

2. Conspicuous

nois -

کاربرد مواد در انرژی در کمال های باز

کاربرد معادله اندازن حرکت (هفتمین) در مثال های باز

۔ جریان كنواض

حیدر خان متغیر تدریسی ورسم پرو عین تعذیبی سطح اکاب

ارزنا ہے

۱۲ غره

امتحان پائین در رسم

опт 1^м

 $\leftarrow \frac{J_2}{\omega; \pi}$

۱۲ غرن

عن

۱۔ حضور خلیل و محمدین

: 2

حصہ اول کتابتیں ہائے مکتفہ دکنہ ابرہہ

حیدر علی خان ہمایوں کے تالیف دیگر ہجائے

open channel Hydraulic by Chow -

Subject
Year Month Date ()

Page ()

5

10

1/2

15

20

25

AR MAN

مضامین اول: مقدمه

جریان

$$\frac{d}{dt} = 0$$

$$\frac{d}{dt} \neq 0$$

انواع جریان بر اساس تغییرات زمانی و مکانی

- 1- جریان دائمی
- 2- جریان غیر دائمی

1- جریان دائمی: $\frac{d}{dt} = 0$ مثال: خروج از روزنه یک مخزن

$$\frac{d}{dx} = 0$$

$$\frac{d}{dx} \neq 0$$

انواع جریان بر اساس تغییرات مکانی و زمانی

- 1- جریان یکبافت
- 2- غیر یکبافت (متغیر)

غیر یکبافت $\frac{d}{dx} \neq 0$

- متغیر سریع
- متغیر تدریجی

انواع جریان بر اساس عدد رینولدز

- 1- جریان آرام (لاهای) $Re \leq 500$

$$Re > 1000$$

2- جریان آشفته

$$Re = \frac{PVR}{\mu} = \frac{VR}{\nu}$$

$$500 < Re < 1000$$

3- جریان انتقالی

$$Re \leq 2000$$

$$Re \geq 4000$$

$$2000 < Re < 4000$$

برای اوله

- آرام
- آشفته
- انتقالی

$$Re = \frac{\rho V R}{\mu} = \frac{V R}{\nu}$$
 انواع جریان های $\rightarrow$
 لزجت دینامیکی $\downarrow$
 سینماتیک

$$R = \frac{A}{P}$$
 مساحت جریان $\rightarrow$
 پیرامون مرطوب $\rightarrow$
 (ترسده)

* در کانال های روباز به جریان آشفته است

انواع جریان بر اساس عدد فرود $\rightarrow$
 1- جریان زیر بحرانی $Fr < 1$
 2- جریان بحرانی $Fr = 1$
 3- جریان فوق بحرانی $Fr > 1$
 $Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}$ $\rightarrow$ فوق هیدرولیک
 $D = \frac{A}{T}$ $\rightarrow$ عرض آزاد
 $\sqrt{gD}$ * سرعت موج

* نکته
 $Re = \frac{\text{شیروی اینرسی}}{\text{شیروی لزجت}}$ رینولدز
 $Fr = \frac{\text{شیروی اینرسی}}{\text{شیروی ثقل}}$ فرود

سایر هم در کانال ها

معادلات حرکت سیال
- معادله انتقال رینولدز

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\int_{C.V.} \rho dV \right) + \int_{C.S.} \rho \vec{v} \cdot d\vec{A}$$

حجم

$$N \left\{ \begin{array}{l} m \text{ جرم} \\ E \text{ انرژی} \\ mv \text{ اندازه حرکت} \end{array} \right.$$

$$V = \frac{N}{m} \rightarrow V = \frac{E}{mv} = \frac{e}{v}$$

معادله پیوستگی

$$\int V \cdot dA = 0$$

$$Q = A \cdot V$$

در هر جایی

$$\Rightarrow \sum Q_{\text{ورودی}} = \sum Q_{\text{خروجی}}$$

$$Q_A = \rho \cdot A \cdot V$$

در هر جایی

در یک: افزایش انرژی ناشی از پمپ

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + h_p = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_L$$

فشار

ضرب تصحیح
انرژی جنبشی

هد توربین (افت انرژی ناشی از توربین)

افت انرژی مبرهنه و طولی

سرعت واقعی $\rightarrow$

$$\alpha = \frac{\int v^3 dA}{v^3 A}$$

سرعت متوسط $\rightarrow$

معادله موینتم (انرژی حرکت)

$$\sum \vec{F} = \sum \beta \rho v \vec{v} A$$

$$= \sum \beta \rho Q (v_{\text{خروجی}} - v_{\text{ورودی}})$$

$$= \sum \rho Q (\beta_2 v_{\text{خروجی}} - \beta_1 v_{\text{ورودی}})$$

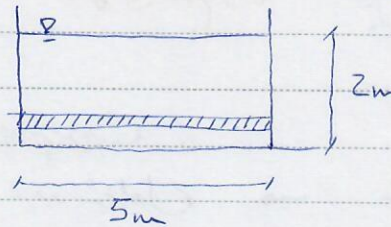
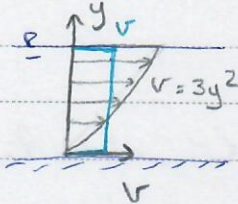
$$\beta = \frac{\int v^2 dA}{v^2 A}$$

β = ضریب تصحیح انرژی حرکت

$$\alpha = \frac{\int v^3 dA}{v^3 A}$$

$$\beta = \frac{\int v^2 dA}{v^2 A}$$

مثال: در کانالی با مقطع مستطیلی، جریان با سرعت $v = 3y^2$ و با توزیع سرعت $v = 3y^2$ برقرار است. مطلوب است محاسبه مقدار ضریب تصحیح انرژی جنبشی و موقعیت برای این جریان



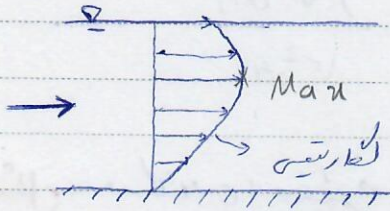
$$v = \frac{\int v dA}{A} \quad dA = 5 dy$$

$$v = \frac{\int_0^2 3y^2 \times 5 dy}{(5 \times 2)} = \frac{3}{2} \times \frac{y^3}{3} \bigg|_0^2 = 4 \text{ m/s}$$

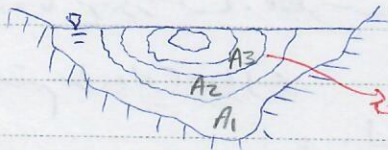
$$\alpha = \frac{\int_0^2 (3y^2)^3 \times 5 dy}{4^3 \times (5 \times 2)} = \frac{3^3}{4^3 \times 2} \times \frac{y^7}{7} \bigg|_0^2 = 3.86$$

$$\beta = \frac{\int_0^2 (3y^2)^2 \times 5 dy}{4^2 \times (5 \times 2)} = \frac{3^2}{4^2 \times 2} \times \frac{y^5}{5} \bigg|_0^2 = 1.8$$

توزیع سرعت در کانال های باز :



* Max در سطح آب است
چون اصطلاح جوار و دایم



$$V = \frac{\sum V_i A_i}{\sum A_i} \rightarrow \text{روش اول}$$

$A_i = \text{مساحت بین خطوط هم سرعت}$

روش دوم : روش تجربی ← سرعت در عمق 0.2 و 0.8

اندازه می گیریم و میانگین می گیریم

$$V = \frac{V_{0.2y} + V_{0.8y}}{2} \rightarrow y = \text{عمق جریان}$$

$$\alpha = \frac{\sum V_i^3 A_i}{V^3 \sum A_i}$$

← سرعت متوسط

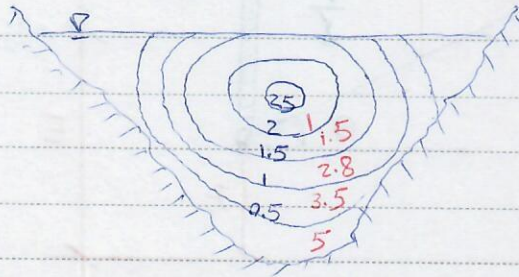
$$\beta = \frac{\sum V_i^2 A_i}{V^2 \sum A_i}$$

← سرعت متوسط

مثال) خطوط هم سرعت برداشت شده از جریان گذرنده از یک کانال با مشخصات

دارد به موجود است. مطلوب است محاسبه مقدار سرعت متوسط و ضرایب تصحیح

انرژی جنبشی و موافقت برای این جریان



سرعت V	مساحت A
0.5 $\frac{m}{s}$	5 m^2
1 $\frac{m}{s}$	3.5 m^2
1.5 $\frac{m}{s}$	2.8 m^2
2 $\frac{m}{s}$	1.5 m^2
2.5 $\frac{m}{s}$	1 m^2

سرعت متوسط دو خط هم سرعت

$$V = \frac{\sum V_i A_i}{\sum A_i}$$

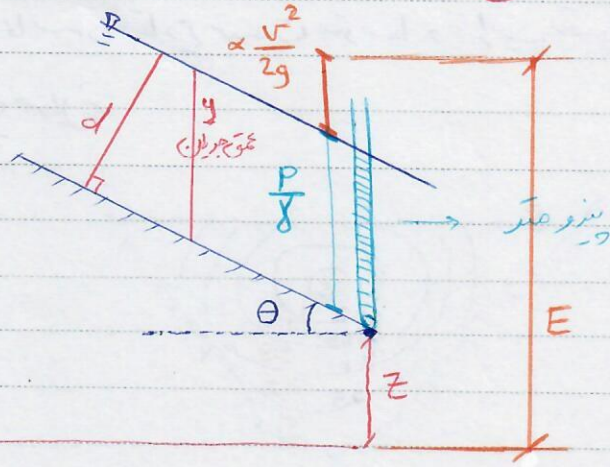
$$V = \frac{\left(\frac{0+0.5}{2}\right) \times 5 + \left(\frac{0.5+1}{2}\right) \times 3.5 + \left(\frac{1+1.5}{2}\right) \times 2.8 + \left(\frac{1.5+2}{2}\right) \times 1.5 + \left(\frac{2+2.5}{2}\right) \times 1}{5 + 3.5 + 2.8 + 1.5 + 1}$$

$$= 0.887 \frac{m}{s}$$

$$\alpha = \frac{\left(\frac{0+0.5}{2}\right)^3 \times 5 + \left(\frac{0.5+1}{2}\right)^3 \times 3.5 + \left(\frac{1+1.5}{2}\right)^3 \times 2.8 + \left(\frac{1.5+2}{2}\right)^3 \times 1.5 + \left(\frac{2+2.5}{2}\right)^3 \times 1}{0.887^3 (5 + 3.5 + 2.8 + 1.5 + 1)}$$

$$\beta = \frac{\left(\frac{0+0.5}{2}\right)^2 \times 5 + \left(\frac{0.5+1}{2}\right)^2 \times 3.5 + \left(\frac{1+1.5}{2}\right)^2 \times 2.8 + \left(\frac{1.5+2}{2}\right)^2 \times 1.5 + \left(\frac{2+2.5}{2}\right)^2 \times 1}{0.887^2 (5 + 3.5 + 2.8 + 1.5 + 1)}$$

توزیع فشار در کانال های باز:



$$E = \frac{P}{\gamma} + z + x \frac{v^2}{2g}$$

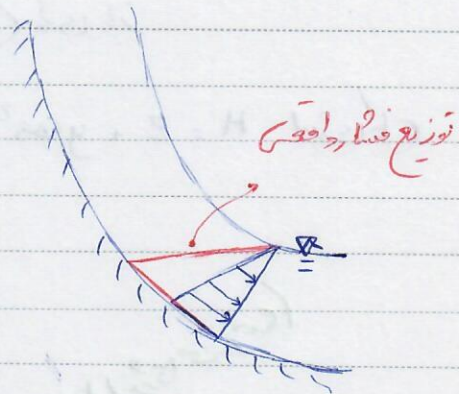
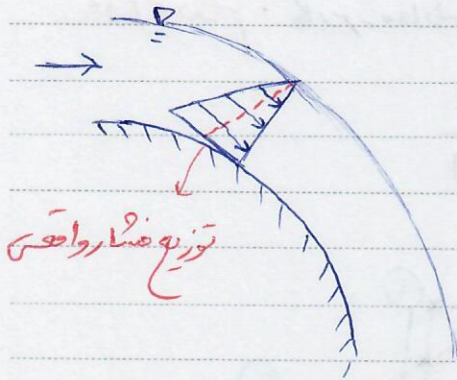
$$\cos \theta = \frac{d}{y}$$

$$\Rightarrow d = y \cdot \cos \theta$$

$$\Rightarrow \cos \theta = \frac{\frac{P}{\gamma}}{d}$$

$$\Rightarrow \frac{P}{\gamma} = d \cdot \cos \theta = y \cdot \cos^2 \theta$$

$$\Rightarrow E = y \cos^2 \theta + z + x \frac{v^2}{2g}$$



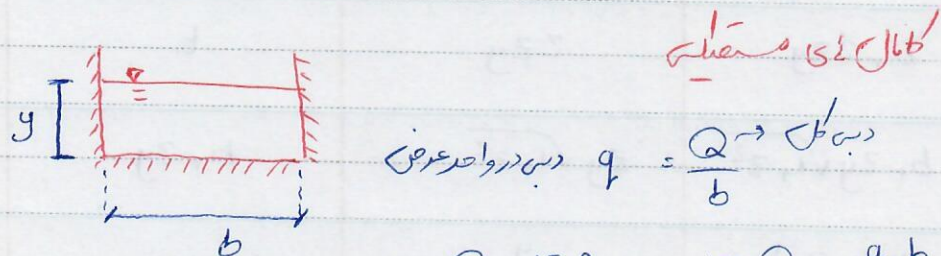
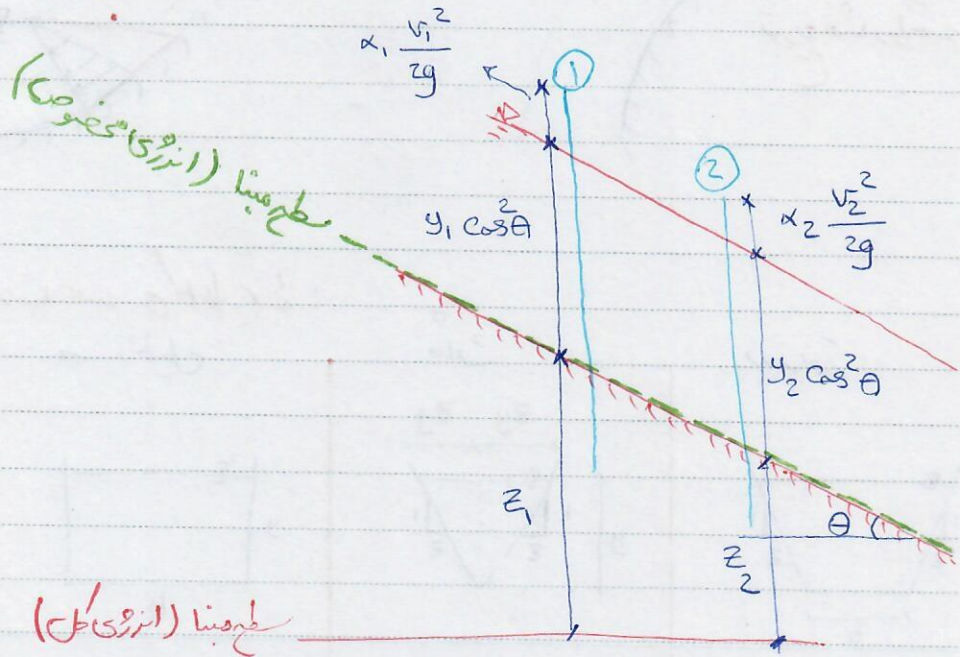
مستطیلات هندسی کانال ۲:

خوزنه	مستطیل	مستطیل	مساحت جریان
			(A)
$y(b + zy)$	zy^2	by	عرض انزاد
$b + 2zy$	$2zy$	b	(T)
$b + 2y\sqrt{1+z^2}$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$b + 2y$	براهون مرطوب
$\frac{y(b + zy)}{b + 2zy}$	$\frac{y}{2}$	y	(P)
$\frac{y(b + zy)}{b + 2y\sqrt{1+z^2}}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$\frac{by}{b + 2y}$	حق هیدرولیک
			(D = \frac{A}{T})
			شعاع هیدرولیک
			(R = \frac{A}{P})

فصل دوم: کاربرد معادله انرژی در کانال های باز

$$H = z + y \cos^2 \theta + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

انرژی کل



دبی کل $Q \rightarrow q = \frac{Q}{b}$ دبی در واحد عرض

$$Q = v \cdot A \rightarrow v = \frac{Q}{A} = \frac{q \cdot b}{b \cdot y}$$

$$\rightarrow v = \frac{q}{y} \rightarrow \boxed{q = v \cdot y}$$

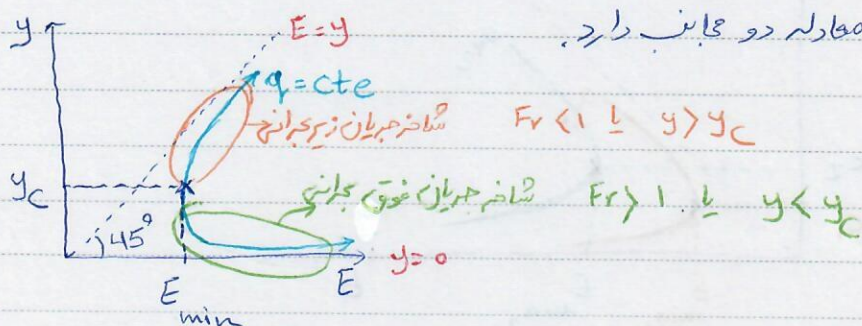
$$E = y \cos^2 \theta + \alpha \frac{q^2}{2gy^2} \rightarrow \frac{q^2}{2g} \left(\frac{1}{y^2} \right)$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gD}} = \frac{q}{y\sqrt{gy}}, \quad D = y$$

فرض $\left\{ \begin{array}{l} \theta < 6^\circ \\ \alpha = 1 \end{array} \right. \Rightarrow \cos^2 \theta = 1 \rightarrow E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$

با فرض ثابت بودن q : (ثابت $q = cte = \text{دسته}$)

* منحنی بارم



$$\frac{dE}{dy} = 0 \rightarrow 1 + \frac{q^2}{2g} \times \frac{-2y \times 1}{(y^2)^2 y^3} = 0 \rightarrow \frac{q^2}{gy^3} = 1 \quad (1)$$

$$Fr = \frac{q}{y\sqrt{gy}} \rightarrow Fr^2 = \frac{q^2}{gy^3} \stackrel{(1)}{=} 1 \Rightarrow Fr = 1 \quad \text{جریان بحرانی}$$

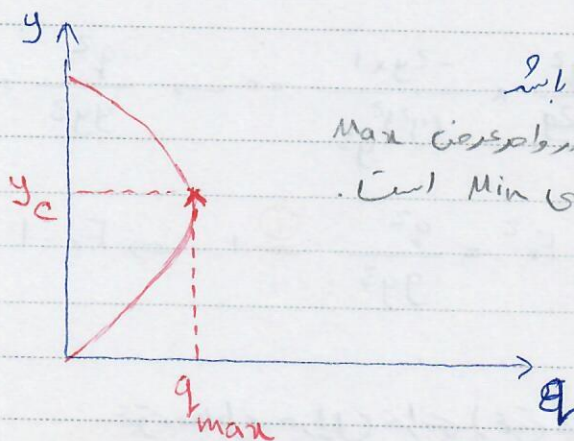
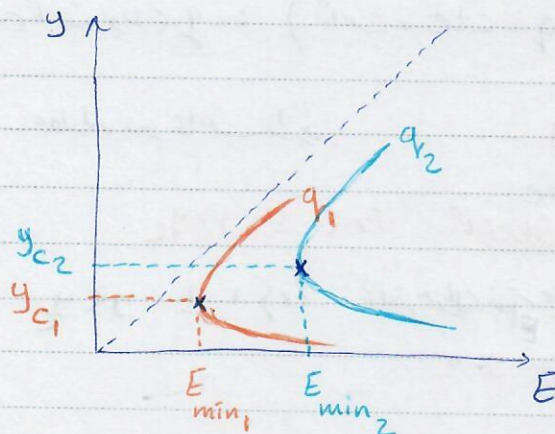
$\Rightarrow y_c$ عمق مقابل جریان بحرانی (عمق بحرانی)

①: $\frac{q^2}{gy_c^3} = 1 \Rightarrow$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

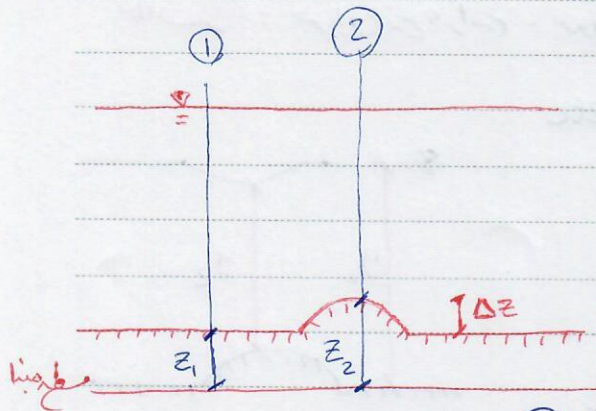
$$E_{\min} = y_c + \frac{q^2}{2gy_c^2} = y_c + \frac{gy_c^3}{2gy_c^2} = y_c + \frac{y_c}{2}$$

$$\Rightarrow E_{\min} = \frac{3}{2} y_c$$



- فرض: E ثابت باشد
* در عمق ثابت، جریان در دو صورت Max و انرژی Min است.

برآوردی موهنسی در یک کانال :



$$\Delta z = z_2 - z_1$$

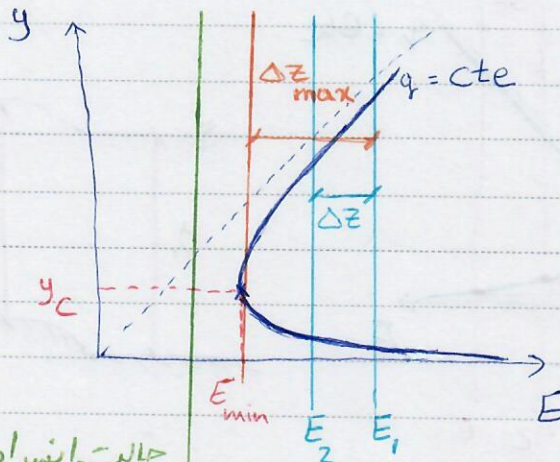
با صرف نظر کردن از افت انرژی بین مقطع ① و ② :

$$H_1 = H_2$$

$$E_1 + z_1 = E_2 + z_2 \Rightarrow E_1 = E_2 + \overbrace{(z_2 - z_1)}^{\Delta z}$$

$$\Rightarrow E_1 = E_2 + \Delta z$$

موقعی که اختلاف

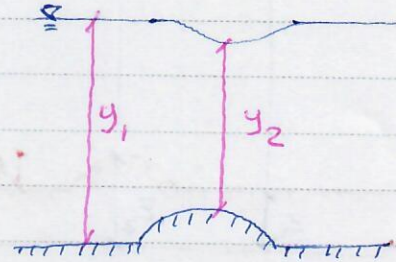
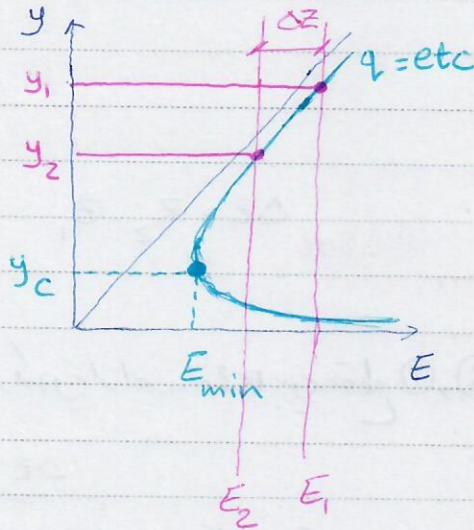


حالت انشداد $E_2 < E_{min}$

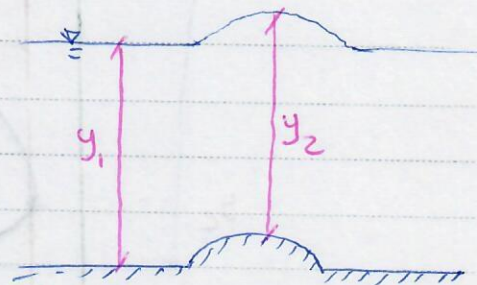
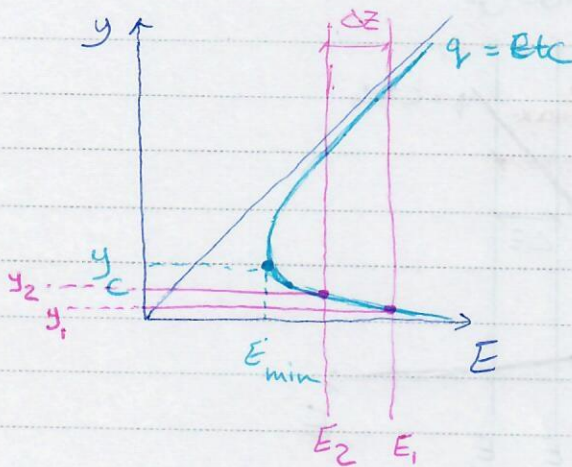
$\Delta z > \Delta z_{max}$

حالت های ممکن:

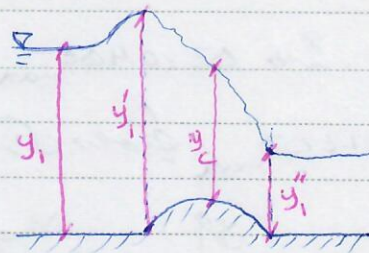
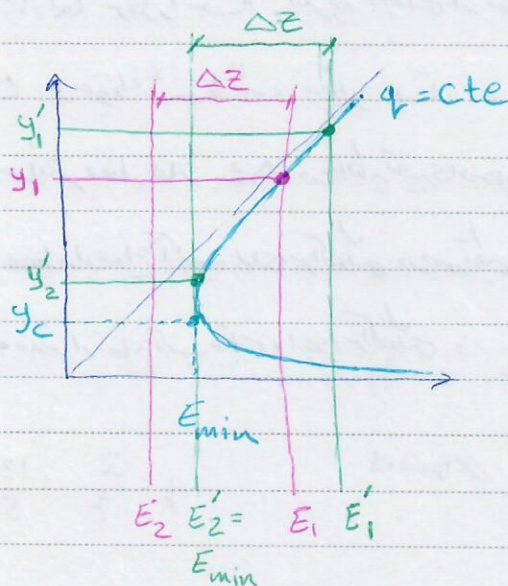
حالت ①: جریان زیر بحرانی - بدون انسداد در جریان



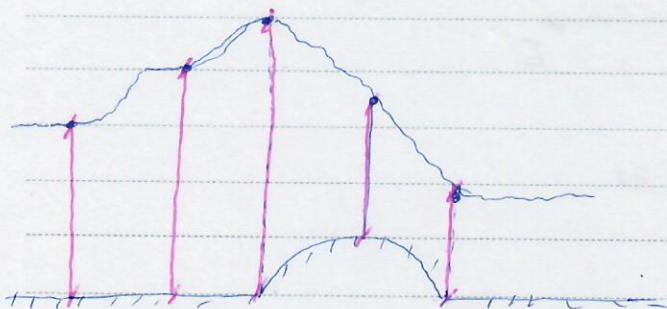
حالت ②: جریان فوق بحرانی - بدون انسداد در جریان



حالت 3: جریان زیر پهنه - با انسداد در جریان



حالت - (4): جریان فوق بحر است - با انسداد در جریان



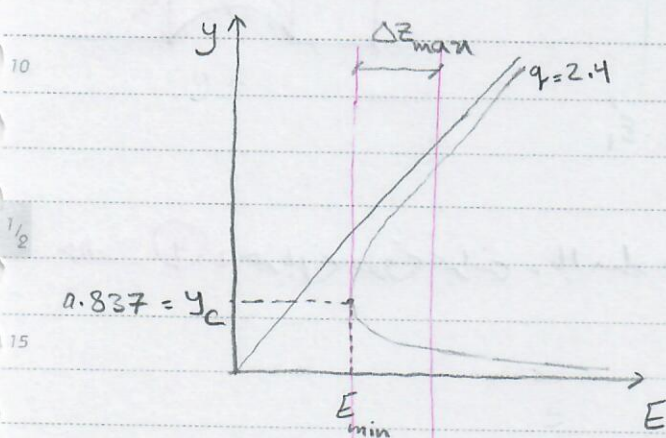
مسئله) در کانال مستطیلی با عرض 5 م، جریان با عمق 3 م و با دبی $Q = 12 \frac{m^3}{s}$ برقرار است. اگر در قسمتی از طول این کانال، یک برآمدگی با

ارتفاع ΔZ وجود داشته باشد، مطلوب است:

الف) محاسبه حداکثر مقدار مجاز ΔZ در حالتی تغییراتی در جریان روی نوبه (انسداد نداشته باشیم)

ب) محاسبه مقدار ارتفاع آب روی برآمدگی در صورتیکه $\Delta Z = 0.4 \Delta Z_{max}$ باشد

ج) محاسبه مقدار ارتفاع آب قبل، روی برآمدگی و پس از آن در صورتیکه $\Delta Z = 1.2 \Delta Z_{max}$ باشد



$$q = \frac{Q}{b} = \frac{12}{5} = 2.4 \frac{m^3}{s \cdot m}$$

$$1.256 = E_2 \quad E_1 = 2.07$$

الف) $q = \frac{Q}{b} = \frac{12}{5} = 2.4$

$$E_1 = y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = 2 + \frac{(2.4)^2}{2 \times 9.81 \times 2^2} = 2.07 \text{ m}$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(2.4)^2}{9.81}} = 0.837 \text{ m}$$

$$E_{\min} = \frac{3}{2} y_c = \frac{3}{2} \times 0.837 = 1.256 \text{ m}$$

$$E_1 = E_{\min} + \Delta Z_{\max} = 2.07 - 1.256 = 0.814 \text{ m}$$

ب)

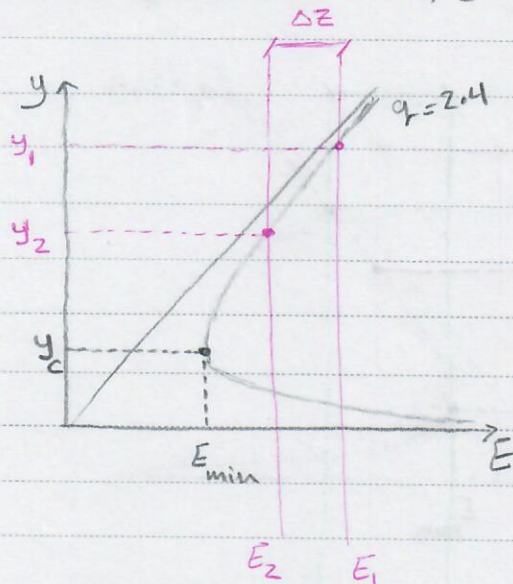
$$\Delta Z = 0.4 \times 0.814 = 0.326 \text{ m}$$

$$\Delta Z = 0.326 < \Delta Z_{\max} \Rightarrow \text{انشداد نداریم}$$

$$Fr = \frac{q}{y_1 \sqrt{g y_1}} = \frac{2.4}{2 \sqrt{9 \times 2}} = 0.271 < 1 \Rightarrow \text{رژیم جریان زیر بحرانی}$$

$$y_1 = 2 \text{ m} > y_c = 0.837 \text{ m} \Rightarrow \text{رژیم جریان زیر بحرانی}$$

حالت ①: جریان زیر بحرانی - بدون انشداد در جریان



از اهر در صفحه بعد

$$E_1 = E_2 + \Delta Z \Rightarrow E_2 = \Delta Z - E_1$$

$$\Rightarrow E_2 = 2.07 - 0.326 = 1.744 \text{ m}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{q^2}{2g y_2^2} \Rightarrow 1.744 = y_2 + \frac{(2.4)^2}{2g y_2^2}$$

$$\Rightarrow y_2^3 - 1.744 y_2^2 + 0.293 = 0 \xrightarrow{\text{ماتریکس حساب}} \begin{cases} y_2 = 1.634 \text{ m} \\ y_2 = 0.482 \text{ m} \end{cases}$$

جرایان زیر بحرانی

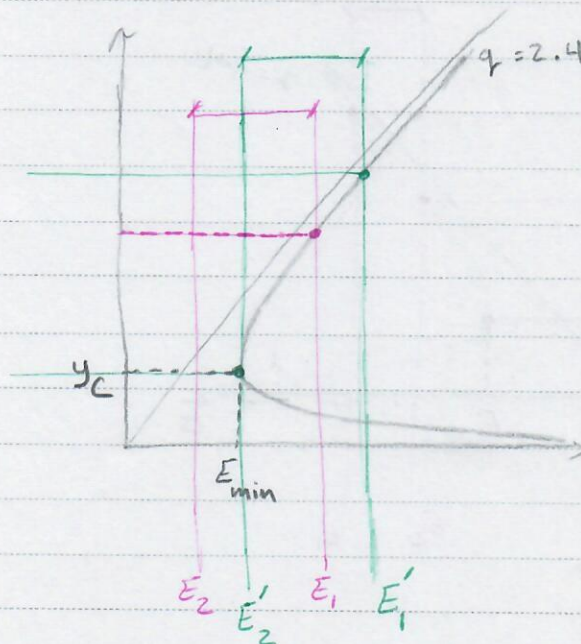
ب) $\Delta Z = 1.2 \times 0.814 = 0.977 \text{ m}$

$\Delta Z = 0.977 > \Delta Z_{\max} \Rightarrow$ انسداد داریم

$Fr < 1$

$\Rightarrow$ جرایان زیر بحرانی

حالت ③



$$E_1' = \underset{\substack{\downarrow \\ E_{\min}}}{E_2'} + \Delta z \Rightarrow E_1' = 1.256 + 0.977 = 2.233^m$$

$$E_1' = y_1' + \frac{q^2}{2gy_1'^2} \Rightarrow 2.233 = y_1'$$

5

10

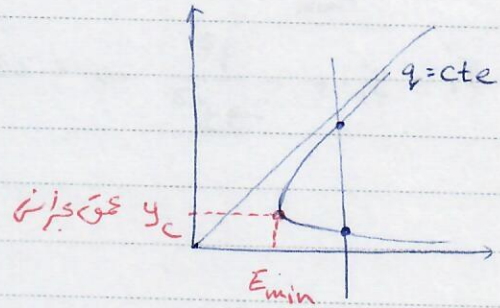
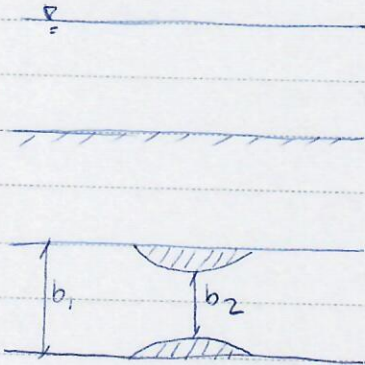
1/2

15

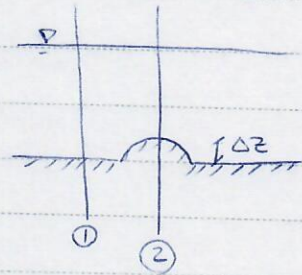
20

25

تنگ شدن موضعی در لف کانال :

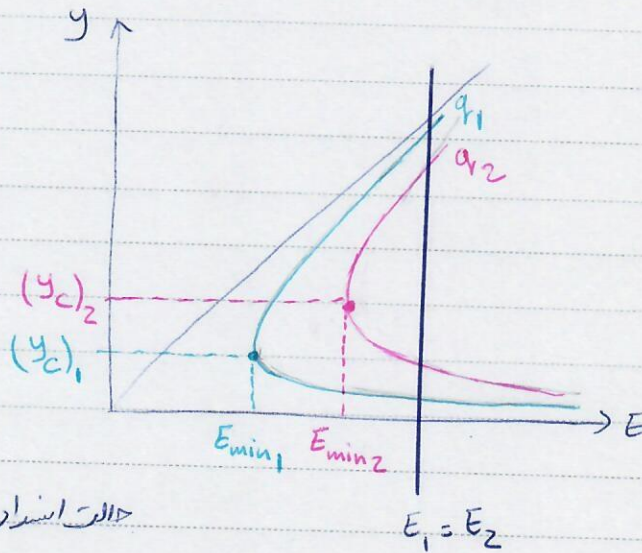


$$\begin{cases} E_1 = E_2 \\ q = Q/b \\ q_1 = q_2 \end{cases}$$



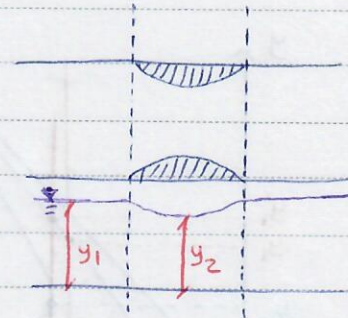
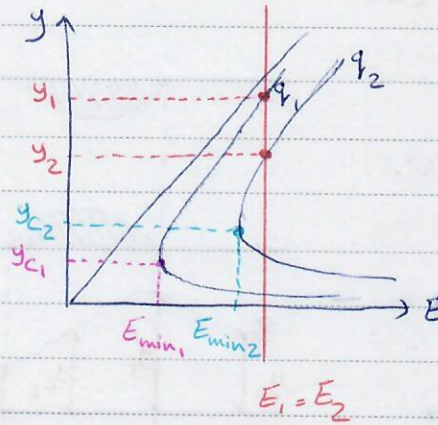
$$E_1 = E_2 + \Delta z$$

برای
تنگ شدن

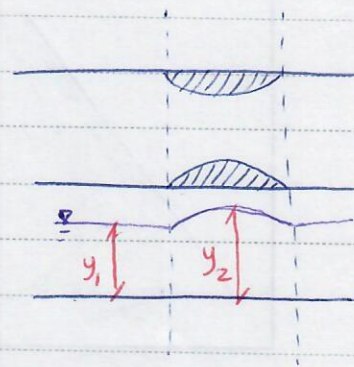
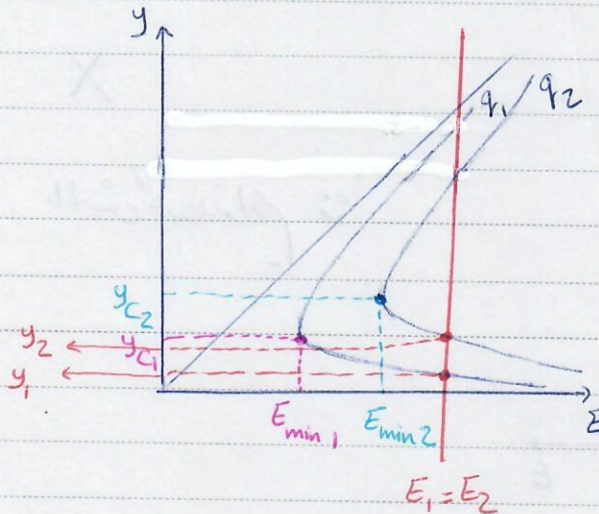


✓ $E < E_{min2} \rightarrow$ حالت اشباع

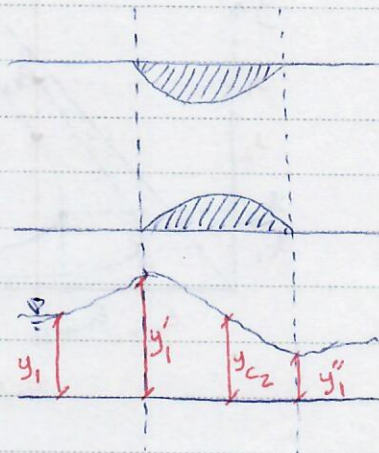
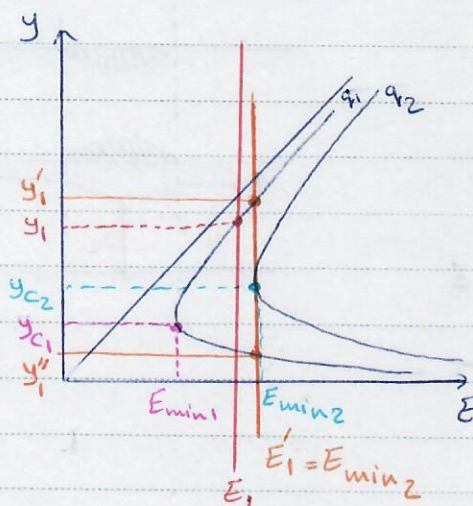
حالت ① : رژیم جریان زیر بحرانی - بدون انسداد در جریان



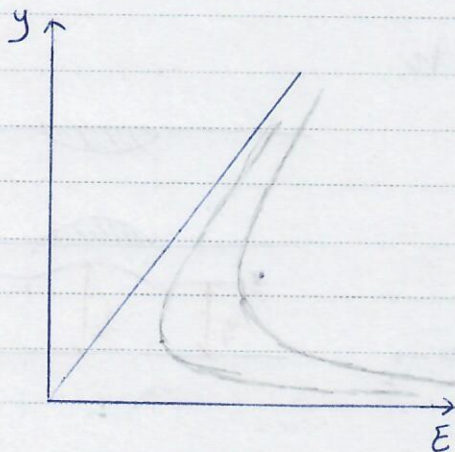
حالت ② : رژیم جریان فوق بحرانی - بدون انسداد در جریان



حالت ③: رژیم جریان زیر بحرانی - با انسداد در جریان

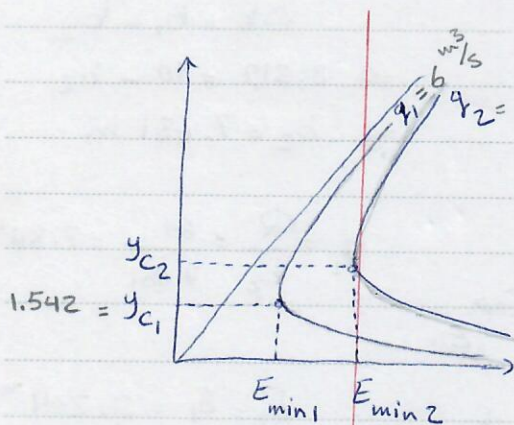


حالت ④: رژیم جریان فوق بحرانی - با انسداد در جریان



بالای کاری اندازیم

مثال ۱) در یک کانال مستطیلی عرض 10 m ، جریان به عمق 3 m و دبی $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ برقرار است. اگر در مقطعی از این کانال یک تنگ شده موقعتی وجود داشته باشد، مطلوب است: الف) محاسب حد اکثر مقدار مجاز تنگ شده در صورتی که انسداد در جریان بوجود نیاید. $(\Delta b_{\max})$. ب) محاسب مقدار عمق جریان در محل تنگ شده در حالتیکه $\Delta b = 0.6 \Delta b_{\max}$ باشد.



$$q_1 = \frac{Q}{b} = \frac{60}{10} = 6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$y_{c1} = \sqrt[3]{\frac{q_1^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{6^2}{9.81}} = 1.542 \text{ m}$$

$$E_1 = y_1 + \frac{q_1^2}{2gy_1^2} = 3 + \frac{6^2}{2g \times 3^2} = 3.204 \text{ m}$$

$$E_1 = E_2 = E_{\min 2}$$

$$E_{\min 2} = E_1 = 3.204 \text{ m} \Rightarrow E_{\min 2} = \frac{3}{2} y_{c2} = 3.204 \Rightarrow y_{c2} = 2.136 \text{ m}$$

$$y_{c2} = \sqrt[3]{\frac{q_2^2}{g}} = 2.136 \Rightarrow q_2 = 9.78 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow q_1 b_1 = q_2 b_2 \Rightarrow 6 \times 10 = 9.78 b_2$$

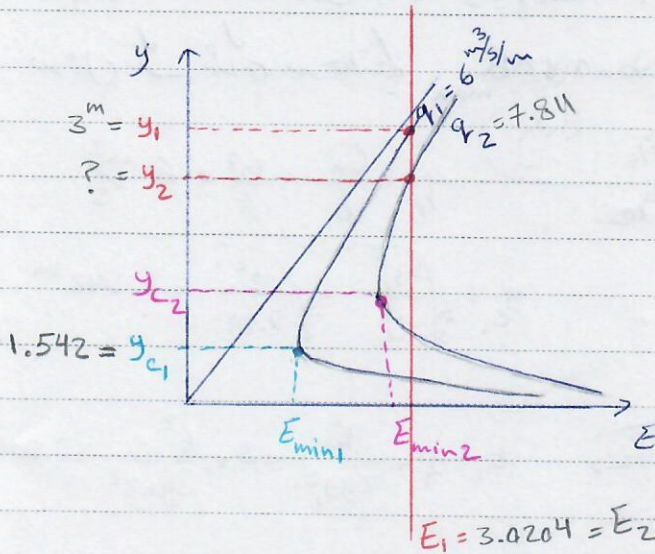
$$\rightarrow b_2 = 6.135 \text{ m} \rightarrow \Delta b_{\max} = b_1 - b_2 = 3.865 \text{ m}$$

$$\Delta b = 0.6 \times 3.865 = 2.319 \text{ m}$$

$$\Delta b < \Delta b_{\max} \Rightarrow \text{انسداد ندارد}$$

$$y_1 = 3 \text{ m} > y_{c1} = 1.542 \text{ m} \Rightarrow$$

رژیم جریان زیر بحرانی



$$\Delta b = b_1 - b_2$$

$$\Rightarrow 2.319 = 10 - b_2$$

$$\Rightarrow b_2 = 7.681 \text{ m}$$

$$q_2 = \frac{Q}{b_2} = \frac{60}{7.681} = 7.811 \frac{\text{m}^3}{\text{s/m}}$$

$$E_2 = E_1 = 3.204 \text{ m}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{q_2^2}{2gy_2^2} = 3.204$$

$$y_2 + \frac{7.811^2}{2gy_2^2} = 3.204 \Rightarrow y_2^3 - 3.204y_2^2 + 3.11 = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} y_2 = 1.247 \text{ m} \\ y_2 = 2.810 \text{ m} \end{cases} \checkmark$$

تقریب برای حل به آئینده سوال قبلی: پ) خاص مقدار عمق جریان در محل

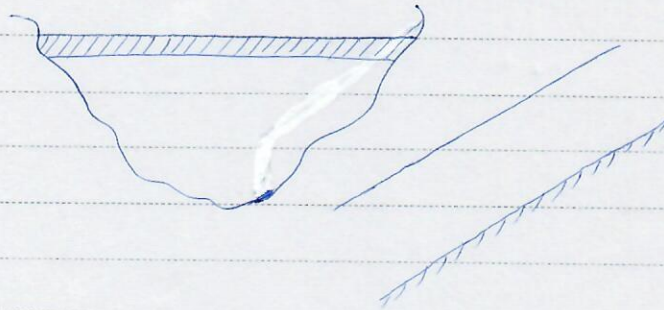
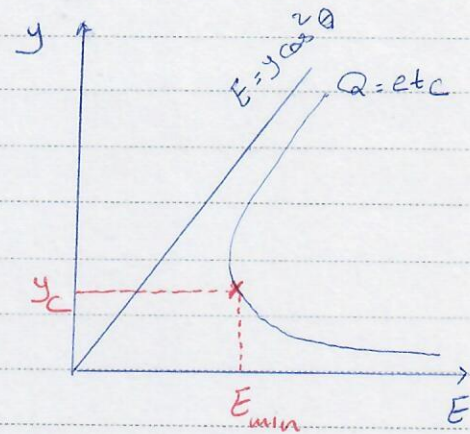
تقریب شدنی در حالتی $\Delta b = 1.2 \Delta b_{man}$ ؟

مشتق E و y در حالت بحرانی:

$$E = y \cos^2 \theta + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

$$E = y \cos^2 \theta + \alpha \frac{Q^2}{2g A^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E = y \cos^2 \theta \\ y = 0 \end{array} \right.$$



$$\frac{dE}{dy} = 0 \Rightarrow \cos^2 \theta + \alpha \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{-2A \frac{dA}{dy}}{A^4} \right) = 0$$

$$dA = T dy \cos \theta \Rightarrow \frac{dA}{dy} = T \cos \theta$$

$$\Rightarrow \cos^2 \theta = \alpha \frac{Q^2}{g} \times \left(\frac{T \cos \theta}{A^3} \right) \Rightarrow \boxed{\alpha \frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3 \cos \theta}{T_c}}$$

معادله اساسی جهت محاسب عمق بحرانی

$$\frac{\alpha Q^2 T}{g A^3 \cos \theta} = 1 \Rightarrow \frac{\alpha v^2 T}{g A \cos \theta} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{\alpha v^2}{g D \cos \theta} = 1 \Rightarrow \frac{v \sqrt{\alpha}}{\sqrt{g D \cos \theta}} = 1$$

$\hookrightarrow Fr$

$$E_{\min} = y_c \cos^2 \theta + \alpha \frac{v^2 \times D_c \cos \theta}{2g \times D_c \cos \theta}$$

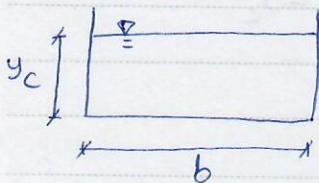
$= 1$

$$\Rightarrow E_{\min} = y_c \cos^2 \theta + \frac{1}{2} D_c \cos \theta$$

محاسبات عمق بحرانی :

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T_c} \quad : \alpha = 1 \text{ با فرض سبب نامعین برای کف کانال و مقدار}$$

① کانال مستطینی :

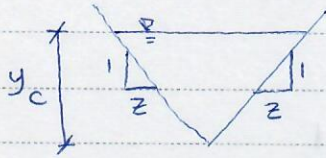


$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(b y_c)^3}{b} \Rightarrow \frac{Q^2}{g} = b^2 y_c^3$$

$$\Rightarrow \frac{Q^2}{g b^2} = y_c^3 \Rightarrow \frac{q^2}{g} = y_c^3$$

$$\Rightarrow y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

② کانل منتهی :



$$A_c = z y_c^2, \quad T_c = 2 z y_c$$

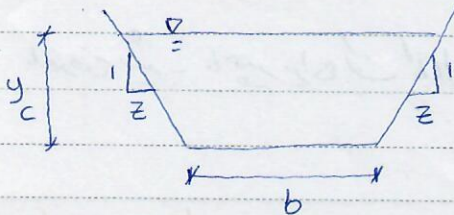
$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(z y_c^2)^3}{2 z y_c} \Rightarrow \frac{Q^2}{g} = \frac{z^2 y_c^5}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{2 Q^2}{g z^2} = y_c^5 \Rightarrow y_c = \sqrt[5]{\frac{2 Q^2}{g z^2}}$$

$$E_{\min} = y_c + \frac{1}{2} D_c = y_c + \frac{1}{2} \left(\frac{y_c}{2} \right) = \frac{5}{4} y_c$$

$$D_c = \frac{y_c}{2}$$

1/2



③ کانل ذوزنقه‌ای :

$$A_c = y_c [b + z y_c]$$

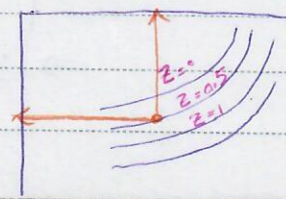
$$T_c = b + 2 z y_c$$

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(y_c [b + z y_c])^3}{b + 2 z y_c}$$

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T} = Z^2 \rightarrow \text{پارامتر سطح}$$

$$Z = A \sqrt{\frac{A}{T}} = \frac{Q}{\sqrt{g}}$$

$$\frac{Z}{b^{2.5}} = \frac{Q}{\sqrt{g} b^{2.5}}$$



ز
ب
ب

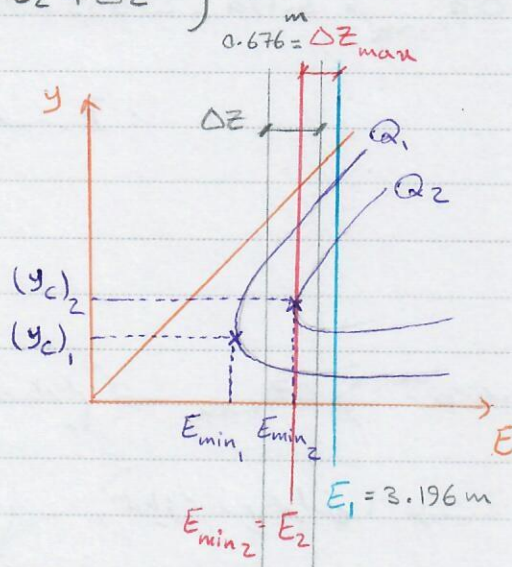
مسئله ۱ در یک کانال ذوزنق‌ای با عرض کف 4 m ، جریان با دبی $Q = 50 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}}$ و عمق 3 m برقرار است. اگر در مسقطی از این کانال همزمان یک برآمدگی موضعی و یک تنگ شدن وجود داشته باشد، مطلوب است:

الف) محاسبه حداکثر مقدار مجاز برآمدگی در کف، ازای عرض کانال در مقطع تنگ شدن برابر با $b_2 = 3.5 \text{ m}$ به صورتیکه انشداد رخ ندهد.

ب) محاسبه مقدار عمق جریان در مقاطع مختلف کانال، ازای $b_2 = 3.5 \text{ m}$ و $z = 1.5$ $\Delta z = 1.2$ Δz_{max}

در حالتی که همزمان برآمدگی موضعی و تنگ شدن موضعی داریم:

$Q_2 > Q_1$
 $E_1 = E_2 + \Delta z$



* یعنی اگر ما مسقطی داریم و اگر ما خط تراز انرژی

$$E_1 = y_1 + \frac{Q^2}{2gA_1^2} = 3 + \frac{50^2}{2g[3 \times (4 + 1.5 \times 3)]}$$

$$\Rightarrow E_1 = 3.196 \text{ m}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{Q}{b_2^{2.5}} &= \frac{Q}{\sqrt{g} b_2^{2.5}} = \frac{50}{\sqrt{9.81} \times 3.5^{2.5}} = 0.696 \\ z &= 1.5 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

از نمودار

$$\Rightarrow \frac{y_c}{b} = 0.56 \Rightarrow (y_c)_2 = 0.56 \times 3.5 = 1.96^m$$

$$E_{\min 2} = y_{c2} + \frac{1}{2} D_c$$

$$D_c = \frac{A_c}{T_c} = \frac{y_c (b_2 + z y_c)}{b_2 + 2 z y_c} = \frac{1.96 \times (3.5 + 1.5 \times 1.96)}{3.5 + 2 \times 1.5 \times 1.96} = 1.345$$

$$\Rightarrow E_{\min 2} = 1.96 + \frac{1}{2} \times 1.345 = 2.633^m$$

$$E_1 = E_{\min 2} + \Delta Z_{\max} \Rightarrow \Delta Z_{\max} = 3.196 - 2.633 = 0.563^m$$

جواب 7:

$$\text{ب) } \Delta Z = 1.2 \Delta Z_{\max}$$

$$z = 1.5$$

$$\Delta Z = 1.2 \times 0.563^m = 0.676^m > \Delta Z_{\max} \rightarrow \text{استاندارد داریم}$$

$$y_1 = 3^m > (y_c)_2 = 1.96^m \rightarrow \text{جرایان زیر بحرانی}$$

حالت 3

$$E'_1 = E'_2 + \Delta Z$$

$$E'_1 = E_{\min 2} + \Delta Z = 2.633 + 0.676 = 3.309^m$$

$$E'_1 = y'_1 + \frac{Q^2}{2gA_1^3} = 3.309$$

$$y_1' + \frac{50^2}{2 \times 9.81 [y_1' (4 + 1.5 y_1')]^2} = 3.309$$

$$y_1' + \frac{127.42}{[4y_1' + 1.5y_1'^2]^2} = 3.309$$

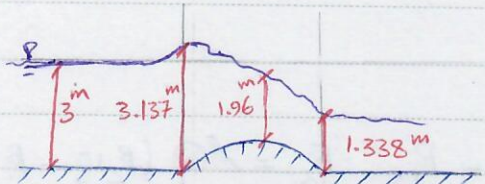
$$y_1' + \frac{127.42}{16y_1'^2 + 12y_1'^3 + 2.25y_1'^4} = 3.309$$

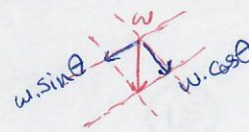
$$16y_1'^3 + 12y_1'^4 + 2.25y_1'^5 - 52.94y_1'^2 - 39.71y_1'^3 - 7.44y_1'^4 + 127.42 = 0$$

$$\Rightarrow 2.25y_1'^5 + 4.56y_1'^4 - 23.71y_1'^3 - 52.94y_1'^2 + 127.42 = 0$$

ما بين حساب

$$\begin{cases} y_1' = 3.137^m \\ y_1' = 1.338^m \end{cases}$$



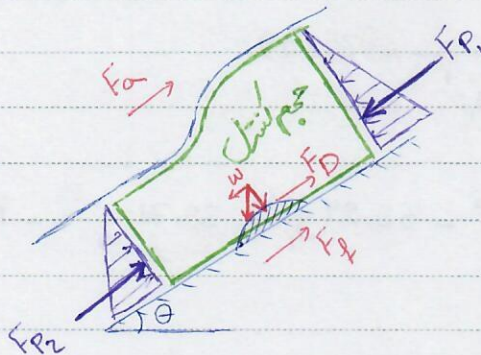


فصل سوم: کاربرد معادله دوینت در کانال های باز

$$\sum \vec{F} = \sum \rho \vec{v} \vec{v} \cdot \vec{A}$$

$$\sum \vec{F} = \rho Q (\beta_2 \vec{v}_2 - \beta_1 \vec{v}_1)$$

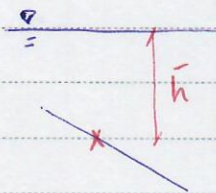
↓ خروجی ↓ ورودی



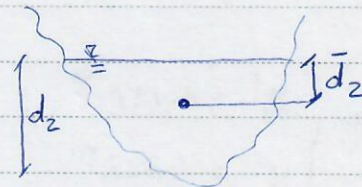
نیروی مخصوص (F)



↑ ورودی



$$F = \gamma h A$$



← خروجی

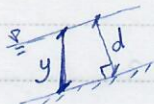
$$F_{P1} - F_{P2} + w \sin \theta - F_f - F_D - F_a = \rho Q (\beta_2 v_2 - \beta_1 v_1)$$

$$F_{P1} = \gamma d_1 \cos \theta A_1$$

$$F_{P2} = \gamma d_2 \cos \theta A_2$$

برای ساده تر شدن ← ۲ تا فرض در نظر میگیریم:

$$\text{فرض ①: شیب کانال ناچیز باشد} \left. \begin{array}{l} d = y \\ \cos \theta = 1 \\ \sin \theta = 0 \end{array} \right\}$$



فرض ②: مقادیر β برابر ۱ باشد

$$\Rightarrow \frac{\gamma \bar{y}_1 A_1}{\gamma} - \frac{\gamma \bar{y}_2 A_2}{\gamma} - \frac{F_f + F_D}{\gamma} = \frac{\rho Q}{\gamma} (v_2 - v_1)$$

$$\Rightarrow \bar{y}_1 A_1 - \bar{y}_2 A_2 - \frac{F_f + F_D}{\gamma} = \frac{Q}{g} \left(v_2 \frac{A_2}{A_2} - v_1 \frac{A_1}{A_1} \right)$$

$$\Rightarrow -\frac{F_D + F_f}{\gamma} = \frac{Q^2}{g A_2} - \frac{Q^2}{g A_1} - \bar{y}_1 A_1 + \bar{y}_2 A_2$$

$$\Rightarrow -\frac{F_D + F_f}{\gamma} = \left(\frac{Q^2}{g A_2} + \bar{y}_2 A_2 \right) - \left(\frac{Q^2}{g A_1} + \bar{y}_1 A_1 \right)$$

$$\boxed{\text{نیروی مخصوص: } F = \frac{Q^2}{g A} + \bar{y} A}$$

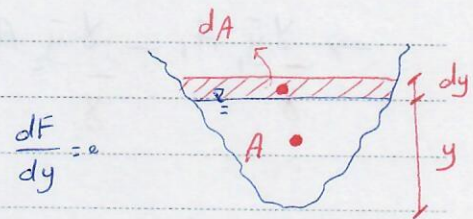
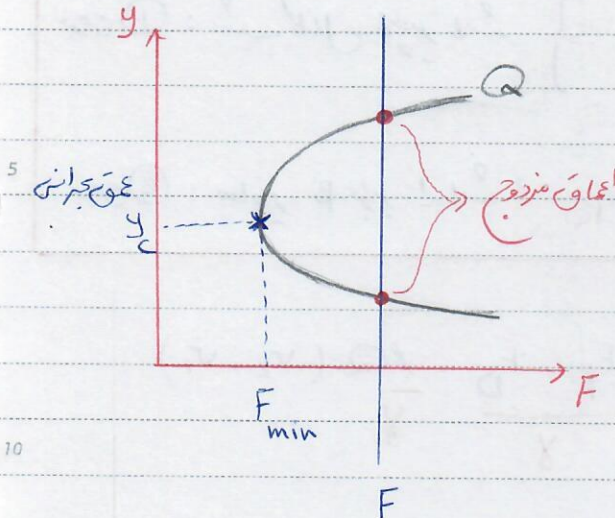
$$\Rightarrow -\frac{F_D + F_f}{\gamma} = F_2 - F_1$$

معادله مومنتم در کانال های باز

$$F = \frac{Q^2}{gA} + \bar{y}A$$

نیروی مخصوص

مختار نیروی مخصوص



$$\Rightarrow \frac{Q^2}{g} \left(-\frac{\frac{dA}{dy}}{A^2} \right) + \frac{d(\bar{y}A)}{dy} = 0$$

$$\frac{d(\bar{y}A)}{dy} = \left[A(\bar{y} + dy) + dA \times \frac{dy}{2} \right] - A\bar{y} = A \frac{dy}{2}$$

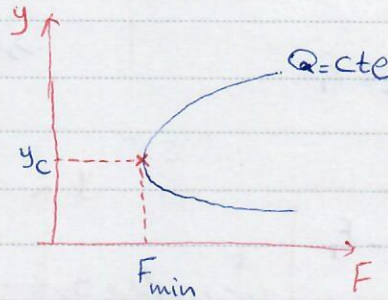
$$\Rightarrow -\frac{Q^2}{g} \times \frac{T}{A^2} + A = 0$$

$$\boxed{\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}}$$

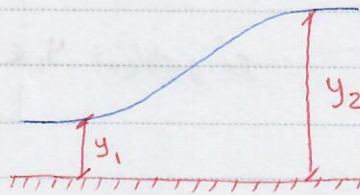
معادله یعنی
عمق بحرانی
در حالت سطح

کتلی پرسش هیدرولیکی:

$$F = \frac{Q^2}{gA} + \bar{y}A$$



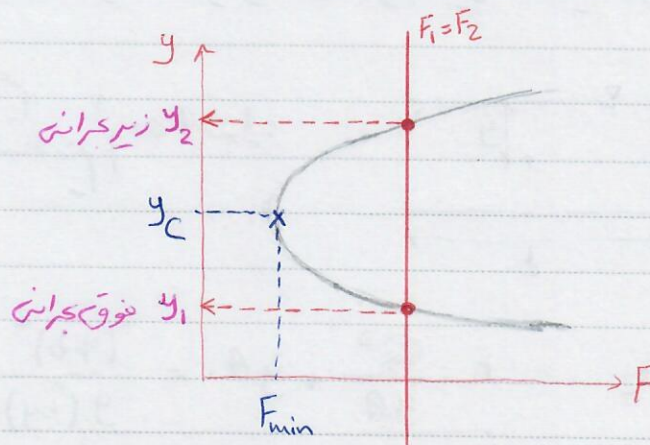
y_1 = عمق قبل از پرسش
 y_2 = عمق بعد از پرسش



حالت اول: از اصطلاحات کف صرف نظر می شود. $(F_F = 0)$ و مانع بر سر

$$\frac{F_F + F_D}{y} = F_2 - F_1 \quad (F_D = 0) \text{ راه جریان وجود ندارد.}$$

$$\Rightarrow F_2 = F_1$$



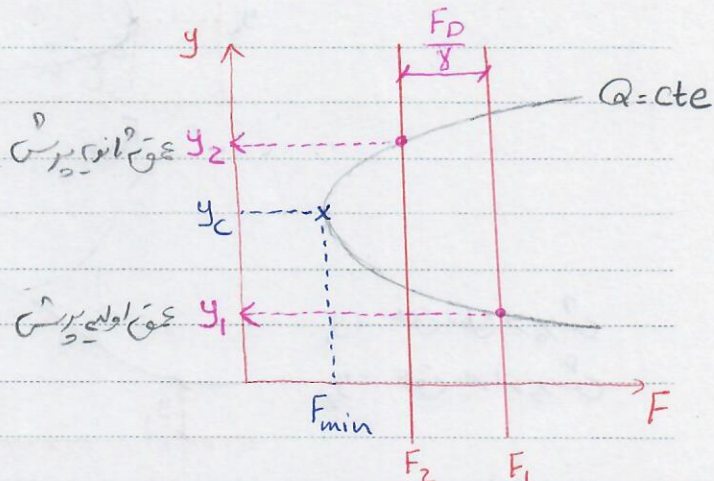
* شرط لازم برای پرسش هیدرولیکی وجود جریان فوق بحرانی است.

حالت دوم: از اصطکاک کف صرف نظر می شود ($F_f = 0$) و بر سر

راه جریان مانع وجود دارد.

$$\frac{F_f + F_D}{\gamma} = F_2 - F_1$$

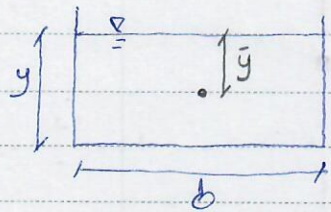
$$\Rightarrow -\frac{F_D}{\gamma} = F_2 - F_1$$



عمق های مزوج

$$\Delta E_j = E_1 - E_2 \quad \text{افت انرژی ناشی از برشی هیدرولیکی}$$

مثال) مقادیر انماق اولیه و ثانوی برشی هیدرولیکی در یک کانال مستطیلی



بعضی اصطکاک مانع نداریم
اصطکاک نداریم حالت ۱:

$$F_1 = F_2 \quad F = \frac{Q^2}{gA} + \bar{y}A = \frac{(qb)^2}{g(by)} + \left(\frac{y}{2}\right)(by)$$

$$\Rightarrow F = b \left(\frac{q^2}{gy} + \frac{y^2}{2} \right)$$

$$b \left(\frac{q^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{2} \right) = b \left(\frac{q^2}{gy_2} + \frac{y_2^2}{2} \right)$$

$$\begin{cases} y_2 = \frac{y_1}{2} \left[\sqrt{1 + 8 Fr_1^2} - 1 \right] \\ y_1 = \frac{y_2}{2} \left[\sqrt{1 + 8 Fr_2^2} - 1 \right] \end{cases}$$

* رابطه‌ی جنبه‌ی کاربردی
برای کانال مستطیلی
(مواقع بدون مانع و اصطلاح)

مثال ۱) در یک کانال دوزخه‌ای سطح آب عرض کف 50 ft، جریان با دبی $Q = 4000 \frac{ft^3}{s}$ و با عمق 2 ft برقرار است. مطلوب است عمق‌های مجرای در صورتی که پرش هیدرولیکی ایجاد شود. (عمق مانوی پرش) $z = 2$

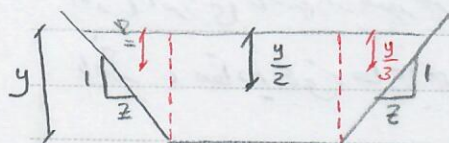
$$Fr_1 = \frac{Q}{A_1 \sqrt{g D_1}} = \frac{4000}{108 \sqrt{32.2 \times 1.862}} = 4.783 > 1 \Rightarrow \text{جریان فوق بحرانی}$$

احتمال تشکیل پرش وجود دارد.

$$A_1 = 2 \times [50 + 2 \times 2] = 108 \text{ ft}^2$$

$$D_1 = \frac{A_1}{T} = \frac{108}{50 + 2 \times 2 \times 2} = 1.862 \text{ ft}$$

$$\text{مانع ندارد} \Rightarrow \text{حالت اول} \Rightarrow F_1 = F_2, \quad F_1 = \frac{Q^2}{g A_1} + \bar{y}_1 A_1$$



$$\bar{y} A = \left(\frac{y}{2} \times b y \right) + \left(\frac{y}{3} \times z y^2 \right)$$

$$\bar{y} A = b \frac{y^2}{2} + z \frac{y^3}{3}$$

$$F_1 = \frac{4000^2}{32.2 \times 108} + \left(50 \times \frac{2^2}{2} + 2 \times \frac{2^3}{3} \right) = 4706.2 \text{ ft}^3$$

$$F_2 = \frac{4000^2}{32.2 \times [y_2 (50 + 2y_2)]} + \left(50 \times \frac{y_2^2}{2} + 2 \times \frac{y_2^3}{3} \right) = 4706.2 \text{ ft}^3$$

$$\frac{49689}{50y_2 + 2y_2^2} + 25y_2^2 + \frac{2}{3}y_2^3 = 4706.2$$

$$496894.41 + 1250y_2^3 + 50y_2^4 + 33.3y_2^4 + 1.33y_2^5 - 235310y_2 - 9412.4y_2^2 = 0$$

$$\Rightarrow 1.33y_2^5 + 83.3y_2^4 + 1250y_2^3 - 9412.4y_2^2 - 235310y_2 + 496894.41 = 0$$

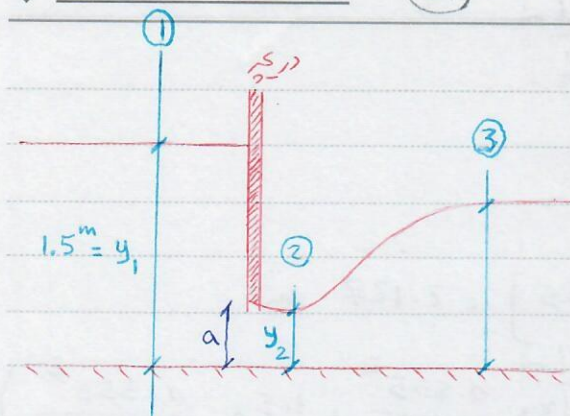
$$\Rightarrow \begin{cases} y_2 = 2 \\ y_2 = 11.23 \text{ ft} \end{cases} \rightarrow \text{عمق زیر جریان} \rightarrow \text{جواب مسئله}$$

مثال ۱) در یک کانال مستطیلی عرض ۳ م، جریان با دبی

۱۵ $\frac{m^3}{s}$ ، و عمق ۲.۵ م برقرار است. اگر در مسیر جریان یک درجه با مقدار بازگشتی $\alpha = 0.7$ وجود داشته باشد، با فرض اینکه مقدار

افت انرژی ناشی از عبور جریان از زیر درجه برابر با ۱۰٪ انرژی جنبشی مقطع ۱ باشد، مقادیر عمق های جریان در مقاطع ۲ و ۳ را بدست آورید.

$$Z = 1.5$$



$$E_1 = E_2 + 0.1 \frac{Q^2}{2gA_1^2}$$

$$E_1 = \frac{15^2}{2 \times 9.81 \times 16.875} + 2.5$$

$$= 2.540^m$$

$$* A_1 = 2.5 [3 + 1.5 \times 2.5] = 16.875^m$$

$$E_1 = 2.540 = \frac{15^2}{2 \times 9.81 \times [y_2 (3 + 1.5y_2)]^2} + 0.1 \times \frac{15^2}{2 \times 9.81 \times 16.875^2}$$

$$\Rightarrow 2.536 = \frac{11.468}{(3y_2 + 1.5y_2^2)^2}$$

$$9y_2^2 + 9y_2^3 + 2.25y_2^4$$

$$\Rightarrow 22.824 y_2^2 + 22.824 y_2^3 + 5.706 y_2^4 - 11.468 = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} y_2 = 0.555 \text{ m } \checkmark \\ y_2 = - \dots \end{cases} \quad (y_2 \text{ از } 0.7 \text{ متر باشد})$$

برای محاسبه y_2 : استفاده از معادله موازنه F_2 بدست می آوریم و ...

$$F_2 = F_3$$

$$F_2 = \frac{Q}{g A_2} + \bar{y}_2 A_2$$

$$A_2 = 0.555 [3 + 1.5 \times 0.555] = 2.127 \text{ m}^2$$

$$F_2 = \frac{15}{9.81 \times 2.127} + \left(3 \times \frac{0.555^2}{2} + 1.5 \times \frac{0.555^3}{3} \right)$$

$$= 11.331 \text{ m}^3$$

$$F_3 = \frac{15^2}{9.81 \times [3(y_3 + 1.5 y_3)]} + \left(3 \times \frac{y_3^2}{2} + 1.5 \times \frac{y_3^3}{3} \right)$$

$$= 11.331$$

$$\Rightarrow \begin{cases} y_3 = \\ y_3 = \end{cases}$$

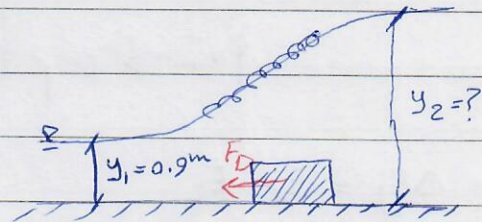
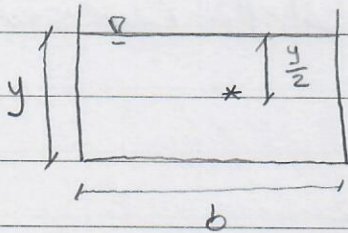
2.127 m

در یک کانال مستطیل به عرض 25 م، یک پرده هیدرولیک وجود دارد.

عمق اولیه 0.9 م شیب منبسط است و آب در پایین برابر $200 \frac{m^3}{s}$ دارد و

در مسیر جریان از 26 عدد بلوک که هر یک نیرویی برابر 6700 N وارد

می‌شود قرار داده شود، مطلوب است محاسبه عمق ثانویه در شیب.



$$\frac{F_P - F_D}{y} = F_2 - F_1$$

$$\frac{F_D}{8} = F_2 - F_1$$

$$F_1 = \frac{Q^2}{gA_1} + \bar{y}_1 A_1 = \frac{200^2}{9.81 \times (25 \times 0.9)} + 25 \times \frac{0.9^2}{2} = 191.3 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow \frac{26 \times 6700}{9806} = F_2 - 191.3 \Rightarrow F_2 = 173.5$$

$$F_2 = \frac{Q^2}{gA_2} + \bar{y}_2 A_2$$

$$\Rightarrow \frac{200^2}{9.81 \times (25y_2)} + 25 \times \frac{y_2^2}{2} = 173.5$$

$$\frac{163.09}{y_2} + 12.5 y_2^2 = 173.5$$

$$\Rightarrow 12.5 y_2^3 - 173.5 y_2 + 163.09 = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} y_2 = 0.9^m \\ y_2 = 3.11^m \checkmark \end{cases}$$

اگر نوی صورت سوال افت انرژی رو هم میخواست؟

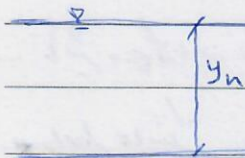
$$\Delta E_j = E_1 - E_2$$

$$E_1 = y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = 0.9 + \frac{\left(\frac{200}{25}\right)^2}{2g \times 0.9^2}$$

$$E_2 = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2} = 3.11 + \frac{\left(\frac{200}{25}\right)^2}{2g \times 3.11^2}$$

فصل چهارم: جریان های کنواخت

در یک خط سرعت ثابت است. در جریان کنواخت
و راسته جریان ثابت است. در جریان کنواخت عمق



عمق نرطال: عمق جریان در جریان های کنواخت در کانال (y_n)

سرعت متوسط در جریان کنواخت:

(1) رابطه شزی (chezy)

بر اساس شیب کانال، مسافت هندسی کانال و ضریب شزی

$$V = C \sqrt{RS}$$

C: ضریب شزی

R: شعاع هیدرولیک

$$R = \frac{A}{P}$$

S: شیب کانال

(2) رابطه مانینگ (Manning)

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \Rightarrow V = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \times R^{\frac{1}{2}} \sqrt{S} \Rightarrow$$

ضریب زبری مانینگ

مساحت جریان

$$\Rightarrow V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S}$$

$$\Rightarrow Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S} \quad (\text{در سیستم SI})$$

رابطه مانینگ

$$Q = \frac{1.487}{n} A R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S} \quad (\text{در سیستم انگلیسی})$$

ضریب لزبری مانینگ: هر چیزی که روی زبری تأثیر دارد روی این رابطه هم

تأثیر می گذارد. مثل پوشش کف در مواقع سرعت جریان دبه جریان

* رابطه مانینگ برای جریان اکرام دقت ندارد و برای جریان آشفته استفاده می شود.

در اکثر مواقع جریانی که در کانال ها داریم آشفته است.

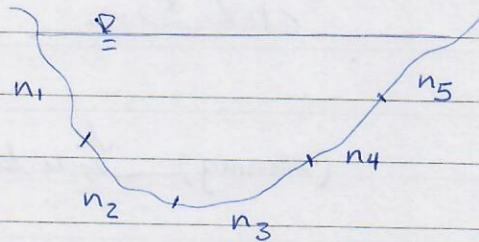
* هر آنچه که بر روی اصطلاح کف کانال تأثیر دارد، بر روی مقدار ضریب لزبری

مانینگ نیز تأثیر دارد؛ نوع پوشش کف، جنس خاک، سرعت جریان و

عمق جریان هم می تواند تأثیر داشته باشد.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S}$$

$$n = \frac{A R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S}}{Q}$$



ضریب لزبری معادل (n_{eq})

کتابت عمود برمال

$$Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} \sqrt{S}$$

(1) روش حل مستقیم

$$AR^{\frac{2}{3}} = \frac{Qn}{\sqrt{S}} = \text{Const}$$

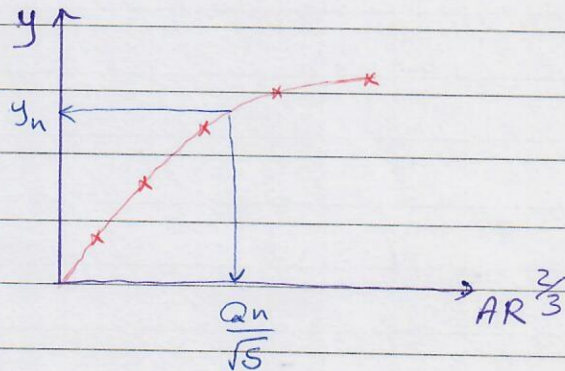
که فالتوریض

$$AR^{\frac{2}{3}} = A \times \frac{A^{\frac{2}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} = \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} = \frac{Qn}{\sqrt{S}}$$

$$AR^{\frac{2}{3}} = \frac{Qn}{\sqrt{S}} = \frac{[y_n(b + zy_n)]^{\frac{5}{3}}}{[b + zy_n \sqrt{1+z^2}]^{\frac{2}{3}}} = \frac{Qn}{\sqrt{S}}$$

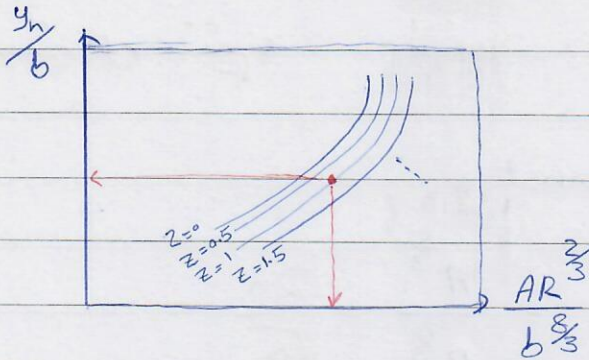
(2) روش تدریجی ← نمودار $y - AR^{\frac{2}{3}}$ ترسیم می شود.

y	$AR^{\frac{2}{3}}$
0	0
0.5	$\frac{[y(b + zy)]^{\frac{5}{3}}}{[b + zy \sqrt{1+z^2}]^{\frac{2}{3}}}$
1	
1.5	
...	



$$AR^{\frac{2}{3}} = \frac{Qn}{\sqrt{S}}$$

13 استفاده از نمودارهای اکاماده



$$\frac{AR^{\frac{2}{3}}}{b^{\frac{8}{3}}} = \frac{Q_n}{b^{\frac{8}{3}} \sqrt{S}}$$

مسئله 1) در یک کانال مستطیلی عرض کف 4^m ، شیب کف $s=0.002$

وزبری $n=0.015$ ، مقدار عمق نرمال را برای جریان با دبی $Q=8 \frac{m^3}{s}$

تعیین کنید.

① روش حل مستقیم:

$$AR^{\frac{2}{3}} = \frac{Qn}{\sqrt{s}} = \frac{8 \times 0.015}{\sqrt{0.002}} = 2.683$$

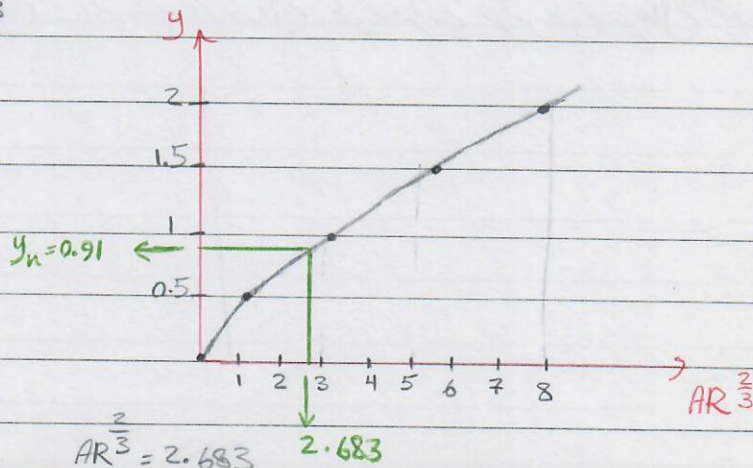
$$AR^{\frac{2}{3}} = \frac{A^{\frac{5}{3}}}{P^{\frac{2}{3}}} = \frac{[4 \times y_n]^{\frac{5}{3}}}{[4 + 2y_n]^{\frac{2}{3}}} = 2.683$$

$$\Rightarrow \frac{10.079 y_n^{\frac{5}{3}}}{[4 + 2y_n]^{\frac{2}{3}}} = 2.683 \Rightarrow y_n = 0.915 \quad (\text{روش نیوتن-رافسون})$$

$$AR^{\frac{2}{3}} = \frac{10.079 y^{\frac{5}{3}}}{[4 + 2y]^{\frac{2}{3}}}$$

② روش ترسیمی:

y	$AR^{\frac{2}{3}}$
0	0
0.5	1.086
1	3.052
1.5	5.414
2	8



③ استفاده از نمودارهای آماده

$$\left. \begin{aligned} \frac{AR^{\frac{2}{3}}}{b^{\frac{8}{3}}} &= \frac{Q_n}{b^{\frac{8}{3}} \sqrt{S}} = \frac{2.683}{4^{\frac{8}{3}}} = 0.066 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{از روی نمودار}$$

زاویه: $Z = 0$

$$\Rightarrow \frac{y_n}{b} = 0.23 \rightarrow y_n = 0.23 \times 4 = 0.92^m$$

کالیبراسیون

$$Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} \sqrt{S} \Rightarrow S = \left(\frac{Q_n}{AR^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

۱. سبب نرمال: سبب که در آن عمق جریان برابر با عمق نرمال است.

۲. سبب بحرانی: سبب که در آن عمق جریان برابر با عمق بحرانی است.

۳. سبب بحرانی نرمال: سبب که در آن عمق بحرانی برابر عمق نرمال است.

$$\left. \begin{aligned} S_c &= \text{شیب بحرانی} \\ y_c &= \text{عمق بحرانی} \end{aligned} \right\}$$

مثال) در کانالی مستطیل شکل با عرض ۳ م، 3^m

وزیری $n=0.02$ ، مطلوب است: الف) محاسبه شیب نرمال برای $Q=10 \frac{m^3}{s}$ و $y_n=1^m$

ب) محاسبه شیب بحرانی برای $Q=10 \frac{m^3}{s}$ و $y_n=1^m$

$$S_n = \left(\frac{Q \cdot n}{A^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = \left(\frac{10 \times 0.02}{(3 \times 1) \times \left(\frac{3 \times 1}{3+2 \times 1} \right)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 0.0088 \quad \text{الف)}$$

ب)

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{10}{3}\right)^2}{9.81}} = 1.04^m$$

$$S_c = \left(\frac{10 \times 0.02}{(3 \times 1.04) \times \left(\frac{3 \times 1.04}{3+2 \times 1.04} \right)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 0.0079$$

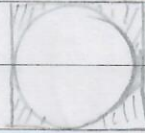
$$y_c = y_n = 1^m \Rightarrow \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 1^m \Rightarrow q = 3.132 \frac{m^3}{s/m} \quad \text{ب)}$$

$$\rightarrow Q = q \cdot b = 9.396 \frac{m^3}{s}$$

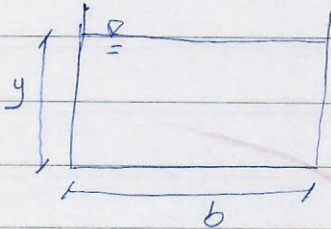
$$S_{cn} = \left(\frac{9.396 \times 0.02}{(3 \times 1) \times \left(\frac{3 \times 1}{3+2 \times 1} \right)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 0.00775$$

بکترین مقطع هیدرولیکی

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S} \Rightarrow Q = \frac{1}{n} \frac{A^{\frac{5}{3}} \sqrt{3}}{P^{\frac{2}{3}}}$$



→ دایره ای
بصرفه تر است
نسبت به مربع



① مقطع مستطی:

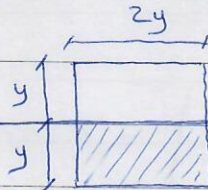
$$P = b + 2y$$

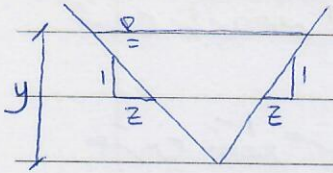
$$A = by \Rightarrow b = \frac{A}{y} \Rightarrow P = \frac{A}{y} + 2y$$

$$\frac{dP}{dy} = 0 \Rightarrow -\frac{A}{y^2} + 2 = 0 \Rightarrow -\frac{by}{y^2} + 2 = 0$$

$$\Rightarrow b = 2y$$

بکترین مقطع مستطی





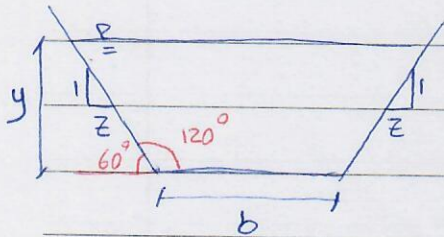
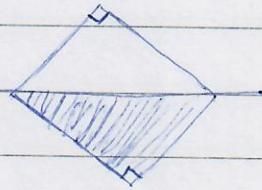
$$P = 2y\sqrt{1+z^2}$$

$$A = zy^2 \Rightarrow y^2 = \frac{A}{z} \Rightarrow$$

② مقطع مثلثی

$$\Rightarrow P^2 = 4y^2(1+z^2) \Rightarrow P^2 = \frac{4A}{z}(1+z^2)$$

$$\Rightarrow \frac{dP^2}{dz} = 0 \Rightarrow -\frac{1}{z^2} + 1 = 0 \Rightarrow z = 1$$



$$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$$

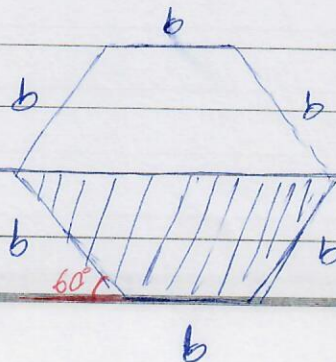
$$A = y[b + zy] \Rightarrow b = \frac{A}{y} - zy$$

$$\Rightarrow P = \left(\frac{A}{y} - zy\right) + 2y\sqrt{1+z^2}$$

③ مقطع ذوزنچه‌ای

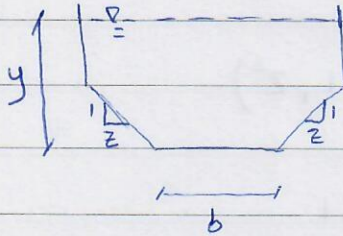
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial P}{\partial y} = 0 \Rightarrow -\frac{A}{y^2} - z + 2\sqrt{1+z^2} = 0 \Rightarrow \frac{-by - zy^2}{y^2} - z + 2\sqrt{1+z^2} = 0 \\ \Rightarrow -\frac{b}{y} - z + 2\sqrt{1+z^2} = 0 \Rightarrow b = 2y[\sqrt{1+z^2} - z] \\ \frac{\partial P}{\partial z} = 0 \Rightarrow z = \frac{\sqrt{3}}{3} \end{array} \right.$$

مقطع شش‌گوشه



مکثرتی برای حقیقت آینه

مکثرتی مقطع حیرت‌انگیز



فصل پنجم: ترسیم پروفیل تقریبی سطح آب (WPS)

انواع سب:

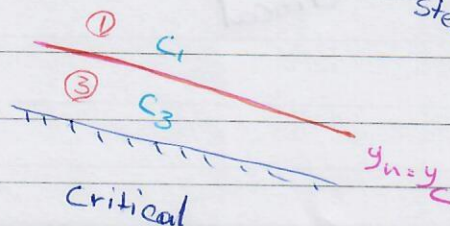
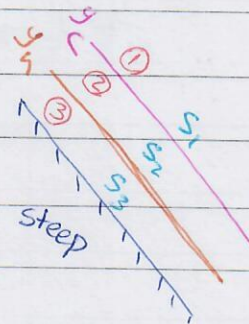
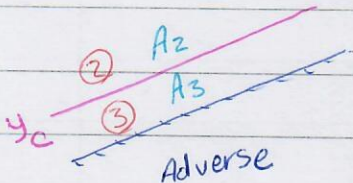
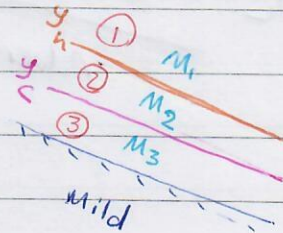
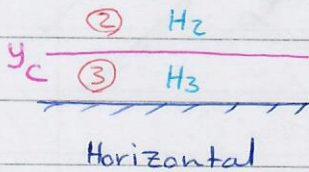
(1) سب ملایم (Mild) $S_n < S_c$ $y_n > y_c$

(2) سب تند (steep) $S_n > S_c$ $y_n < y_c$

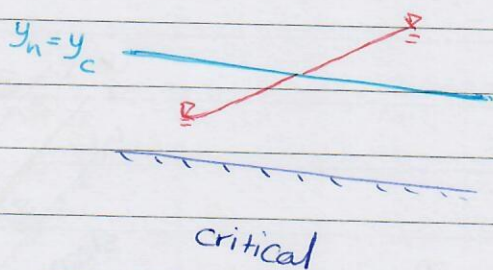
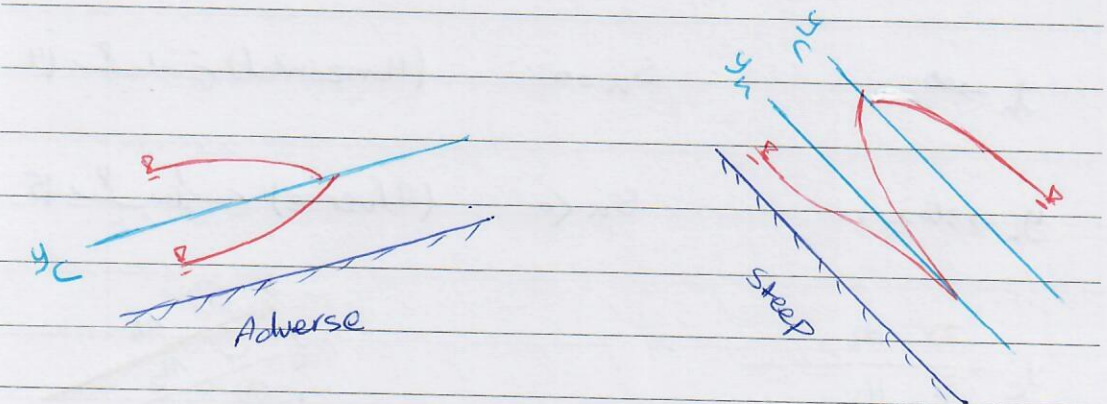
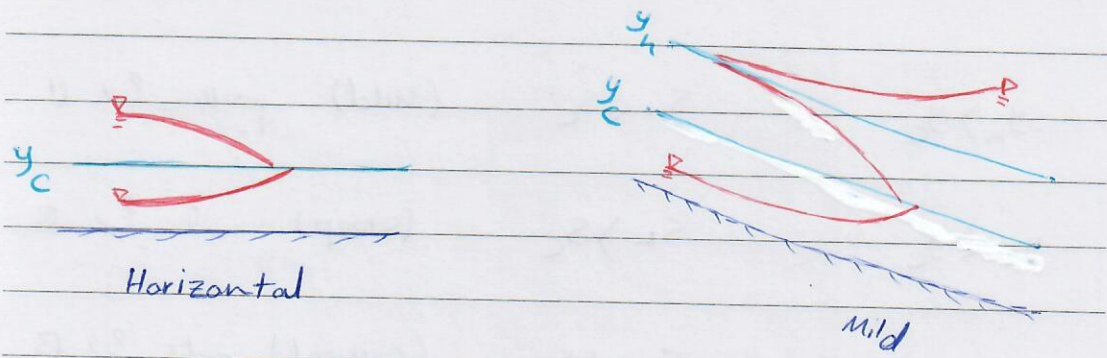
(3) سب بحرانی (critical) $S_n < S_c$ $y_n = y_c$

(4) سب افقی (Horizontal) $S_n = 0$ $y_n \rightarrow \infty$

(5) سب معکوس (Adverse) $S_n < 0$ $y_n \rightarrow \text{وجود ندارد}$

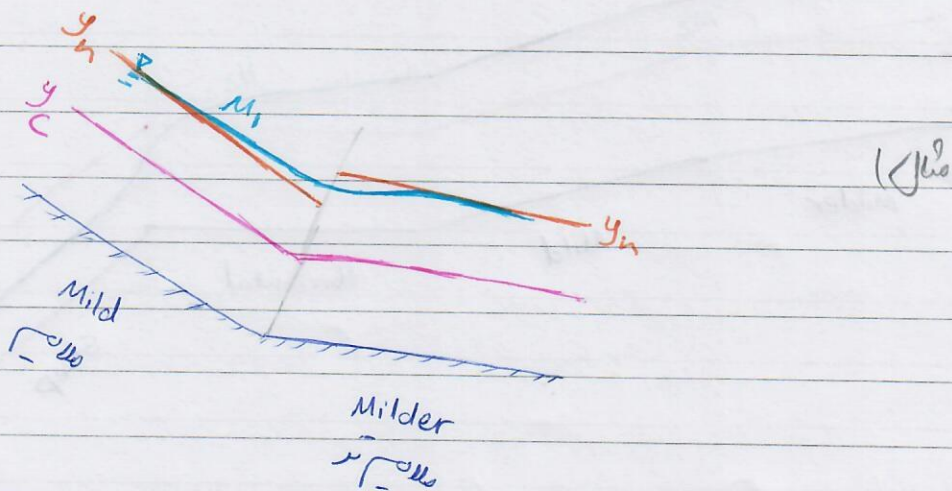
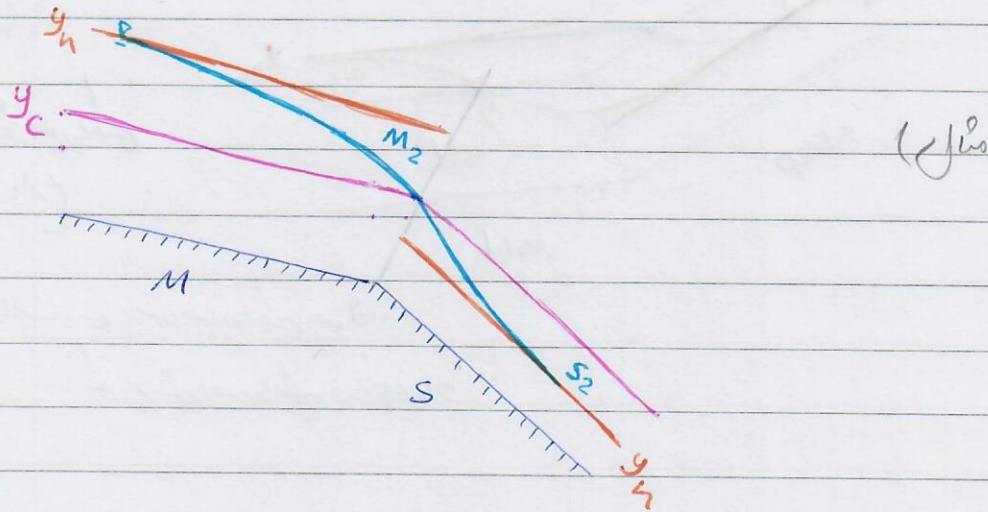


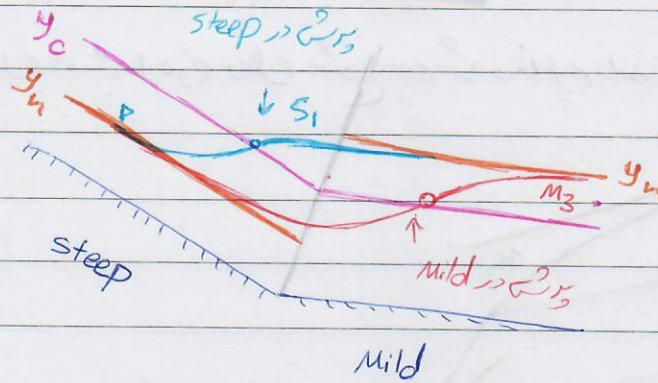
* پروفیل جریان همیشه سے برعوض نزول سے مناسب
 کے برعوض کراس سے عمود



توضیح سطح آب در سیلاب های ترسیمی:

در این همه با عمق نرغال شروع می شود و عمیق دارد با عمق نرغال یعنی بر سه





(حال)

درت در mild
دارم

درت در mild
درت در steep

(حال)

