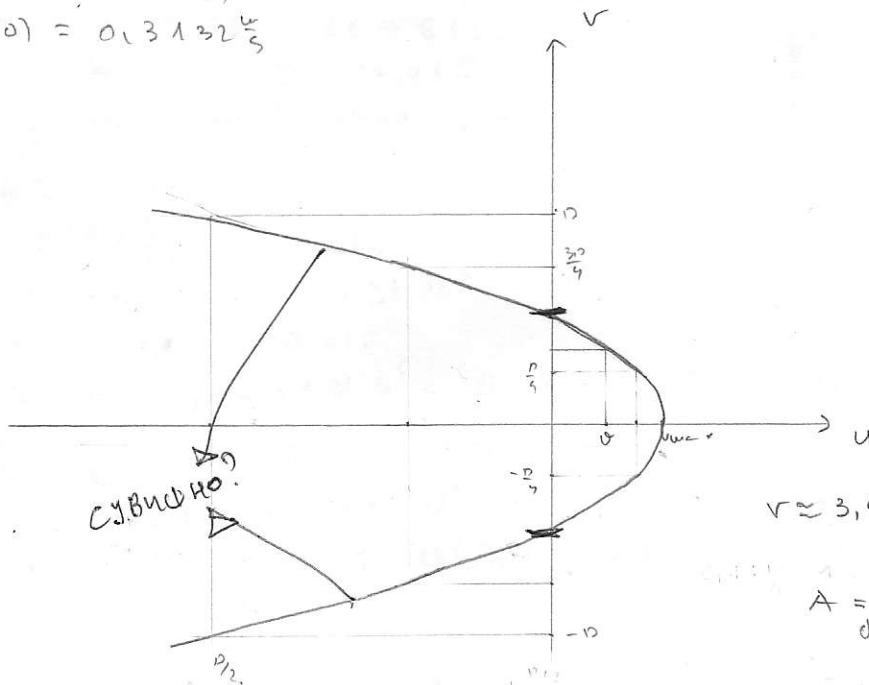
$U_r(-\frac{3D}{4}) = U_r(\frac{3D}{4}) = -0,13915 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$U_r(-\frac{D}{2}) = U_r(\frac{D}{2}) = 0$

$U_r(-\frac{D}{4}) = U_r(\frac{D}{4}) = 0,2349 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$U_r(0) = 0,3132 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

c)



$v \approx 3,46 \text{ mm}$

$A = v^2 \pi$
 $dA = 2v \pi dr$

d) $Q = U \cdot A$

$Q = 1,1513 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

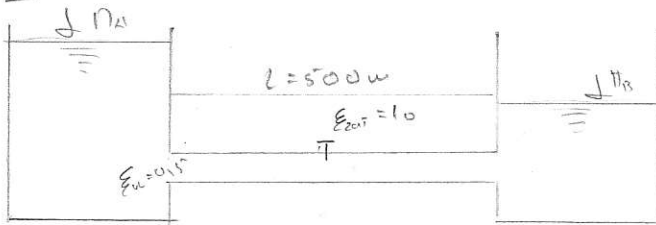
$Re = \frac{U \cdot D \cdot \rho}{\mu} = 1515,1 < 2000$ - ленточное

$\lambda = \frac{64}{Re} = 0,042$

$E_1 = E_m + \Delta E_{1-2}$

$\rho_1 + \frac{\rho U^2}{2g} = \rho_m + \frac{\rho U^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho U^2}{2g}$ $\rho_m = 64,4 \text{ mm}$

$P_m = \int g(\rho_m - \rho) = P_m = 664,33 \text{ Pa}$



t	ПA	ПB	Re	λ	Q	Q
[сат]	[ω]	[см]	10 ⁶	/	[м/с]	[м ³ /с]
0	32,7	16,35	6,5	0,016	4,24	4,24
1	32,7	14,35	6,24	0,016	4,18	7,39
2	32,7	18,35	6,12	0,016	4,08	7,21
3	32,7	19,35	5,91	0,016	3,94	6,96
4	32,7	20,35	5,6	0,016	3,79	6,43
5	32,7	21,35	5,46	0,0157	3,64	6,43

$U = 10^6 \frac{V}{с}$
 $D = 1,5 \text{ м}$
 $K = 0,5 \text{ м/м}$

• приподеленно гурдуленно храйав рещим у $t = 0 \text{ ч}$

$\lambda = 0,115 \left(\frac{K}{D} \right)^{0,25} = 0,016$
 $E_A = E_B + \Delta E_A - n$

$P_A + \frac{U^2}{2g} = P_B + \frac{U^2}{2g} + \epsilon_{ul} \cdot \frac{U^2}{2g} + \epsilon_2 \cdot \frac{U^2}{2g} + \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{U^2}{2g} + \frac{U^2}{2g} \Rightarrow P_A - P_B = \frac{U^2}{2g} (\epsilon_{ul} + \epsilon_2 + \lambda \frac{L}{D} + 1)$

$P_A - P_B (t=0) = 16,35 \Rightarrow U = 4,37 \frac{м}{с}$

$Re = \frac{U^2}{g} = 6555000 > 6 \cdot 10^6 \Rightarrow Q = U \cdot A \Rightarrow Q = 7,72 \frac{м^3}{с}$

• нп гурдуленно храйав рещим у $t = 1 \text{ ч}$

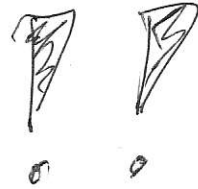
$\lambda = 0,016$
 $U = \sqrt{\frac{2g(P_A - P_B)}{\epsilon_{ul} + \epsilon_2 + \lambda \frac{L}{D} + 1}} \Rightarrow U = 4,18 \frac{м}{с}$
 $Re = 6240000 > 6 \cdot 10^6 \Rightarrow Q = U \cdot A \Rightarrow Q = 7,37 \frac{м^3}{с}$

• нп гурдуленно храйав рещим у $t = 2 \text{ ч}$

$\lambda = 0,016$
 $U = 4,08$
 $Re = 6120000 > 6 \cdot 10^6 \Rightarrow Q = U \cdot A \Rightarrow Q = 7,21 \frac{м^3}{с}$

• нп гурдуленно храйав рещим у $t = 3 \text{ ч}$

$\lambda = 0,016$
 $U = 3,94 \frac{м}{с}$
 $Re = 5,91 \cdot 10^6 < 6 \cdot 10^6$



УЧИТИ ПРОРЕК

$\lambda_2 = 0,115 \left(\frac{K}{D} + \frac{G_0}{Re} \right)^{0,25} = 0,016$

$Q(\lambda_1) = 3,94 \Rightarrow Re(\lambda_1) = 5,91 \cdot 10^6$

$\lambda_{2n} = 0,115 \left(\frac{K}{D} + \frac{G_0}{Re} \right)^{0,25} = 0,016$

$Q(\lambda_2) = 3,94 \frac{м}{с} \Rightarrow Re = 5,91 \cdot 10^6; Q = U \cdot A \Rightarrow Q = 6,96 \frac{м^3}{с}$

• $t = 4 \text{ ч}$

$\lambda = 0,016$
 $U = 3,79 \frac{м}{с} \Rightarrow Re = 5,6 \cdot 10^6$
 $\lambda_1 = 0,0157$
 $Q(\lambda_1) = 3,81 \Rightarrow Re = 5,41 \cdot 10^6$
 $\lambda_2 = 0,0157$
 $Q(\lambda_2) = 3,81 \Rightarrow Q = 6,73 \frac{м^3}{с}$

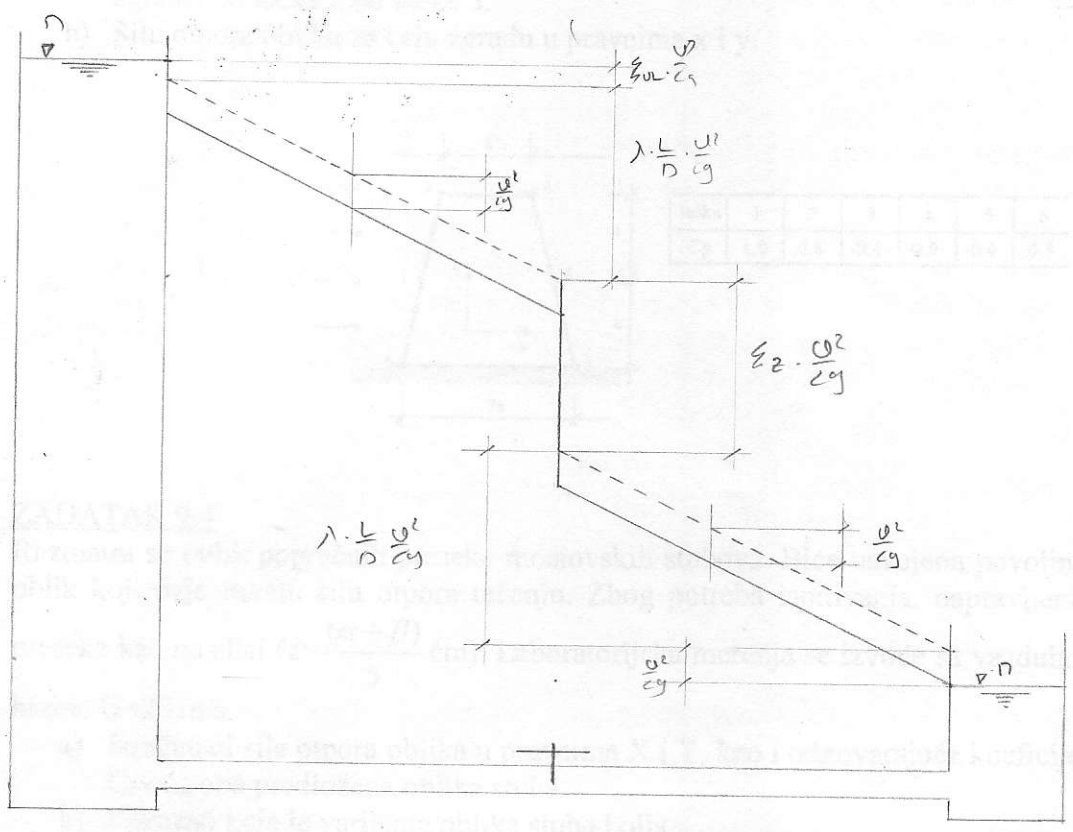
• $t = 5 \text{ ч}$

$U = 3,64 \frac{м}{с} \Rightarrow Re = 5,46 \cdot 10^6 < 6 \cdot 10^6$
 $\lambda_1 = 0,0157$
 $Q(\lambda_1) = 3,81 \Rightarrow 5,41 \cdot 10^6$
 $\lambda_2 = 0,0157$
 $Q(\lambda_2) = 3,81 \Rightarrow Q = 6,45 \frac{м^3}{с}$

ZADANJE 2.1

Pravokutni otvoreni kanal širine $b = 0.5 \text{ m}$ teče na objemu $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ pri brzini $U = 2 \text{ m/s}$. Kanal je od materijala sa koeficijentom hrapavosti $k_s = 0.1 \text{ mm}$. Gustina vazduha iznosi $\rho_{\text{vaz}} = 1.2 \text{ kg/m}^3$, a dinamička viskoznost $\nu = 1.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Odrediti:

- a) Uklonjeni sloj (sloj otklon) δ u Y pravcu i x-ihu otpora oblika u X pravcu) koje deluje na krov



- b) Uklonjeni sloj (sloj otklon) δ u X pravcu i y-ihu otpora oblika u Y pravcu) koje deluje na krov
- c) Uklonjeni sloj (sloj otklon) δ u Z pravcu i x-ihu otpora oblika u X pravcu) koje deluje na krov

	1	2	3	4	5	6
C_p	1.0	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02

	1	2	3	4	5	6	7	8
C_p	0.1	0.4	0.7	0.9	0.9	0.8	0.6	0.3

