

دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)

## خلاصه درس هیدرولیک

(بربنای کتاب سری عمران)

تهیه و تنظیم : مصطفی رحیمی

E-MAIL: [nce.rahimi@yahoo.com](mailto:nce.rahimi@yahoo.com)

بهار سال ۱۳۹۴

## مقدمه :

خلاصه ای که پیش روی شماست، خلاصه درس هیدرولیک بر مبنای کتاب سری عمران چاپ ۱۳۹۲ می باشد.

درس هیدرولیک جزو درس های ساده ی رشته مهندسی عمران شناخته می شود و تست های کنکور آن معمولا یک سطح پایین تر از درس های دیگر می باشد.

در این خلاصه سعی شده تمامی نکات مهم درس نامه ها و تست های درس هیدرولیک به صورت کامل و شامل گنجانده شود.

امید است که مورد رضایت مهندسین عزیز واقع شود ...

در مورد نحوه ی خواندن درس هیدرولیک و توضیح بیشتر در مورد این درس، پی دی افی آماده گردیده که پیشنهاد می شود قبل از مطالعه این درس آن پی دی اف نیز مطالعه شود.

لطفا هرگونه انتقاد و پیشنهاد در مورد این جزوه را از طریق ایمیل [nce.rahimi@yahoo.com](mailto:nce.rahimi@yahoo.com) با بنده در میان بگذارید.

به امید موفقیت شما مهندسین عزیز در کنکور کارشناسی ارشد

مصطفی رحیمی

(رته کنکور کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران سال ۱۳۹۴)

Mostafa Rahimi

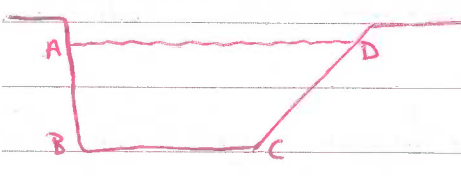
« هیدرولیک » در « لکچری »

مصل اول: امیرتاری

در کانال‌ها باز سطح آزاد آب - محافظه کردن هیدرولیک (H.G.L) می‌باشد حال آن که در جریان گت فشار برای تعیین این تراز به نیروی متر حسابی در مسیر جریان نصب نمود.

در کانال‌ها باز سطح آب نیز صرفاً در طول کانال در واقع همان عمق است  $y = \frac{P}{\gamma} = \text{عمق}$

عرض سطح آزاد (T):



طول مرزی از مقطع جریان که در تماس با هوای آزاد است

پیرامون مربوط (P):

طول قسمتی از مقطع کانال که توسط آب حسی شده است

$T = \overline{AD}$

$P = \overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD}$

شیب هیدرولیکی (R):

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

نسبت سطح مقطع میان (A) به پیرامون مربوط (P)

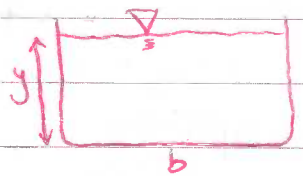
عمق هیدرولیکی (D):

$D = \frac{A}{T}$

نسبت سطح مقطع میان (A) به عرض سطح آزاد (T)

فاکتور سطح (Z):

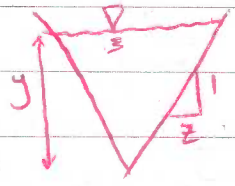
$Z = A \sqrt{D} = A \sqrt{\frac{A}{T}}$



$A = by$   
 $T = b$   
 $P = b + 2y$

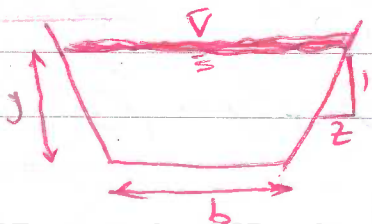
$R = \frac{by}{b + 2y}$

$D = y$



$A = Zy^2$   
 $T = 2Zy$

$R = \frac{Zy}{2\sqrt{1+Z^2}}$



$A = (b + Zy)y$   
 $T = b + 2Zy$   
 $P = b + 2y\sqrt{1+Z^2}$

$R = \frac{(b + Zy)y}{b + 2y\sqrt{1+Z^2}}$

$D = \frac{(b + Zy)y}{b + 2Zy}$

© M-Doku

\* در حال مستطیل عرض، شعاع هیدرولیک مثال برابر محو جریان شد  $R=y$

جریان دائمی ماندگار  $\Rightarrow$   $\frac{dy}{dt} = 0 \Rightarrow$   $\frac{dy}{dt} \neq 0$   $\Rightarrow$   $\frac{dy}{dt} \neq 0$

جریان مستقیم  $\Rightarrow$   $\frac{dy}{ds} = 0$   $\Rightarrow$   $\frac{dy}{ds} \neq 0$

\* در جریان مستقیم در جری (GVF) توزیع فشار هیدروستاتیک است

مقدار کمی از داخل اصلی گرفته شود و با آن اعداد در  $\Rightarrow$  مستقیم حاصل جری معترض است

جریان غیردائمی - تلفات و واقعت تشکیل نمی شود  
دائمی، غیر مستقیم  $\rightarrow$  پیش هیدرولیک  
غیردائمی، غیر مستقیم  $\rightarrow$  سیلاب

بر اساس لزجت:  $Re = \frac{\rho V R}{\mu}$   
 $Re < 500 \Rightarrow$  جری آرام (لایه ای)  
 $500 < Re < 12500 \Rightarrow$  جری انتقالی  
 $Re > 12500 \Rightarrow$  جری آشوب

رابرینس نیروی ثقل:  $Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}$   
 $Fr < 1 \Rightarrow$  جری تحت بحرانی  
 $Fr = 1 \Rightarrow$  جری بحرانی  
 $Fr > 1 \Rightarrow$  جری فوق بحرانی

$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}$

\* جریان در کانال های باز به صورت اشعه فرض می شود.

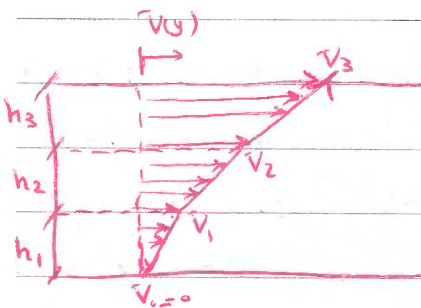
\* \* \* توزیع سرعت در کانال:

اگر اثرات نیروهای لزجت و غلظت به صورت توان در نظر گرفته شود در تمام عرض کانال داریم:

\* \* \* سرعت متوسط در کانال:

در این حالت توزیع سرعت در کانال می تواند در دو حالت متغیر (غیر یکنواخت) باشد:

(1) توزیع سرعت در کانال که محقق آب -  
(2) توزیع سرعت در کانال که عرض کانال



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

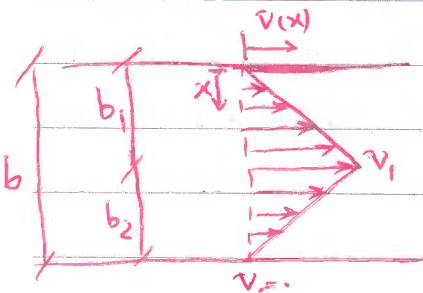
در میان عبوری از کانال

در این رابطه  $V_i$  سرعت متوسط جریان در لایه  $i$  است.

توجه به عرض بودن توزیع سرعت در هر لایه  $i$ ،  $V_i$  میانگین سرعت در لایه  $i$  است.

$$\bar{V}_2 = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

همچنین  $A_i$  است مقطع جریان در لایه مورد نظر است ( $A_2 = h_2 b$ )



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

که  $V_i$  و  $A_i$  به حالت قبل است.

\*\*\* در مواردی که پروفیل سرعت مطرح می شود، نسبت دادن یک سرعت به طول یک مقدار  
خطا درونی است و در صورتی که برای جریان خطا از جناب تصحیح  $\alpha$  و  $\beta$  که ترتیب تصحیح  
انرژی جنبشی و انرژی تصحیح اندازه حرکت می باشد استفاده می شود:

$$\alpha = \frac{\sum A_i \bar{v}_i^3}{\bar{v}^3 \sum A_i}, \quad \beta = \frac{\sum A_i \bar{v}_i^2}{\bar{v}^2 \sum A_i}$$

\*\*\* (1) مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  به عنوان ضرایب چون سرعت تبدی دارند هر چه توزیع سرعت یکدست تر  
باشد ضرایب  $\alpha$  و  $\beta$  کمتر می شوند.

(2) کمترین و بیشترین سرعت ناشی بر روی مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  مفید است.

(3) مقدار  $\alpha$  و  $\beta$  در جریان آشفته کمتر از جریان آرام است.

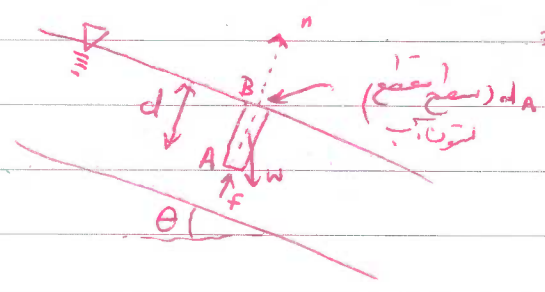
(4) ضرایب  $\alpha$  و  $\beta$  ←  
نقطه (برای مثال ها)  
 $\alpha = \beta = 1$  : می باشد

$\alpha = 2, \beta = 4/3$  : می باشد (مثال مستطیل)

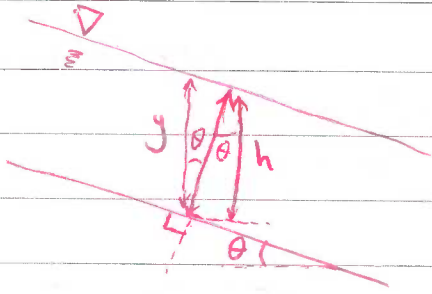
\*\*\* توزیع سرعت در کانال ها :

- مقدار سرعت در عبور از موانع و با وجودشان از عبور از آنها افزایش می یابد.
- از آن جهت (شدت تغییرات سرعت) در مجاری مرتب (عبور از کانال و سطح آب آرام) شدیدتر می باشد.
- سرعت ماکزیمم معمولاً در مجاری در مجاری 2/5 تا 2/3 از سطح آزاد آب - تشکیل  
می شود، یا عمیق کانال است.

\*\*\* توزیع فشار در مجاری (موازی) :



$$P_A = \gamma d \cos \theta$$



ارتفاع A در فاصله قابل باشد

y: فاصله قائم خط مورد نظر تا سطح آب

d: عمق آب - در فاصله مورد نظر (عمود بر سطح آب)

h: عمق فشار آب - در فاصله مورد نظر

$$h = d \cos \theta = y \cos^2 \theta$$

$$\boxed{\frac{P_A}{\gamma} = y \cos^2 \theta}$$

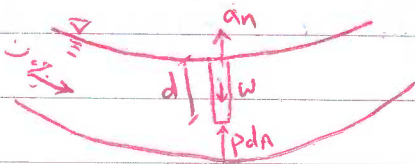
نکته:

1) اگر کانال شیب دار باشد ( $\theta > 6^\circ$ ) طبق توضیحات فوق:  $\frac{P}{\gamma} = y \cos^2 \theta$  و H.G.L پایین تر از سطح آب قرار می گیرد.

2) اگر شیب کانال ناافز باشد ( $\theta < 6^\circ$ ) و  $\frac{P}{\gamma} = y$  و H.G.L تقریباً بر سطح آب منطبق می شود.

\*\*\* اگر در صورت سوال گفته شد فشار بر حسب ارتفاع سون، آب در نظر گرفته شود باید فشار در لنگ را برابر  $\frac{P}{\gamma}$  در نظر بگیریم.

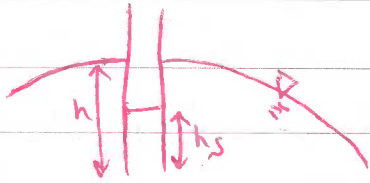
\*\*\* توزیع فشار در جریان های با انضداد صغیری قائم: اگر فاصله کانال دارای انضداد باشد، طولکول های آب دارای انضدادی متفاوتی است و این تفاوت در لنگ می تواند



$$\boxed{\frac{P}{\gamma} = d + \frac{v^2 d}{gr}}$$

از آنجا که در فاصله قابل  $\theta = 0$  است اگر  $\frac{P}{\gamma}$  (عمق فشار) را  $h_s$  نامیم و  $h_s$  نامیم

$$h_s = h + \frac{v^2 d}{gr}$$

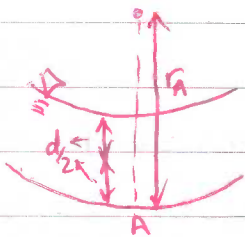


الارتفاع  $h_s$  بود:

$$h_s = h - \frac{v^2 d}{gr}$$

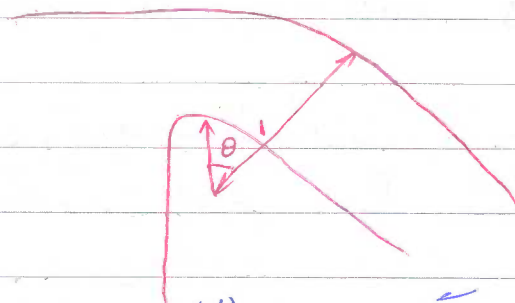


در تمام حالت (شیب) انحنای  $r$  باید برابر (یعنی در وسط محلی) در نظر گرفته شود.



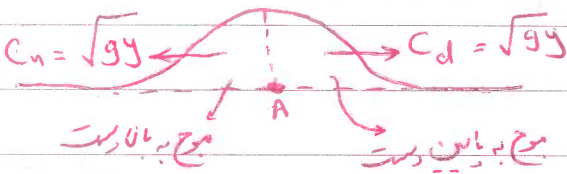
$$r = r_{avg} = r_A - \frac{d}{2}$$

الارتفاع  $r$  باید برابر بود.

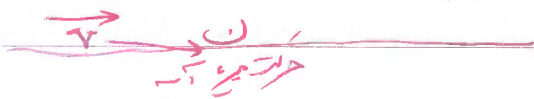


$$h_{s1} = h - \frac{v^2 d}{gr} = \left[ d \cos \theta - \frac{v^2 d}{gr} \right]$$

السرعت حرکت موج  $C = \sqrt{gy}$  در نظر بگیریم سرعت موج در  $A$  است  $C_u$  در پایین است  $C_d$  ناگفته نماند.



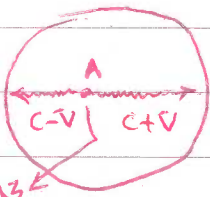
موج به پایین است  $C_d$   
موج به بالا است  $C_u$



حرکت موج  $v$

برای حرکت موج  $C$

در  $(v < C)$  زیر سطح  $B$



قله موج

$$C_u = C - v = \sqrt{gy} - v$$

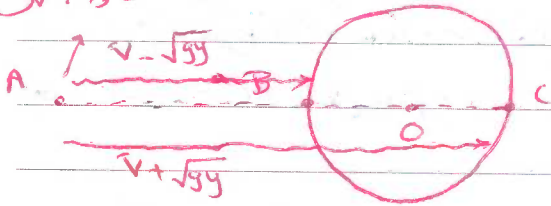
$$C_d = C + v = \sqrt{gy} + v$$

$$C_u + C_d = 2\sqrt{gy}$$

M-Doku



حل تریب سہل



جزء فوق بجائی (C) :  $v + c = \frac{AC}{\Delta t}$

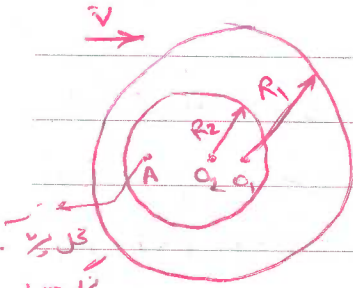
$$\begin{cases} v + c = \frac{AC}{\Delta t} \\ c = \sqrt{t} \end{cases}$$

\*\*\* بڑی تریب متوالی نہیں نکال سکتے ہیں \*\*\*

۱۱) وقت گت بجائی:

موج کی سطح صحیح تقاضی ہم نکالیں۔

حل تریب سہل (A) داخل موج کا فریڈارد۔

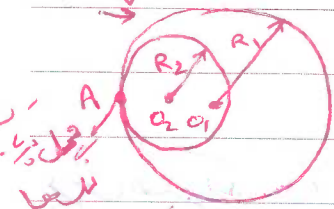


حل تریب سہل

۱۲) جزء بجائی:

موج کی سطح در نقطہ A بیچ سے گزرتی ہے۔

حل تریب سہل (A) روی موج کا فریڈارد۔

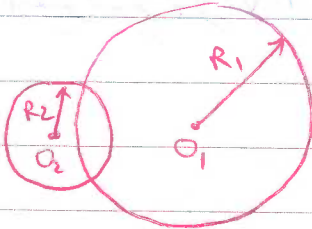


حل تریب سہل

۱۳) جزء فوق بجائی:

موج کی سطح بگڑتی ہے اور قطعہ نکالیں۔

حل تریب سہل (A) خارج موج کا فریڈارد۔



حل تریب سہل

$$v = \frac{O_1 O_2}{\Delta t}$$

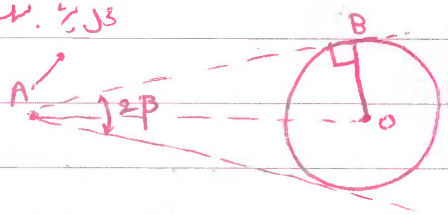
\*\*\* مرکز موج کی سطحی (O1 و O2) قطعہ نکالیں تا تریب سہل فریڈارد \*\*\*

\*\*\* اثر اس واقعہ سے موج (R1 و R2) قطعہ نکالیں تا تریب سہل فریڈارد \*\*\*

$$c = \frac{R_1 - R_2}{\Delta t}$$

نکته مهم: هرگاه در یک کانال مستطیلی جریان فوق بحر باشد و یک سازه داخل کانال بسازیم بعد از مدت زمان  $\Delta t$  شکل موج به صورت زیر خواهد بود:

کل به بند



$$F_r = \frac{1}{\sin \beta}$$

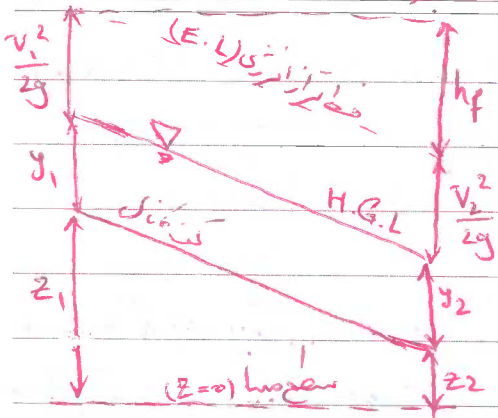
برای سازه‌ها که بر خود آب بستون بل کاربردها دارد

نکته مهم: در حالتی که در کانال مستطیلی است، و ضریب میرا می باشد  $(F_r = 1)$   
 نکته مهم: عدد فرود در یک کانال با نسبت  $\theta$  نسبت به افق و به ضریب تصعق انرژی  
 ضریبی  $(\alpha)$  به صورت زیر بدست می آید:

$$F_r = \frac{V \sqrt{\alpha}}{\sqrt{g D \cos \alpha}}$$

رژیم هیدرولیکی جریان متغیر سریع (RVF) است

نصل درک: اصل انرژی در کانال ها



انرژی کل، هد کل در مقطع زیر به صورت زیر است:

هد ارتفاع  $\rightarrow z_1$

هد عمق  $\rightarrow y_1$

هد سرعت  $\rightarrow \frac{v_1^2}{2g}$

$$H = z + y + \frac{v^2}{2g} \quad \text{هد کل}$$

تفاوت انرژی کل در دو برین  $\rightarrow H_1 = H_2 + h_f$  اصل انرژی

انرژی مخصوص:

در مهندسی که مؤلفه  $z$  را از معادله هد کل حذف می‌کنیم، معادله انرژی مخصوص بدست می‌آید: که در حقیقت همان فاصله کنی کانال تا خط انرژی E.L است.

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

$$q = \frac{Q}{b} \Rightarrow v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{by} = \frac{q}{y}$$

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$$

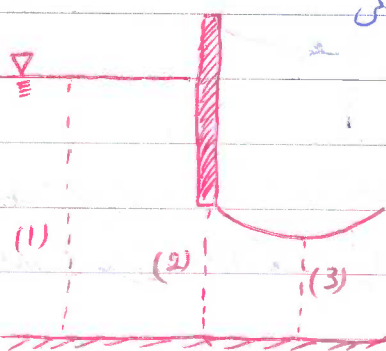
لمکانال مستطینی

\*\*\* اگر مفهوم ضریب منبسطی در یک مجرای بود، باید در نظر گرفت که برای مثال در شکل زیر می‌توان مقطع زیر در یک مقطع (2) را در نظر گرفت زیرا توزیع سرعت در این مقطع غیر یکنواختی قابل توجهی دارد بنابراین مقاطع (1) و (3) در دو طرف در یک در نظر می‌گیریم برای می‌توانی ارتفاع مقطع 3  $(y_3)$  با به ضریب منبسطی برابر  $C_c$  ضریب منبسطی را در نظر می‌گیریم

$$y_3 = C_c \times y_2$$

ضریب منبسطی

رود

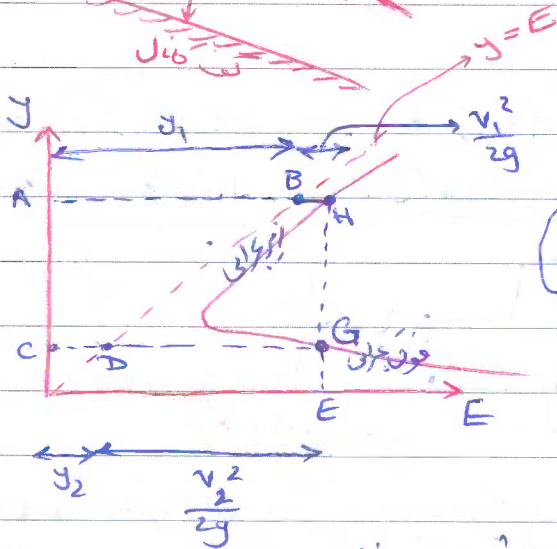
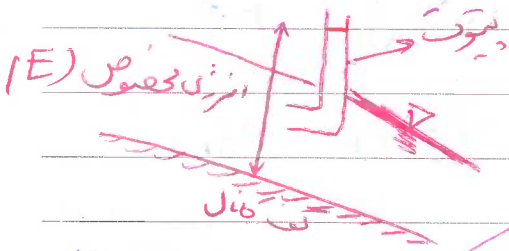


\*\*\* نکته مهمی: رابطه انرژی مخصوص (E) و عمق جریان (y) به نسبت عدد فرود:

$$\frac{E}{y} = 1 + \frac{1}{2} Fr^2$$

حفظ و معنی در مثال مستطانی

\*\*\* نکته مهمی: در مثال مستطانی، انرژی مخصوص به ازای فاصله یکنواختی کانال، سطح آب در دو حالت متفاوت است.



\*\*\* معنی E-y

$$E = y + \frac{v^2}{2gy^2}$$

آردن برای حالت فرض کنیم

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

آردن برای حالت فرض کنیم

با فرض این دو، معنی E-y به یک است و با فرض این معنی E-y به سمت چپ می‌آید.

\*\*\* معادله ای اساسی حاکم بر جریان بحرانی (Fr = 1):

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gd}} \Rightarrow D = \frac{A}{T}$$

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

در حالت بحرانی، به ازای یک دبی ثابت، انرژی مخصوص جریان حداقل خواهد بود (E = Emin)

در حالت بحرانی، به ازای یک انرژی مخصوص ثابت، دبی جریان ماکزیمم خواهد بود (Q = Qmax)

مهم

Mostafa Rahimi

**جرین بحری در کانال مستطی**

$$y_c = \left( \frac{q^2}{g} \right)^{1/3} \quad E_{min} = \frac{3}{2} y_c$$

روابط زیر برقرارند  
 $q \leftarrow$  دبی در واحد عرض  
 $y_c \leftarrow$  عمق بحری  
 $E \leftarrow$  انرژی بحری

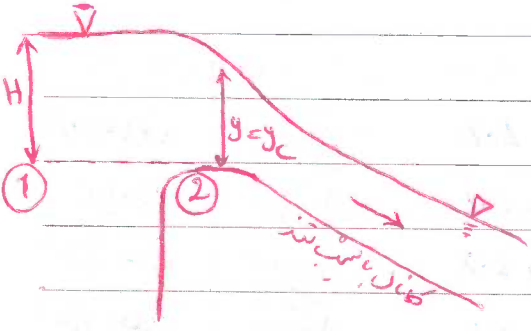
$$\frac{y_c}{y_1} = Fr_1^{2/3}$$

نقطه A از یک دره عمیق و نخل وارد کانال می‌شود و در مقطع ورودی کانال دارای

وضعیت بحری است (  $y_c = y_1$  ) داریم:

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= E_2 + h_f \\ V_1 = 0 &\Rightarrow E_1 = H \\ E_2 &= E_{min} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \boxed{H = E_{min} + h_f}$$

$\swarrow$   
 $\frac{3}{2} y_c$



**جرین بحری در کانال مثلثی**

$$E_{min} = \frac{5}{4} y_c$$

$$\frac{E}{y} = 1 + \frac{1}{4} Fr^2$$

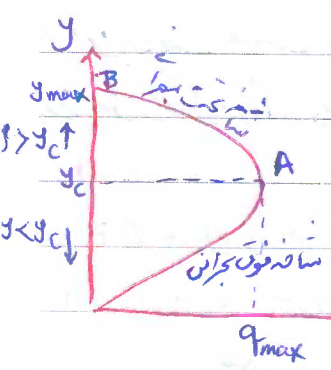
$$y_c = \left( \frac{2Q^2}{g z^2} \right)^{1/5}$$

$z = \tan \frac{\theta}{2}$   $\leftarrow$  ارتفاع رأس

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

$\leftarrow$  عمق بحرین  
 $\leftarrow$  وضعیت بحرین

**جرین بحری در کانال دوزخی و دایروی**



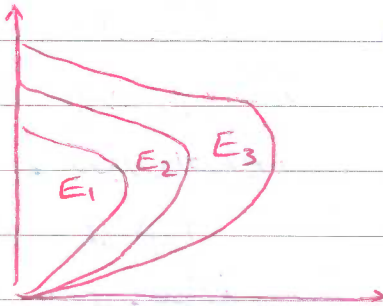
در حالت مستطی  $y - q$  دبی در واحد عرض

در نقطه B برای  $q = 0$  بیشترین مقدار  
 عمق بحری ( $y_{max}$ ) رخ می‌دهد

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

**در حالت کلی**

مقدار اثری محصول  $q_{max}$  و  $Q_{max}$  اثری



$$E_3 > E_2 > E_1$$

معمولاً اثری بر آمدن و یا فروفتگی محصولی :

نوع جریان	وضعیت کن	معادله اثری محصول	موقعی در محل فروفتگی یا برآمدگی
زیرجریان	برآمدگی	$E_1 = E_2 + \Delta Z$	کاهش می یابد
زیرجریان	فروفتگی	$E_1 = E_2 - \Delta Z$	اثری می یابد
فوق جریان	برآمدگی	$E_1 = E_2 + \Delta Z$	اثری می یابد
فوق جریان	فروفتگی	$E_1 = E_2 - \Delta Z$	کاهش می یابد

بررسی وقوع بدیده پس زدگی (اندا)

برای بدیده انداز بدیده برآمدگی دانسته می شود معادله اثری محصول برابر  $E_1 = E_2 + \Delta Z$  است. حال برای بررسی وضعیت انداز بدیده نسبت به  $E_{min}$  بنحیث اگر  $\Delta Z$  طوری انتخاب شود که  $E_1$  کوچکتر از  $E_{min}$  در آید که بدیده پس زدگی رخ نمی دهد و دقیقاً مانند قبل است. از روی برآمدگی عبور می کند. حال اگر  $E_1$  برابر  $E_{min}$  شود بر این حالت حالت بحرانی گوئید و اگر  $E_1$  بزرگتر شود، بیشتر خود را اثری محصول را قطع می کند و بدیده پس زدگی بر وجود می آید.

برکل :

(1) حداقل ارتفاع برآمدگی است که بر آزاد آن روی برآمدگی وضعیت بحرانی ایجاد شود.

بنابراین برای بررسی وقوع بدیده انداز، تعیین  $\Delta Z_c$  بسیار مهم می باشد.

(2) مقدار  $\Delta Z_c$  بصورت ذیل به دست می آید:

$$\Delta Z_c = E_1 - E_{min} - h_f$$

3) در صورتی که  $\Delta E > \Delta E_{min}$  باشد انداز رخ سی درجه در این وضعیت در بالا است برآمدگی و درین حالت جریان، افزایش محقق و در جریان فوق بحرانی، کمترین هدایت و گسیل خواهیم داشت.

عمود بر محور  $q$  ابتدا بتلنا و باز شدگی:

معمولاً علت تغییر در  $q$  در کانالها، تغییر عرض کانال مستطیل می باشد.

$q_2 > q_1 \Rightarrow (باز شدگی) \Rightarrow b_2 < b_1$

$q_2 < q_1 \Rightarrow (باز شدگی) \Rightarrow b_2 > b_1$

$q = \frac{Q_1}{b} \Rightarrow q \propto \frac{1}{b}$

نوع جریان	وضعیت عرض	موقع جریان در محل تنگنا و باز شدگی
زیر بحرانی	تنگنا	کاهش می یابد
فوق بحرانی	تنگنا	افزایش می یابد
زیر بحرانی	باز شدگی	افزایش می یابد
فوق بحرانی	باز شدگی	کاهش می یابد

بررسی وقوع سی زدگی (انداز) در اثر کاهش عرض مقطع:

وقتی تنگنا داریم ممکن است در شرایط بدیده سی زدگی به وجود آید.

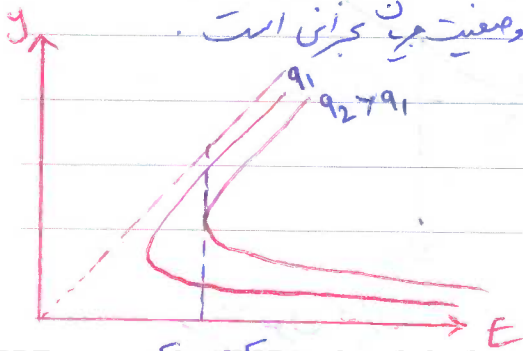
وقتی تنگنا داریم در هر تنگنا افزایش می یابد. پس نمودارهای انرژی مخصوص به سمت راست

می روند این سمت راست است. وقتی نمودارها تا جایی ادامه پیدا کند که خط منحنی معرف  $E_{min}$  و  $E_{max}$

مقابل شکل مقابل بر نقطه ای صاف می شود (نقطه معرف  $E_{min2}$ ) مناسب شود و به مقدار

تغییر عرض که به ازاد آن انرژی مخصوص کانال در محل تنگنا برابر  $E_{min2}$  شود،

$\Delta b$  (تغییر عرض بحرانی) گفته می شود. در این حالت وضعیت بحرانی است.



M. Foka

در ادامه با کاهش بیشتر من قابل، نمودار با زخم به سمت راست می‌آید. در این صورت خط صاف من  $E_1$  نمودار (2) را قطع نخواهد کرد. این نتیجه از نظر فیزیکی غیر ممکن است.  
 در این حالت که تغییرات من  $(\Delta b)$  نیز کمتر از  $\Delta b_c$  است، وضعیت جریان در بالا است. تغییر من آنقدر کم است که خط صاف من مربوط به انرژی مخصوص تغییر یافته  $E_1$  (به اولین نقطه از من  $E_1$  که همان نقطه  $E_{min2}$  است) برسد. در این تغییر وضعیت جریان آب انداز کمتری خواهد بود.

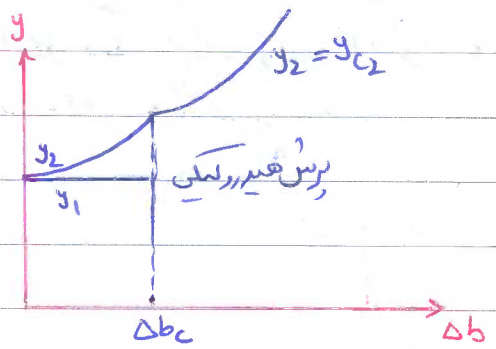
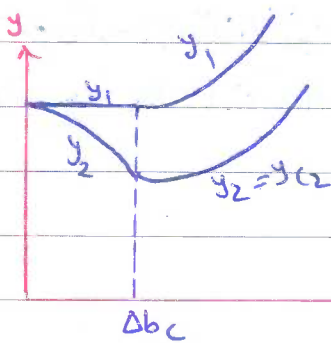
**روش پیدا کردن  $\Delta b_c$ :**

ابتدا از معادله  $E_1 = E_{min2} + h_f$  (اسم) می‌آید.  
 پس با استفاده از رابطه  $E_1 = \frac{3}{2} v_2^2$  و  $v_2$  و از آنجا  $q_2$  را به دست می‌آوریم.  
 در نهایت از رابطه  $q_1 = q_2$  استفاده کرده،  $b_2$  و از آنجا  $\Delta b_c$  را به دست می‌آوریم:  

$$b_2 = \frac{q_1}{q_2} \times b_1 \Rightarrow \Delta b_c = b_1 - b_2$$

**معنی  $\Delta b - y$ :**

معنی مربوط به  $y$  (یعنی جریان قبل از بستن) برابر  $\Delta b_c < \Delta b$  است. در صورتیکه خط صاف من به سمت چپ من برآید و درخ نزدیک به من  $E = y$ ، یعنی جریان در کل تنها  $(y)$  است. به علاوه در  $(y)$  جریان کمتری که من و در جریان فوقانی افزایش من  $y$  در این صورت نیز جریان  $y$  برابر  $y_2$  است. باید توجه داشت که چون  $y_2 = \left(\frac{q_2^2}{g}\right)^{1/3}$  می‌باشد و با افزایش  $\Delta b$ ،  $q_2$  نیز افزایش من  $y$ ،  $y_2$  نیز به معنی معمولی خواهد داشت.



© U-Doka

جریان فوقانی

جریان فوقانی



اصل سوک و اصل اندازه حرکت در کانال های باز

$$\sum F = \text{نرخ تغییرات اندازه حرکت} \Rightarrow F_{P_1} - F_{P_2} - F_{ext} = \rho Q (V_2 - V_1)$$

$$F_{P_1} = \gamma \bar{y}_1 A_1$$

$$F_{P_2} = \gamma \bar{y}_2 A_2 \quad \text{فشار هیدرواستاتیک}$$

$$F_{ext} = F_{air} + W \sin \theta + F_f + F_h = |F_h| \quad \text{نیروهای نیروهای خارجی وارد بر جسم کنترل}$$

$F_{ext}$  شامل موارد زیر است:

(الف) نیروی اصطکاک مبین آب با بستر کانال ( $F_f$ ) و هوا ( $F_{air}$ )

(ب) مؤلفه نیروی وزن به موازات کف کانال ( $W \sin \theta$ )

(ج) نیروی ناشی از وجود مانع ( $F_h$ ) (برآمدگی کف کانال)

در کل ما توان نیروی مخصوص در یک کانال و اصل اندازه حرکت را به صورت زیر بیان کرد:

$$F = \frac{Q^2}{gA} + \bar{y} A \Rightarrow \boxed{\frac{F_{ext}}{\gamma} = F_1 + F_2}$$

ن: فاصله مرکز سطح مقطع کانال تا سطح آزاد آب

در یک کانال مستطیلی، نیروی مخصوص در واحد عرض به صورت زیر بیان می آید:

$$\boxed{\frac{F}{b} = \frac{q^2}{g\bar{y}} + \frac{\bar{y}^2}{2}} \quad \bar{y} = \frac{y}{2}$$

نکته: به ازای عمق بحرانی، نیروی مخصوص حداقل می شود

در یک کانال مستطیلی منبسط مقدار نیروی مخصوص در یک عمق بحرانی رخ داده و برابر است با:

$$F_{min} = \frac{3}{2} y_c^2 = E_c y_c \quad \text{مستطیلی}$$

$$F_{min} = \frac{2}{3} E_c y_c^2 \quad \text{مستطیلی}$$

\*\*\* مقایسه انرژی مخصوص و نیروی مخصوص \*\*\*

نیروی مخصوص	انرژی مخصوص	
$F = \frac{Q^2}{9A} + \bar{y}A$	$E = y + \frac{v^2}{2g}$	رابطه کلی
$\frac{F}{b} = \frac{q^2}{9y} + \frac{y^2}{2}$	$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$	کمانل مستطیلی
$\frac{F_{min}}{b} = \frac{3}{2} y_c^2 = Ecyc$	$E_{min} = \frac{3}{2} y_c$	رابطه و صفت جریان در کمانل مستطیلی
به ازادبیانات، اگر $F$ ثابت باشد، امکان منظره آن را هم می توانیم ترسیم کنیم.	به ازادبیانات، اگر $E$ ثابت باشد، این منظره آن را هم می توانیم ترسیم کنیم.	موقعی که سوابق و تریج
<p>منظره <math>F</math> نسبت به <math>y</math></p>	<p>منظره <math>E</math> نسبت به <math>y</math></p>	معنی $E-y$ و $F-y$

در پدیده هیدرولیکی در قسمتی از کانال رخ دهد انرژی عمده در اثر پدیده هیدرولیکی است. در این حالت  $\Delta E$  انرژی تلف شده در پدیده هیدرولیکی بوده و داریم:  $E_1 = E_2 + \Delta E$  و  $F_1 = F_2$

در صورت وجود تلفات انرژی ( $\Delta E$ )، این انرژی مخصوص و در صورت وجود نیروی خارجی ( $F_{ext}$ )، رابطه ای اندازه جیت چهار تغییراتی می شوند:

$$E_1 = E_2 + \Delta E$$

$$F_1 = F_2 + \frac{F_{ext}}{\gamma}$$

$$\Delta E_z = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$$

\*\*\* در یک کانال مستطی داریم:

\*\*\* بسیار مهم: در صورتی که این دو لا عمق ها مزبور هم باشند داریم:

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1)$$

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1)$$

این دو رابطه هم صادرند: فقط در کانال های مستطی

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

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

رابطه ای که در آن  $\eta = \frac{E_2}{E_1}$  <sup>نسبت انرژی</sup>

$$\frac{E}{y} = 1 + \frac{1}{2} Fr^2$$

کتابه 3

$$P_z = 8 \Delta E_z Q$$

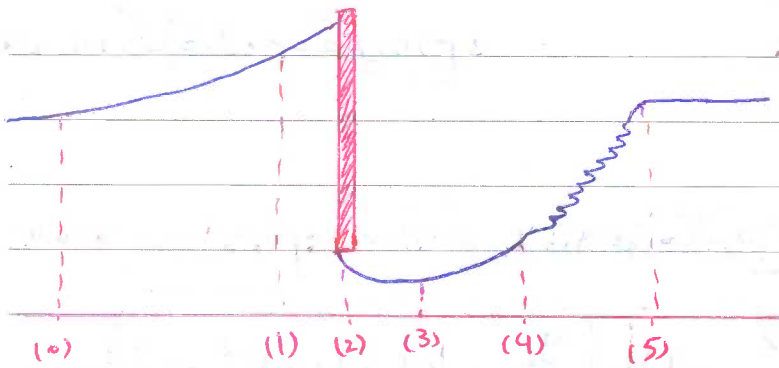
توان تلف شده ناشی از ریزش هیدرولیکی

فردولتسی: رابطه ای که عمق بحرانی را در ریزش هیدرولیکی به عمق اولیه و ثانویه مرتبط می کند:

$$y_c^3 = \frac{y_1 y_2 (y_1 + y_2)}{2}$$

در کانال مستطی

بررسی عبور جریان از زیر یک دریاچه:



- جریان قبل از دریاچه و وضعیت زیر جریان دانسته شود با عبور از زیر دریاچه به حالت فوق بحر این تبدیل می شود پس با ایجاد برش هیدرولیکی مجدداً به وضعیت زیر بحر این باز می گردد.
- عمق های اول و دوم عمق های متعادل می باشند (E<sub>1</sub> = E<sub>3</sub>) با توجه به این موضوع در واحد عرض و با عمق اول قابل عی سیم خواهد بود.
- نیروی وارد بر دریاچه: با استفاده از رابطه ای اندازه گیری بین دو مقطع (1) و (3) نیروی وارد بر دریاچه بدست می آید.

$$\frac{F_{ext}}{g} = F_1 - F_3 \quad \leftarrow \quad F = \frac{q^2}{gy} + \frac{y^2}{2}$$

- ولتاژ کمترین عمق ممکن برای جریان بعد از دریاچه بوده و پس از آن عمق آب افزایش می یابد.
- به عمق جریان در این مقطع "عمق نشردگی" می گویند. اگر ضریب C<sub>2</sub> را ضریب نشردگی و C<sub>3</sub> را عمق باز نشدگی دریاچه در نظر بگیریم:

$$C_3 = C_2 y_3$$

برش مستغرق؟

چون بین 4 و 5 برش هیدرولیکی اتفاق می افتد، اگر y<sub>4</sub> از y<sub>3</sub> کوچکتر شود در زیر برش هیدرولیکی اتفاق نمی افتد و برش مستغرق داریم که حالت برنشقی دارد.

عمق نشردگی (y<sub>3</sub>) < عمق اولیه برش (y<sub>4</sub>): شرط ایجاد برش مستغرق

**نکته تست:** اگر کانال راستی دادند و معنی های برش را هم دادند و توان تلف شده ناشی از برش را هم خواستند، باید وقت کنیم که دیگر روابط بین معنی اولیه و ثانویه در کانال مستقیم صادق نیست. برای برش آوردن توان ابتدایی را باید پیدا کنیم.

ما داریم اندازه حرکت در قبل از برش و بعد از برش را هم برابر است پس رابطه زیر را بین معنی اولیه برش و ثانویه برش می نویسیم.

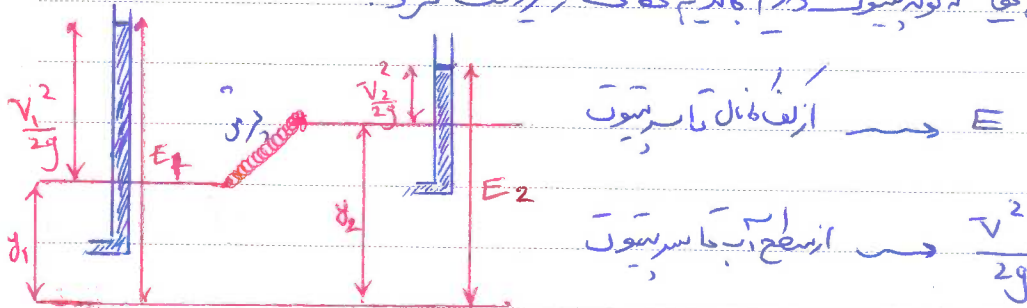
$$F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{Q^2}{gA_1} + A_1 \bar{y} = \frac{Q^2}{gA_2} + A_2 \bar{y}_2$$

در کانال مستقیم  $A = zy^2$  و  $\bar{y} = y/3$   $\rightarrow Q = \dots$

$$\Rightarrow \Delta E = E_1 - E_2 = \left( y_1 + \frac{Q^2}{2gA_1^2} \right) - \left( y_2 + \frac{Q^2}{2gA_2^2} \right) = \dots$$

$$\Rightarrow P_j = \gamma \Delta E_j Q = \dots$$

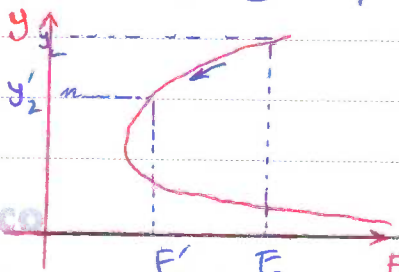
**نکته تست:** در سوال (ج) به لوله میبویت داریم بایدیم خطای زیردقت کرد.



$E \rightarrow$  ارتفاع مابین مینویس

$\frac{V^2}{2g} \rightarrow$  ارتفاع آب مابین مینویس

**نکته تست:** وقتی در مسیر یک برش هیدرولیکی یک بلبه قرار می دهیم باید دقت کرد که بتوانیم نمودار  $F-y$  چون جریان از زیر بحرانی هنگام برش داریم و وجود بلبه باعث کم شدن بلبه خواهد شد لذا بتوانیم به نمودار معنی ثانویه برش نگاه کنیم خواهد داشت.



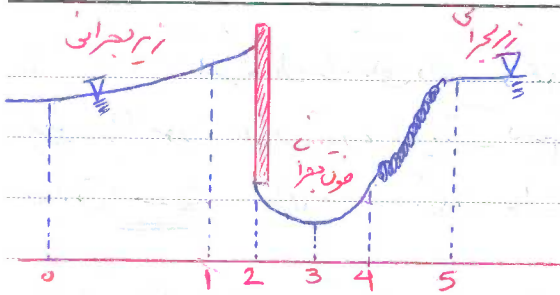
$$F'_2 < F_2 \rightarrow y'_2 < y_2$$

دقت شود چون بعد از برش جریان زیر بحرانی است باید روی شاخه

زیر بحرانی حرکت کنیم

Subject:

Year . Month . Date . ( )



نکات مهم از درجه:

چون تغییر درجه  $\rightarrow$  از 0 تا 1

چون تغییر درجه  $\rightarrow$  از 2 تا 3

چون تغییر درجه  $\rightarrow$  از 3 تا 4

عقوبت  $\rightarrow$  لا  $\rightarrow$  عقوبت اول به پیش  $\rightarrow$  لا

بعد از درجه قبل از پیش  $\leftarrow$  فوق بجزای

چون قبل از درجه  $\leftarrow$  زیر بجزای

بعد از پیش  $\leftarrow$  زیر بجزای

لا و لا  $\rightarrow$   $E_1 = E_3 \Rightarrow$   $\rightarrow$  لا و لا عقوبت حساب

تغییر و از درجه

$$\frac{\bar{F}_{ext}}{\gamma} = F_1 - F_3$$

$$\delta_3 = c_c \delta_2$$

عقوبت با آمدنی

صید قرضی

عقوبت قرضی

# فصل چهارم: موج‌ها و امواج

## موج‌ها و امواج

- 1) سرعت آب در کانال ثابت است
- 2) سه مقدار  $\Delta z$  (میزان پایین آمدن سطح آب)،  $\Delta z$  (میزان پایین آمدن تراز آب کانال) و  $h_f$  (مقدار پایین آمدن خط انرژی) با هم برابرند.

$$\Delta z = \Delta w = h_f$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta z}{L} = \frac{\Delta w}{L} = \frac{h_f}{L} \Rightarrow S_f = S_w = S_e = S$$

$$S = S_{\sin \theta} \approx \tan \theta \approx \theta$$

رابطه‌ی تشویقی برای تعیین سرعت:

$$V = C \sqrt{RS} \quad \Rightarrow \quad Q = CA \sqrt{RS}$$

(سرعت موج در عمق)
(سرعت)
(مقطع عرض کانال)

دیمانسیون تشویقی (C):  $L^{1/2} T^{-1}$

در کانال‌ها که بسیار عمیق داریم،  $(R \approx y)$

$$V = C \sqrt{yS}, \quad q = Cy \sqrt{yS}$$

$$S_c = \frac{g}{C^2}$$

مهم

شیب بحرانی

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

ضریب زبری (مانند)

رابطه مانینگ برای تعیین ریخت و

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

$$0.15 < n < 0.008$$

ضریب مانینگ یا ضریب زبری عداره، تابع منب کانال شکل سطح مقطع، نوع و میزان تراکم پوشش لایه رسوب کانال، شکل و وجود مانع در مسیر جریان است.

دماسیون ضریب مانینگ  $\Rightarrow$

$$L^{-1/3} T$$

رابطه مانینگ در سیستم واحدهای انگلیسی:

$$V = \frac{1.486}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

رابطه بین شتری و مانینگ و

در کانال های مربعی داریم و

$$q = \frac{1}{n} y^{5/3} S^{1/2}$$

دری در واحدهای متریک  $\leftarrow$

$$\sqrt{y y_c^3} = \frac{1}{n} y_c R_c^{2/3} S_c^{1/2}$$

$$S_c = \frac{1}{n^2} y_c^{-1/3}$$

شیب بحرانی  $\leftarrow$

رابطه مانینگ

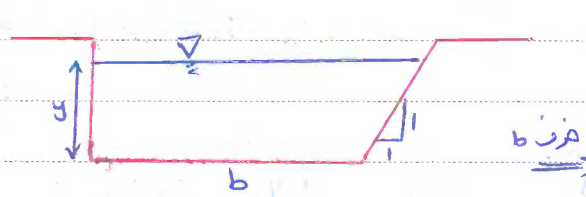


Subject :

Year . Month . Date . ( )

**نکته و اهمیت:** اگر در سؤالی گفتند به ازای چه رابطی بین  $A$  و  $P$  مقطع بهترین است باید ابتدا سطح مقطع ( $A$ ) و سطح مرطوب ( $P$ ) را حساب کرده و عرض مقطع ( $b$ ) را در دو معادله حذف کرده و سطح مرطوب را حسب  $y$  و  $A$  بدست آوریم  
 حال سطح مرطوب ( $P$ ) را نسبت به  $y$  مشتق می‌گیریم و رابطی بین  $A$  و  $y$  را بدست می‌آوریم

EXP



$$A = by + \frac{1}{2} y^2 z$$

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

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

$$\Rightarrow \frac{\partial P}{\partial y} = 0 \Rightarrow A = (\frac{1}{2} + \sqrt{z^2 + 1}) y^2$$

**نکته تست:** درجه بلینو افت ← انرژی کل همواره کاهش می‌یابد  
 انرژی مخصوص ( $E$ ) همواره ثابت است  
 شیب خط انرژی همواره ثابت است

درجه بلینو افت چون  $Z$  (ارتفاع منتهی) همواره کاهش می‌یابد پس انرژی کل همواره کاهش می‌یابد

درجه بلینو افت ← شیب خط انرژی = شیب کن کانال ( $S_f = S_0$ )

**دقت:** اگر در صورت سؤالی ذکر شده آب از یک دریاچه به شیب کانال آبیاری می‌رود می‌تواند به سرعت کمتری حرکت کند چون موقع ورود آب به کانال انرژی  $min$  داریم یعنی  $E_{min} = \frac{3}{2} y_c$  پس  $y_c$  همواره ثابت است پس:

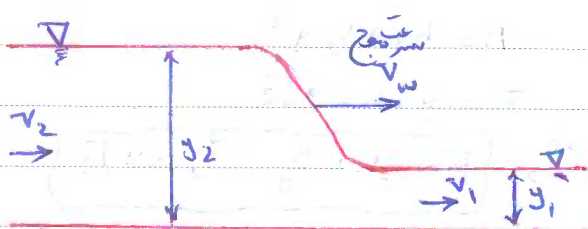
$$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow \text{هوایره ثابت است}$$

Subject :

Year . Month . Date . ( )

### نکته بسیار مهم :

البريد صوب شريفه غير دائمي (موج موندلليال) داشته باشم و سرعت اول دفعه و حصين  
تيد لاف و هنيدي شري را داشته باشم سرعت بوج از رابط زير بدست مي آيد

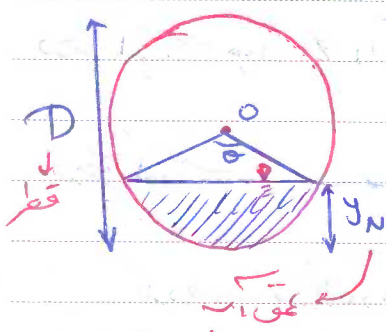


ابتدا از رابط شري محق ها اول و 2 را بدست مي آوريم پس داريم:

$$V_w = \frac{y_1 v_1 - y_2 v_2}{y_1 - y_2}$$

### نکته و اوعا مهم (نتیجه گیری) :

اگر گامالی دایره ای داشته باشم  $P_{min}$  ،  $Q_{max}$  و  $V_{max}$  در محق ها زیر ابعاق می افتد :



$$P_{min} \rightarrow \frac{dP}{dy} = 0 \rightarrow y_N = 0.5D$$

$$V_{max} \rightarrow \frac{dR}{dy} = 0 \rightarrow y_N = 0.81D$$

$$Q_{max} \rightarrow \frac{d(AR^{2/3})}{dy} = 0 \rightarrow y_N = 0.934D$$

Mostafa Rahimi

۱- مقطع بهینه هیدرولیکی؟

(1) بهترین مقطع هیدرولیکی، مقطعی است که با تقریباً ۱/۳ نسبت به محور افقی، یک ضلع مثلثی مستقیم تشکیل دهد.

(2) در میان مقاطع مثلثی، مقطع بهینه تر است که بتوان دایره‌ی بهتری در آن لحاظ کرد، بنابراین نیم دایره بهینه‌ترین مقطع هیدرولیکی است. چرا که می‌توان در آن یک دایره را به صورت کامل می‌گاز کرد.

(3) بهینه‌ترین مقطع هیدرولیکی مستطیلی است که عرض آن دو برابر عمق جریان باشد.

(4) بهینه‌ترین مقطع هیدرولیکی مثلثی است که زاویه برآس ۹۰° دارد.

(5) بهینه‌ترین مقطع هیدرولیکی ذوزنقه‌ای است که عرض آن دو برابر عمق مستطیلی مستقیم است و زاویه آن نسبت به افق ۶۰° است.

عرض کانال ذوزنقه‌ای در حالت بهینه  $\Rightarrow b_{opt} = \frac{2\sqrt{3}}{3} y$

نسبت‌ها که برپس روی عبارتهای کانال:

$\chi = \gamma R S$

میزان اصطلاحی کانال

را به تقریباً

$\chi = \frac{1}{2} C_f \rho V^2$

سرعت بهتری در جریان دلتا است؟

$U^* = \sqrt{\frac{\chi_0}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma R S}{\rho}} = \sqrt{g R S}$

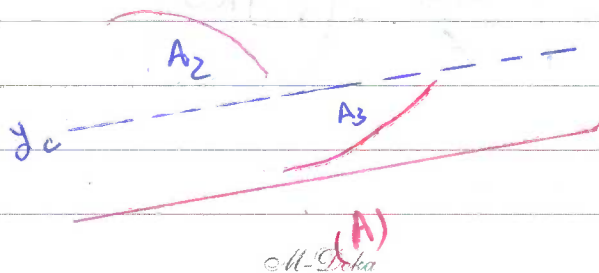
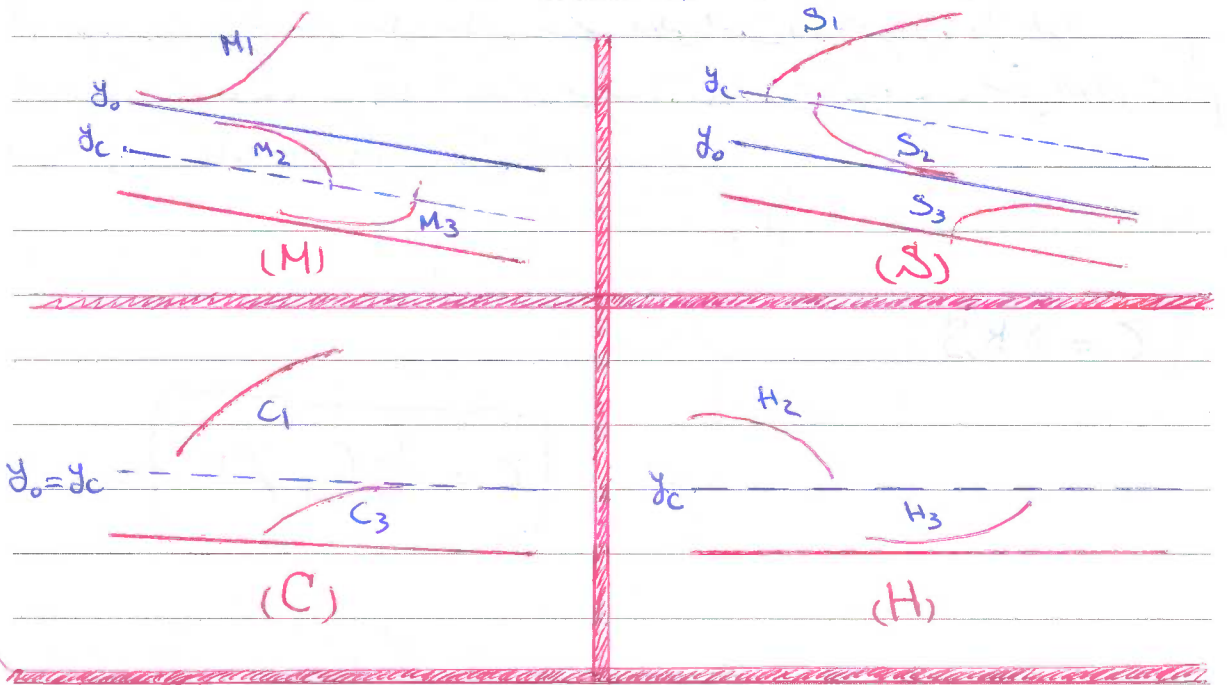
فصل دهم: میراها (مستند درستی) :  
نویسنده: م. دبا

این مباحث به تدریج و در هر مرحله‌ای نسبتاً طولانی تفسیر کنید چرا که اصل آن را برآوردن درستی می‌تواند مقایسه‌ها را

- $S_0 > S_c \Rightarrow$  تند S
- $S_0 = S_c \Rightarrow$  بجاری C
- $S_0 < S_c \Rightarrow$  ملایم M
- $S_0 = 0 \Rightarrow$  افقی H
- $S_0 < 0 \Rightarrow$  معکوس A

- $y_0 < y_c \Rightarrow$  تند S
- $y_0 = y_c \Rightarrow$  بجاری C
- $y_0 > y_c \Rightarrow$  ملایم M

برای مثال افقی و معکوس همچون شمال (y) تعریف می‌شود.

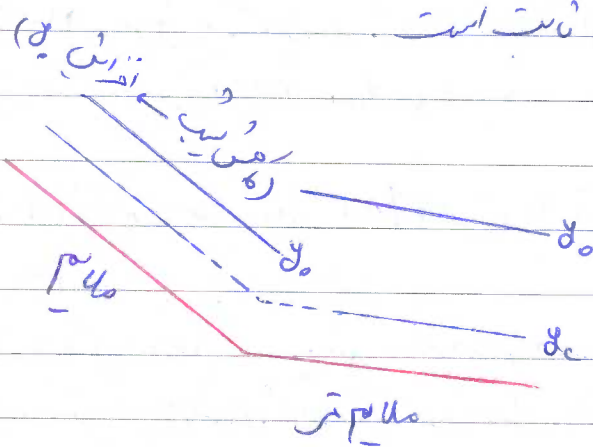


M-Daba

معادله اساسی حاکم بر جریان غیر درونی:

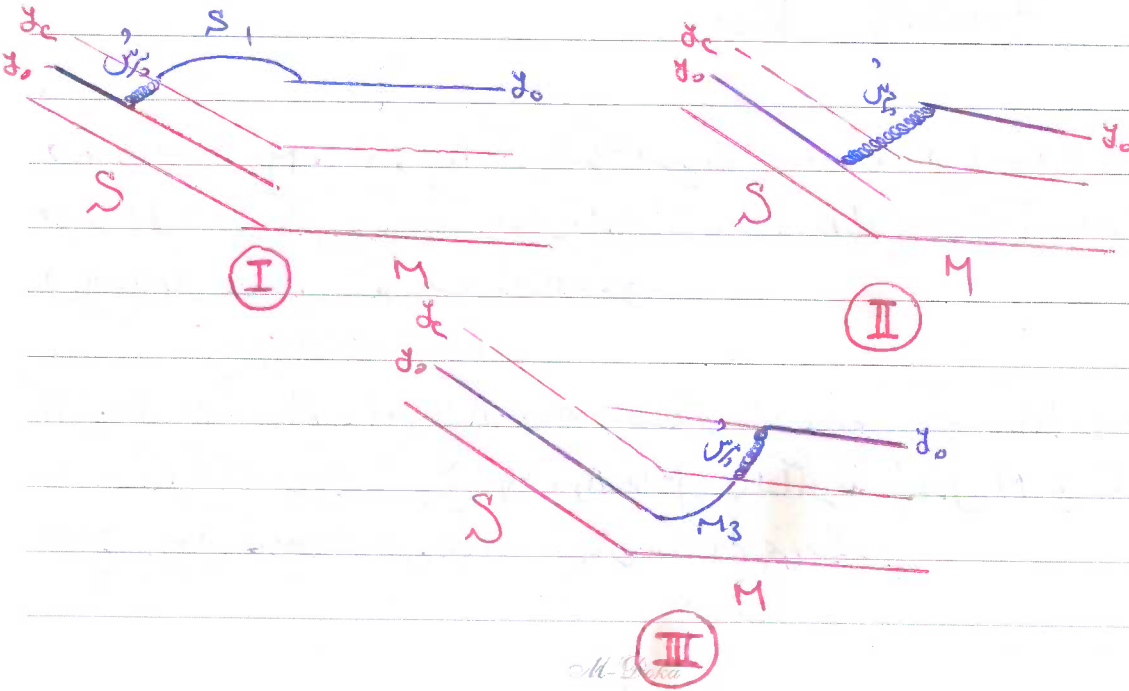
$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - Fr^2}$$

معمولاً جریان در کانالها اصطلاحاً به دو دسته تقسیم می‌شود: جریان درونی و غیر درونی. در جریان درونی، عمق آب در هر مقطع از سبب لغزش کانال صاف است.



در صورت کاهش سبب لغزش و مقدار آن افزایش می‌یابد.

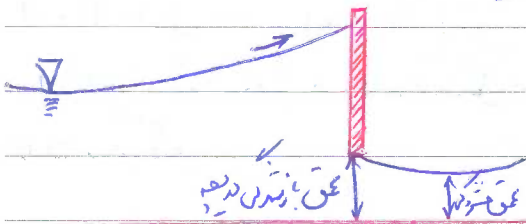
ارتباط کانال سبب مذکور با عمق: در این اتصال همواره شیب سطح آب در سطح آب وجود دارد که سه حالت به وجود می‌آید:



- I) پریس - S شکل می شود. این در حالتی است که عمق ثانویه پریس (عمق دریا) کمتر از عمق نریال کانال باشد ملام (S.M) بدست آید.
- II) در این حالت عمق نریال کانال با عمق نریال کانال برابر ملام آنها منفرجه هموار به عبارتی عمق اولیه در ثانویه پریس هیدرولیک می باشد.
- III) M<sub>3</sub> - پریس تکلیف می شود. این در حالتی است که عمق اولیه پریس از عمق نریال سبب تمدد بیشتر است و عمق ثانویه پریس S.M می باشد.

\*\*\* باقراس زیری کانال (A<sub>n</sub>) عمق نریال آخر اس می باشد.  
قرار گرفتن در مسیر جریان:

همواره قبل از درجه بند بیرونی متغیر تدریجی صعودی (با وضعیت تحت بحرانی) پس از درجه بند جریان متغیر سریع تدریجی (با وضعیت فوق بحرانی) خواهد داشت.



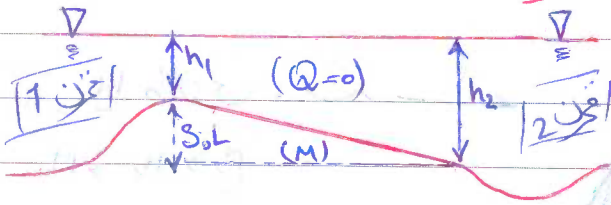
وجود سبب شدن در مسیر جریان:

در کانال، سبب M، H و A اگر در آنجا می باشد، در سبب شدن (آبشار) قرار گیرد و چون تیل از سبب شدن در وضعیت بحرانی قرار داشته باشد، در این صورت آب با عمق بحرانی (S=S) از روی سبب شدن سقوط خواهد کرد.

ورود آب از مخزن (دریاچه) به کانال:

اگر کانال، سبب S، H و A به دریاچه ای متصل شود، (بر ورود آب به کانال به ترتیب شاهد شکل گیری بیرونی H<sub>2</sub> و H<sub>1</sub> و A<sub>2</sub> می باشد. اما اگر سبب کانال M یا C باشد هیچ بیرونی تدریجی ای در ورود آب به کانال حاصل نمی شود.

اتصال دو دریا به (دو مخزن) توسط طایف، نسبت ملاک:



بروین سطح آب درینال	تغییرات دبی (Q)	حدود h2
هیچ بروینگی تشکیل نمی شود	Q = 0	$h_2 = h_1 + S_0L$
بروین M1 تشکیل می شود	با کاهش h2 از Q	$y_0 < h_2 < h_1 + S_0L$
بروین M2 تشکیل می شود	کانال کم عمق: چون h2 از Q افزایش می یابد کانال عمیق: با تغییر h2 از Q ثابت است	$y_c < h_2 < y_0$
بروین M2 تشکیل شده و در آنجا سقوط از خصوصیات است	با تغییر h2 از Q ثابت است	$h_2 < y_c$

در این طول بروینگی که متغیر تدریجی است  
(1) روین گام به گام مستقیم:

سبب خط انرژی

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - \bar{S}_p}$$

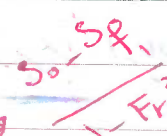
$$\bar{S}_p = \frac{S_{p1} + S_{p2}}{2}$$

$$\frac{dE}{dx} = S_0 - S_p \rightarrow \text{تغییر انرژی نسبت به مکان}$$

(2) روین عمودی اوله:

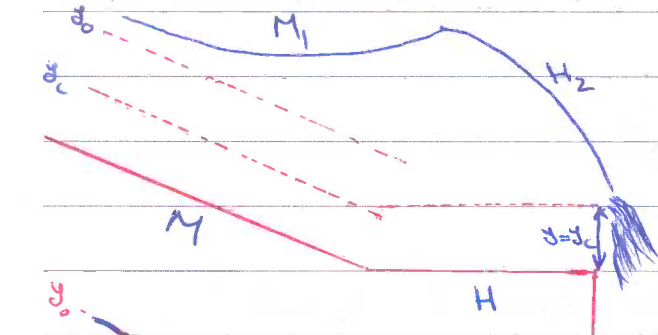
در این تغییرات  
نرخ تغییرات کم است  
 $\frac{dy}{dx}$

$$\Delta x = \frac{2(y_2 - y_1)}{\left( \left( \frac{dy}{dx} \right)_2 + \left( \frac{dy}{dx} \right)_1 \right)}$$

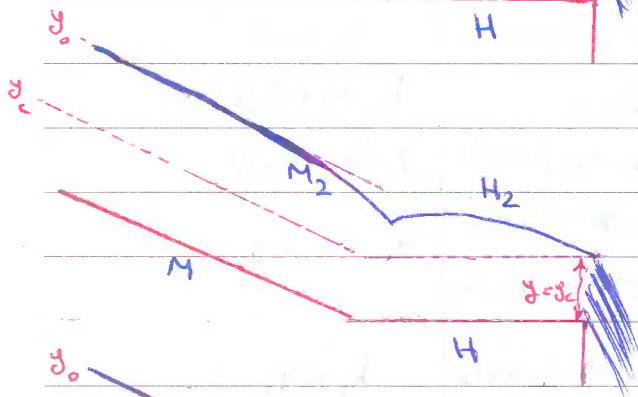


در هر دو طرف متغیر تدریجی است  
در هر دو طرف متغیر تدریجی است  
 $\frac{dy}{dx} \neq 0$  ,  $\frac{dv}{dx} \neq 0$  ,  $\frac{dv}{dt} = 0$  ,  $\frac{dy}{dt} = 0$

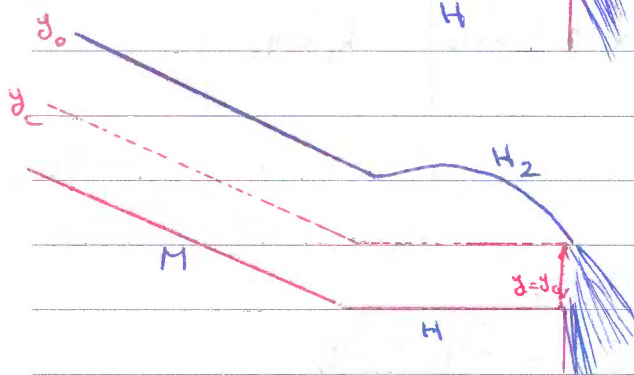
وجود شیب شدن در مسیر جریان



اگر  $H_1$  طولانی باشد  
 $M_1$  و  $H_2$  داریم



اگر  $H_1$  کوتاه باشد  
 $M_2$  و  $H_2$  داریم



اگر  $H_1$  با طول کم باشد متفصلاً باشد  
 فقط  $H_2$  داریم

نکته ۴: اگر شیب طولی کم باشد (ک) باشد و دبی ورودی به کانال از دریاچه مانع خواهد بود

نکته ۵: برای قوت کم از کانال دست دریاچه زیر عمیق از پایین دست کنترل می شود



لازم می دانم از جناب آقای مهندس غفاری بابت اسکن  
خلاصه این درس تشکر ویژه و صمیمانه داشته باشم

**اگر این جزوه نقشی در موفقیت شما در  
کنکور کارشناسی ارشد و دکتری داشت،**

**لطفا ما را از دعای خیر خود**

**بی نصیب نگذارید.**

**با تشکر**

**مصطفی رحیمی**

**nce.rahimi@yahoo.com**