

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

گروه مهندسی
فراعمران
ucivil.ir



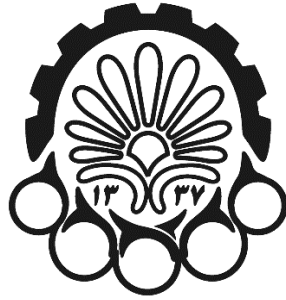
خدمات گروه مهندسی فراعمران

✓ تولید محتوا و مرجع دانلود رایگان کتاب، جزوه و پروژه های درسی

✓ آموزش تخصصی نرم افزارهای GeoStudio ، Abaqus و ...

✓ مشاوره انجام پایان نامه و پروژه های دانشجویی با کادری مجرب





دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

خلاصه درس هیدرولیک

(بربنای کتاب سری عمران)

تهیه و تنظیم : مصطفی رحیمی

E-MAIL: 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 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)

«... هیدرولیک در کانالهای لوله‌ای ...»

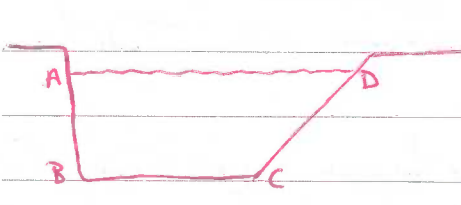
Mostafa Rahimi

مفصل اول: امیرتاری

در کانال‌های باز سطح آزاد آب - محافظه انرژی هیدرولیک (H.G.L) همیشه در حال آن که در جریان گت فشار برای تعیین این تراز به نیروی متر حسابی در مسیر جریان صاف نمود.

در کانال‌های باز نسبت به غیر صاف در کانال در واقع همان معنی است $y = \frac{P}{\gamma} = \text{عمق حسابی}$

مفروض 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 صاف شده است

$T = \overline{AD}$

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

شعاع هیدرولیکی (R):

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

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

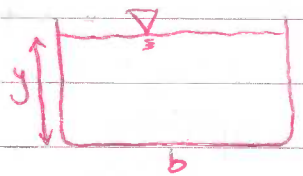
عمق هیدرولیکی (D):

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

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

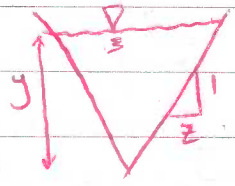
ضریب تورس سطح (Z):

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



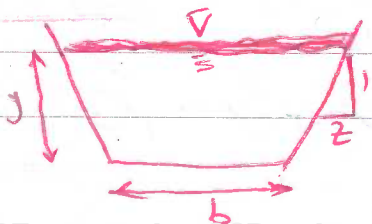
$A = by$
 $T = b$
 $P = b + 2y$

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



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

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



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

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

© M. Doku

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

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

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

* در جریان متغیر تدریجی (GVF) توزیع فشار هیدروستاتیک است

مقدار کمی از داخل اصلی گرفته شود و با آن اعداد در \Rightarrow $\frac{dy}{ds} \neq 0$ \Rightarrow $\frac{dy}{ds} \neq 0$

جریان غیر دائمی - تلفات و واقعت تشکیل نمی شود
دائمی، غیر تلفات \rightarrow بیش هیدرولیک
غیر دائمی، غیر تلفات \rightarrow سیلاب

بر اساس لزجت: $\frac{Q}{A}$ \Rightarrow $\frac{Q}{A}$

$Re = \frac{\rho V R}{\mu} = \frac{V R}{\nu}$
 $Re < 500 \Rightarrow$ $500 < Re < 12500 \Rightarrow$ $Re > 12500 \Rightarrow$

دانش نیروی ثقل: $Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}$
 $Fr < 1 \Rightarrow$ $Fr = 1 \Rightarrow$ $Fr > 1 \Rightarrow$

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

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

* * * توزیع سرعت در کانال

اگر اثرات نیروی لزوجت و غلظت به صورت توان در نظر گرفته شود در تمام کانال داریم

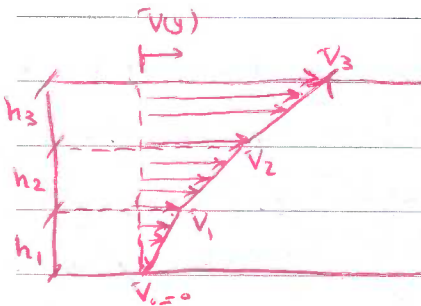
* * * سرعت متوسط در کانال

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

(1) توزیع سرعت در لایه کف کانال
(2) توزیع سرعت در لایه سطح کانال

(1) توزیع سرعت در لایه کف کانال

در عبور از کانال



$$\bar{v} = \frac{\sum v_i A_i}{\sum A_i}$$

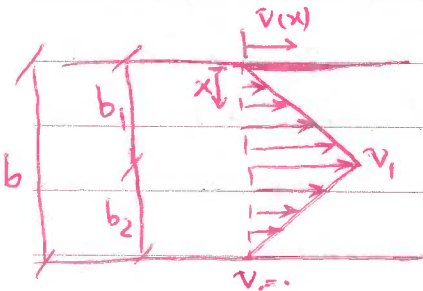
در این رابطه v_i سرعت متوسط جریان در لایه i است.

توجه به خاطر بودن توزیع سرعت در هر سه لایه، \bar{v} میانگین سرعت در لایه پایین لایه است.

$$\bar{v}_2 = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

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

(2) توزیع سرعت در لایه سطح کانال



$$\bar{v} = \frac{\sum v_i A_i}{\sum A_i}$$

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 α و β که ترتیب تصحیح
انرژی جنبشی و انرژی تصحیح اندازه حرکت می باشد استفاده می شود:

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

*** (1) مقادیر α و β به عنوان ضرایب بودن سرعت بدین دارند هر چه توزیع سرعت یکدست تر
باشد ضرایب α و β کمتر می شوند.

(2) کمترین و بیشترین سرعت انرژی بر روی مقادیر α و β مفید است.

(3) مقدار α و β در جریان آشفته کمتر از جریان آرام است.

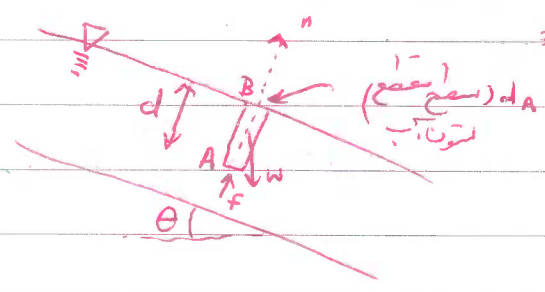
(4) ضرایب α و β ←
نقطه (برای مثال ها)
 $\alpha = \beta = 1$: می باشد

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

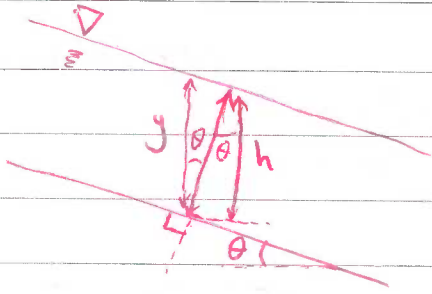
*** توزیع سرعت در کانال ها :

- مقدار سرعت در عبور از موانع و با وجودشان از عبور از آنها افزایش می یابد.
- از این جهت (شدت تغییرات سرعت) در مجاری مرزها (عبور از کانال و سطح آب از جناب) شدیدتری است.
- سرعت ماکزیمم معمولاً در مجاری 2/4 تا 2/5 به از سطح آزاد آب - تشکیل
می شود، یا عمیق کانال است.

*** توزیع فشار در مجاریها (موازای) :



$$P_A = \gamma d C_{90}$$



ارتفاع A در فاصله قابل باشد

y: فاصله قائم خط مورد نظر تا سطح آب

d: عمق آب - در عمق مورد نظر عمود بر سطح آب

h: عمق فشار آب - در عمق مورد نظر

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

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

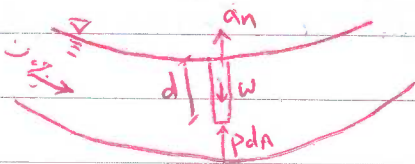
نکته:

1) اگر کانال شیب دار باشد ($\theta > 6$) 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 ناافزایشی باشد ($\theta < 6$) 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.

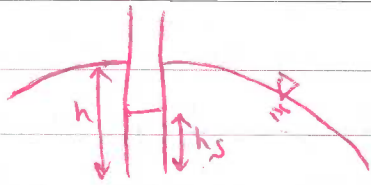
*** توزیع فشار در جریان های با انضداد صغیری قائم: اگر کف کانال دارای انضداد باشد، طولکول های آب دارای انضدادی متفاوتی است و این تفاوت در لنگ می شود.



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

از افتاده در فاصله قابل $\theta = 0$ است اگر $\frac{P}{\gamma}$ (عمق فشار) را h_s بنا داریم

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

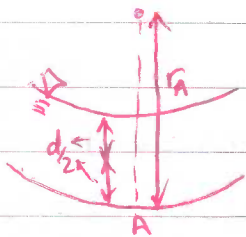


الارتفاع h_s بود:

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

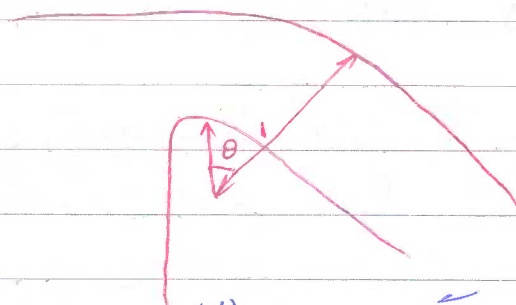


* * * (در تمام حالت) شعاع انحنای r باید برابر شعاع انحنای متوسط جریان (یعنی در وسط محقق) در نظر گرفته شود.



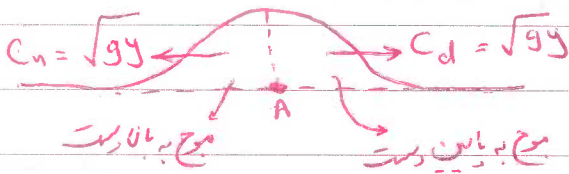
$$r = r_{avg} = r_A - \frac{d}{2}$$

الارتفاع r باید برابر بود:

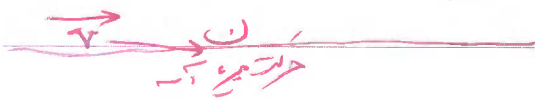


$$h_{s_1} = h - \frac{v^2 d}{gr} = \left(d \cos \theta - \frac{v^2 d}{gr} \right)$$

* * * * * اگر سرعت حرکت موج را $C = \sqrt{gy}$ در نظر بگیریم سرعت جریان در بالا سمت چپ C_u و در پایین سمت راست C_d ناگفته نماند.



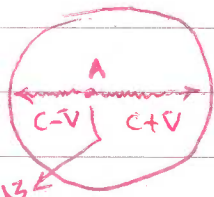
موج به پایین سمت راست
موج به بالا سمت چپ



حرکت موج به راست

برای حرکت موج حرکت چپ

در جهت زیر جریان $(v < C)$



موج به بالا سمت چپ

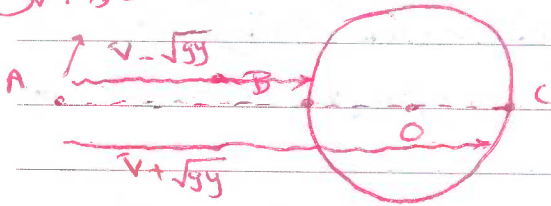
$$C_u = C - v = \sqrt{gy} - v$$

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

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

M-Doku

حل برای تبدیل



جزء فوق بجای (C) (v) :

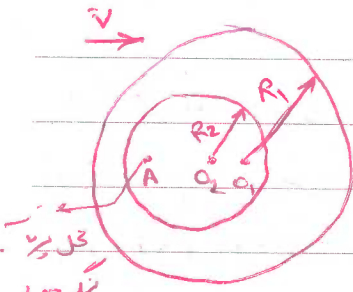
$$\begin{cases} v + c = \frac{AC}{\Delta t} \\ c = \sqrt{9}g \end{cases}$$

*** بررسی برای متوالی شدن کند در زمین

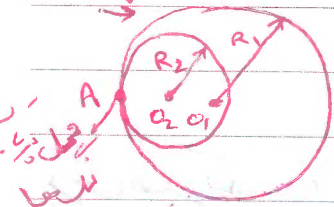
۱۱) وقت یکسانی:

موج های سطحی هم تقاطع هم ندارند.

حل برای تبدیل آنها (A) داخل موج ها قرار دارد.



حل برای تبدیل

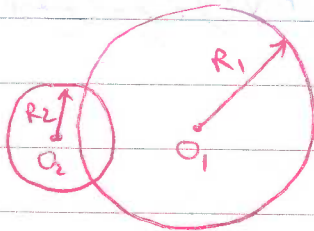


حل برای تبدیل

۱۲) جزء یکسانی:

موج های سطحی در نقطه A بی هم می آید.

حل برای تبدیل آنها (A) روی خط موج ها قرار دارد.



۱۳) جزء فوق یکسانی:

موج های سطحی یکدیگر را قطع کرده اند.

حل برای تبدیل آنها (A) خارج از موج ها قرار دارد.

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

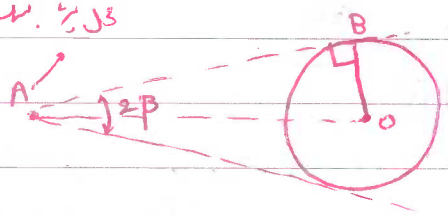
*** مرکز موج های سطحی (O1 و O2) نقطه حرکت ما نیز می باشد، قرار دارد:

*** اثر این شیب موج ها (R1 و R2) نقطه ای از موج های سطحی است

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

نکته مهم: هرگاه در یک کانال مستطیلی جریان فوق بحر باشد و یک سندان داخل کانال بیندازیم بعد از مدت زمان Δt شکل موج به صورت زیر خواهد بود:

کل پهنای سندان



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

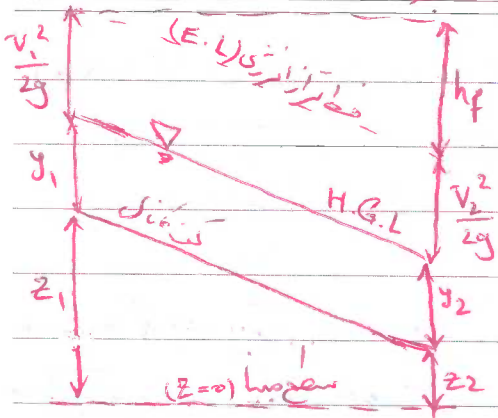
برای سندانها که بر خود آب با سون بل کاربرد دارد

نکته مهم: در حالتی که در کانال عمیق است، و ضریب میراژی است $(F_r = 1)$
 نکته مهم: عدد فرود در یک کانال با نسبت θ نسبت به افق و به ضریب تصعیر انرژی
 ضریبی (α) به صورت زیر بدست می آید:

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

رشد هیدروکسی 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 $\rightarrow z$

هد عمق $\rightarrow y$

هد سرعت $\rightarrow \frac{v^2}{2g}$

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

تفاوت انرژی کل در دو مقطع $\rightarrow H_1 = H_2 + H_f$ اصل انرژی

انرژی مخصوص:

در صورتی که مؤلفه z را از معادله هد کل حذف کنیم، معادله انرژی مخصوص بدست می آید: که در حقیقت همان فاصله کن کانال تا خط انرژی E.L است.

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

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

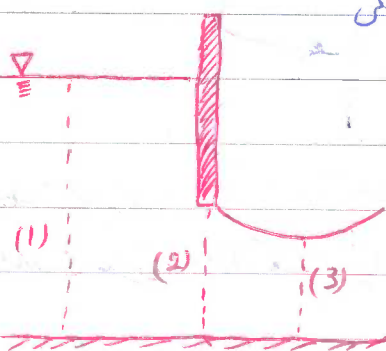
$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$$

لمکان مستطینی

*** اگر مفهوم ضریب منبسطی در یک مقطع بود، باید در نظر گرفت که برای مثال در شکل زیر می توان 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 می گیریم برای می بسای ارتفاع مقطع 3 (y_3) باشد ضریب منبسطی را در 2 ضریب منبسطی

$$y_3 = C_c \times y_2$$

ضریب منبسطی

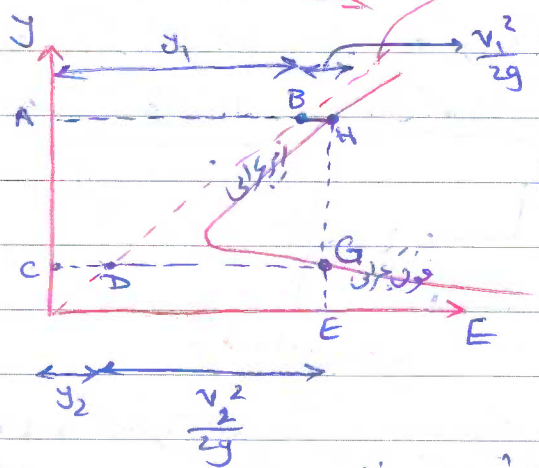
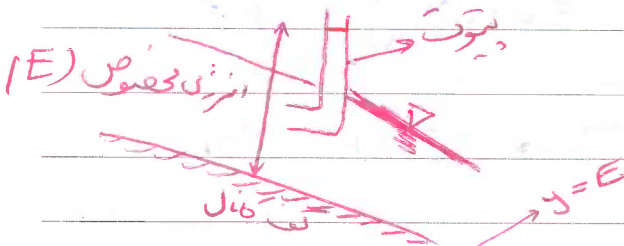


*** نکته مهمی: رابطه انرژی مخصوص (E) و عمق جریان (y) به سبب عدد فرود:

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

حفظ و معنی در مثال مستطانی

*** اگر طول بستن در مسیر جریان در مثال مگر برود، انرژی مخصوص به سبب فاصله کن مثال سطح آب در لوله بست است.



*** معنی E-y

اگر در حالت فرض کنیم

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

بصورت تصحیح

در حالت خط

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

بصورت مثال

اگر در حالت فرض کنیم:

با فرض این و در معنی E-y به کمک است و با فرض این معنی E-y به سمت چپ جا به جا شود.

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

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gd}} \Rightarrow D = \frac{A}{T} \Rightarrow \frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

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

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

مهم

Mostafa Rahimi

جرین بحری در کانال مستطبی

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

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

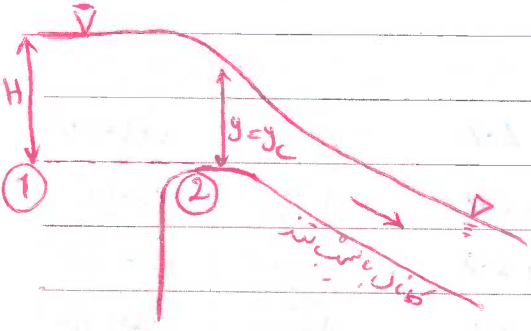
$$\frac{y_c}{y_1} = Fr_1^{2/3}$$

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

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

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

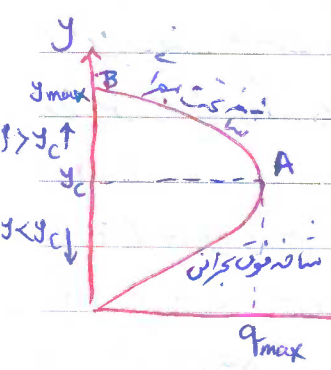
$$y_c = \left(\frac{2Q^2}{g z^2} \right)^{1/5}$$

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

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

\leftarrow عمق بحر و نصف بحری

جرین بحری در کانال دوزخی‌ای و دایروی



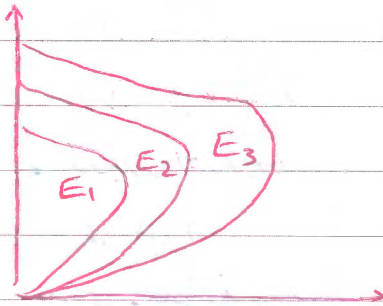
در حالتی $y - q$ دبی در واحد عرض

در نقطه B برای $q = 0$ بیشترین مقدار
 عمق میان (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 پدیده سبزی (اندا)

برای پدیده اندا به برآمدگی دانسته می شود معادله اثری محصول برابر $E_1 = E_2 + \Delta Z$ است. حال برای بررسی وضعیت اندا به نسبت به E_{min} بنحیث اگر ΔZ طوری انتخاب شود که E_1 کوچکتر از E_{min} در آید که پدیده سبزی رخ نمی دهد و رقمی مانند قتل آبه 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، رقمی خود را اثری محصول را قطع می کند و پدیده سبزی بر وجود می آید.

برکل ۳

- ΔZ_c حداقل ارتفاع برآمدگی است که بر آزاد آن روی برآمدگی وضعیت بحرانی ایجاد شود. بنابراین برای بررسی وقوع پدیده اندا، تعیین ΔZ_c بسیار مهم می باشد.
- مقدار ΔZ_c بصورت ذیل به دست می آید:

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

3) در صورتی که $\Delta E > \Delta E_{min 2}$ باشد انداز رخ سی درجه در این وضعیت در بالا دست برآمدگی و درین حالت بجای، افزایش محقق و در میان فوق بجای، کسری حیدر و کسری خواهیم داشت

عمود بر این از یک تئوری و بزرگتر است

معمولاً علت تغییر در این کانالها، تغییر عرض کانال مستطیل می باشد

$$\left. \begin{aligned} b_2 < b_1 \text{ (تنگ شدن)} &\Rightarrow q_2 > q_1 \\ b_2 > b_1 \text{ (باز شدن)} &\Rightarrow q_2 < q_1 \end{aligned} \right\}$$

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

نوع جریان	وضعیت عرض	موقع جریان در محل تنگ یا باز شدن
زیر بحرانی	تنگنا	کاهش می یابد
فوق بحرانی	تنگنا	افزایش می یابد
زیر بحرانی	باز شدن	افزایش می یابد
فوق بحرانی	باز شدن	کاهش می یابد

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

وقتی تنگ داریم ممکن است در شرایط بدیهه سی زدگی به وجود آید

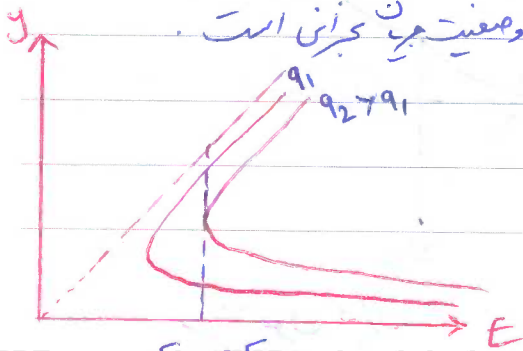
وقتی تنگ داریم دریا در تنگنا افزایش می یابد. پس نمودارهای انرژی مخصوص به سمت راست

می روند این سمت راست است وقتی نمودارها تا جایی ادامه پیدا کند که خط منحنی معرف $E_{min 2}$ و $E_{min 1}$

معانی شکل مقابل بر بعضی انرژی منحنی (2) (نقطه معرف $E_{min 2}$) مناسب شود و به مقدار

تغییر عرضی که به ازاد آن انرژی مخصوص کانال در محل تنگنا برابر $E_{min 2}$ شود،

Δb (تغییر عرض بحرانی) گفته می شود. در این حالت وضعیت بحرانی است



M-Doka

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 (Δb) نیز کمتر از Δb_c است، وضعیت جریان در پارامتر تغییر می‌کند تا حدی که خط صاف مربوط به انرژی مخصوص تغییر یافته می‌آید (E_1) به اولین نقطه از من E_1 که همان نقطه E_{min2} است، برسد. در این تغییر وضعیت من آب انداز گفته می‌شود.

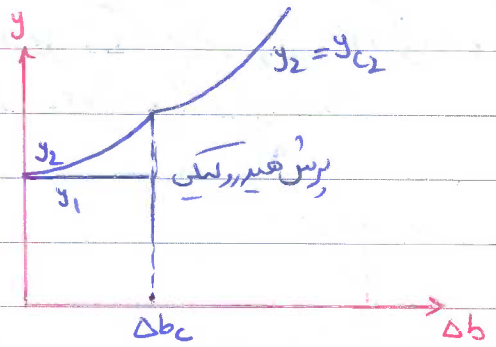
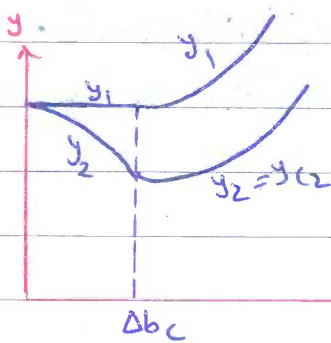
روش پیدا کردن Δb_c :

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 Δb_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 سبیل) برابر $\Delta b_c < \Delta b$ می‌شود. به خط افقی می‌بایست هم‌سایه‌ها را در رخ نزدیک به من می‌بینیم $E = y$ ، یعنی جریان در کل تنها (y) است به علاوه (y) در جریان کت می‌ماند که هوس و در جریان فوق‌العاده افزایش می‌یابد.
 در این صورت نیز همواره y_1 برابر y_2 است. باید توجه داشت که چون $y_2 = \left(\frac{q_2^2}{g}\right)^{1/3}$ می‌باشد و با افزایش Δb ، q_2 نیز افزایش می‌یابد، y_2 نیز به معنی معمولی خواهد داشت.



© U-Doka

میدان زیر جریان

جریان فوق بحرانی

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 بابت 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 F نسبت به y</p>	<p>منظره E نسبت به y</p>	معنی $E-y$ و $F-y$

در پدیده هیدرولیکی در قسمتی از کانال رخ دهد انرژی عمده در اثر پدیده هیدرولیکی است که در این حالت ΔE 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 (ΔE)، 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 $\eta = \frac{E_2}{E_1}$ از آن η در هر دو

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

کتابه 3

$$P_z = 8 \Delta E_z Q$$

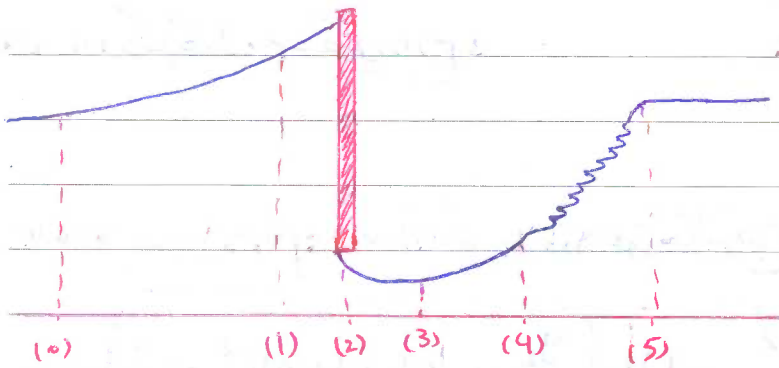
توان تلف شده ناشی از ریزش هیدرولیکی

فردولستی: 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 درجه:



- جریان قبل از درجه و وضعیت زیر درجه این دانسته شود با عبور از درجه به حالت فوق بحرانی تبدیل می شود پس با ایجاد برش هیدرولیکی مجدداً به وضعیت زیر درجه این باز می آید.
- عمق های (۱) و (۲) عمق های متناوب می باشند (E_۱ = E_۲) با توجه به این موضوع در واحد عرض واحد و لا قابل می گسب خواهد بود.
- **فنیوی وارد درجه:** با استفاده از رابطه ای اندازه گیری بین دو مقطع (۱) و (۳) فنیوی وارد درجه بدست می آید.

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

- لا محدود عمق ممکن برای جریان بعد از درجه بوده و پس از آن عمق آب افزایش می یابد. به عمق جریان در این مقطع "عمق ششدرگی" می گویند. اگر ضریب C را ضریب ششدرگی و لا را عمق بازگشتی درجه در نظر بگیریم:

$$y_3 = C y_2$$

برش مستقر:

چون بین ۴ و ۵ برش هیدرولیکی اتفاق می افتد، اگر لا از لا_۳ کوچکتر شود در زیر برش هیدرولیکی اتفاق می افتد و برش مستقر داریم که حالت برستی دارد.

عمق ششدرگی (لا_۳) < عمق اولیه برش (لا_۴): شرط ایجاد برش مستقر

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.

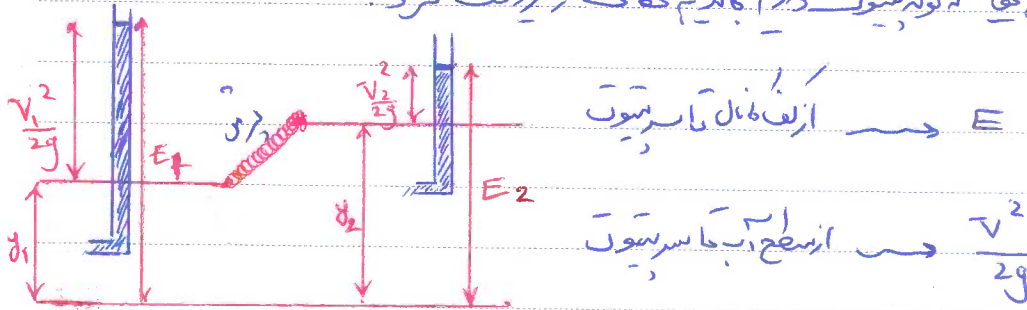
$$F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{Q^2}{gA_1} + A_1 \bar{y} = \frac{Q^2}{gA_2} + A_2 \bar{y}_2$$

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

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

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

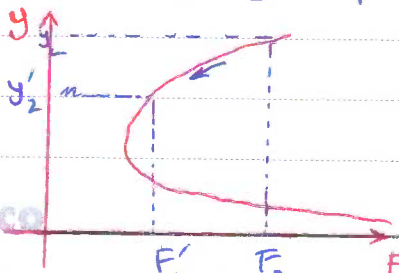
نکته تست: در سوال (ج) به لوله میباید داریم باید خطای زیردقت کرد.



E \rightarrow ارتفاع کانال یا سیبوت

$\frac{V^2}{2g}$ \rightarrow ارتفاع آب یا سیبوت

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



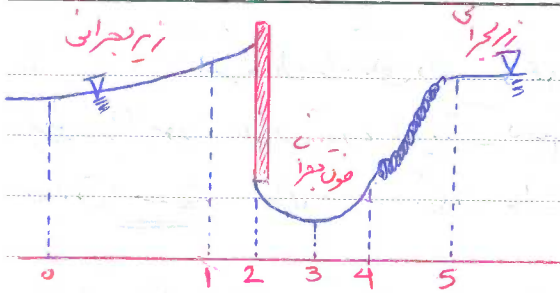
$$F_2' < F_2 \rightarrow y_2' < y_2$$

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

عقبات \rightarrow عقبات اول و دوم \rightarrow عقبات

بعد از درجه قبل از پرس \leftarrow فوق بجزای

چون قبل از درجه \leftarrow زیر بجزای

بعد از پرس \leftarrow زیر بجزای

$E_1 = E_3 \Rightarrow$ \rightarrow عقبات و عقبات

$$\sigma_3 = c_c \sigma_2$$

عقبات بافتنی

صید فترتی

عقبات فترتی

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

تغییر و درجه

فصل چهارم: موج‌ها و امواج

موج‌ها و امواج

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

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

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

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

رابطه‌ی تشریحی برای تعیین سرعت:

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

$$\Rightarrow Q = CA \sqrt{RS}$$

سختی \leftarrow C \leftarrow R \leftarrow S \leftarrow Q
 (سختی) \leftarrow C \leftarrow R \leftarrow S \leftarrow Q
 (سختی) \leftarrow C \leftarrow R \leftarrow S \leftarrow Q

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

در کانال‌های بسیار عمیق داریم: $(R \approx y)$

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

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

مهم \leftarrow

سختی جریان

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

ضریب زبری (مانند)

رابطه مانینگ برای تعیین سرعت

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

$$0.15 < n < 0.008$$

ضریب مانینگ یا ضریب زبری عداره، تابع منب کمانل شکل سطح مقطع، نوع و میزان تراکم پوشش لیاصل روف کمانل، شکل مسیر و وجود مانع در مسیر جریان است.

دماسیون ضریب مانینگ

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

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

در کمانل های مربعی داریم

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

دری در افتادن

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

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

شیب بحرانی

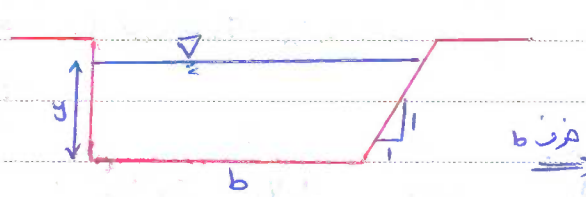
رابطه مانینگ

Subject :

Year . Month . Date . ()

نکته و اهمیت: اگر در سؤالی گفتند به ازای چه رابطی بین A و P مقطع بهینه 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



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

$$P = y + b + y\sqrt{2}$$

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

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

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 تند وارد می‌شود باید دقت کرد که چون موقع ورود آب به کانال انرژی min داریم یعنی $E_{min} = \frac{3}{2} y_c$ پس y_c همواره ثابت است پس:

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

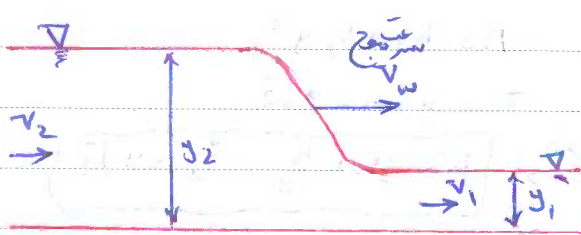
لکه ثابت

Subject :

Year . Month . Date . ()

نکته بسیار مهم :

البريد صوب شريفه غير دائمي (موج موندلليال) داشته باشم و سرعت اول دفعه و دومين
تسايل و هزينه شري را داشته باشم سرعت موج از رابطه زیر بدست مي آيد

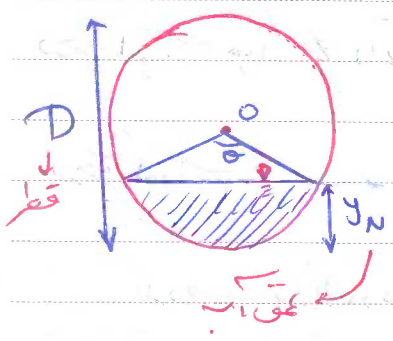


ابتدا از رابطه شري مي تواني ها را ي و ي را بدست مي آوريد
پس داريم :

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

نکته و اوعا مهم (نتیجه گیری) :

اگر گامالی دایره ای داشته باشم P_{min} ، Q_{max} و V_{max} در محق ها زیر اتفاق 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 بهینه ترین مقطع هیدرولیکی است. چرا که می توان در آن یک دایره را به صورت کامل می گذارد.

(3) بهینه ترین مقطع هیدرولیکی مستطیل است که عرض آن دو برابر عمق جریان باشد.

(4) بهینه ترین مقطع هیدرولیکی مثلثی است که زاویه براس ۹۰° دارد.

(5) بهینه ترین مقطع هیدرولیکی ذوزنقه‌ای است که عرض آن دو برابر عمق مستطیل است و یک دایره‌ی آن نسبت به افق 60° است.

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

نسبت های برابر می باشد:

$\chi = \gamma R S$

میزان اصطلاح کانال

را به این ترتیب

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

سرعت بهتری در هر یک دلیلی است؟

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

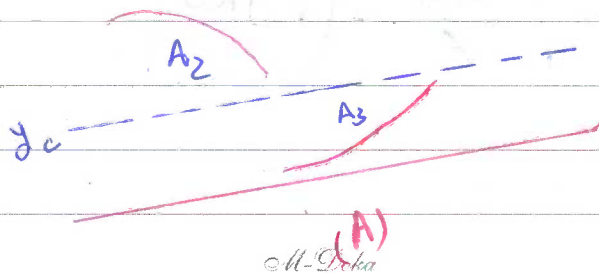
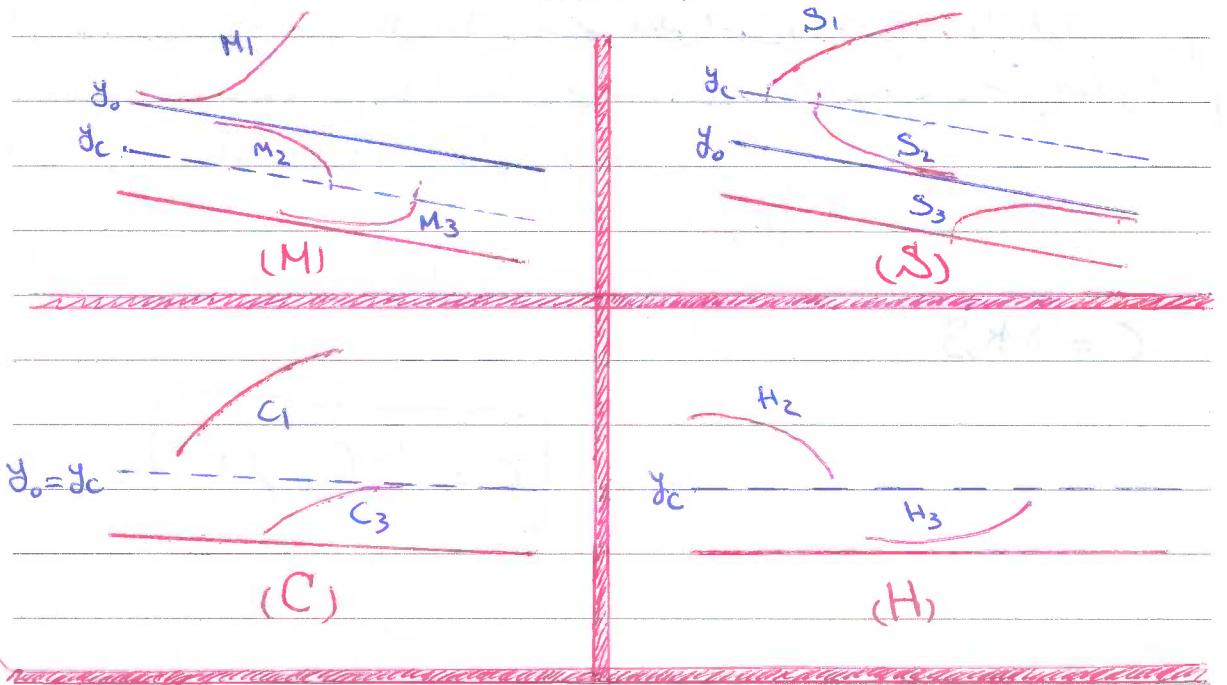
فصل دهم: میراها (مستند درستی) :
نویسنده: م. د. ک.

این مباحث به تدریج و در هر مرحله‌ای نسبتاً طولانی تفسیر کنید چرا که اصل آن را برآورد می‌کنید.
تغایر ها:

- $S_0 > S_c \Rightarrow$ تند S
- $S_0 = S_c \Rightarrow$ بجای 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
- $y_0 = y_c \Rightarrow$ بجای C
- $y_0 > y_c \Rightarrow$ ملایم M

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

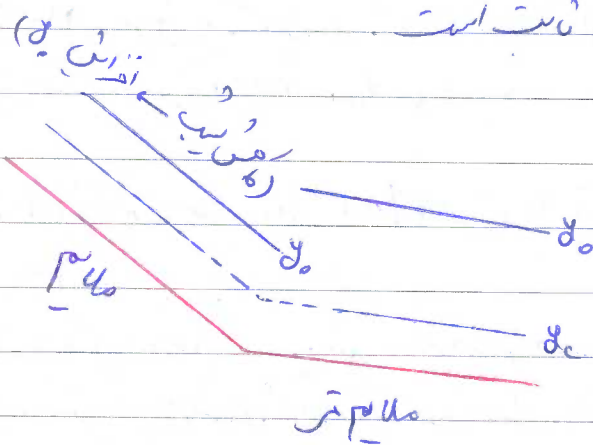


(A)
© M-Doha

معادله اساسی حالت برهمه صغیر در جری: $\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - Fr^2}$

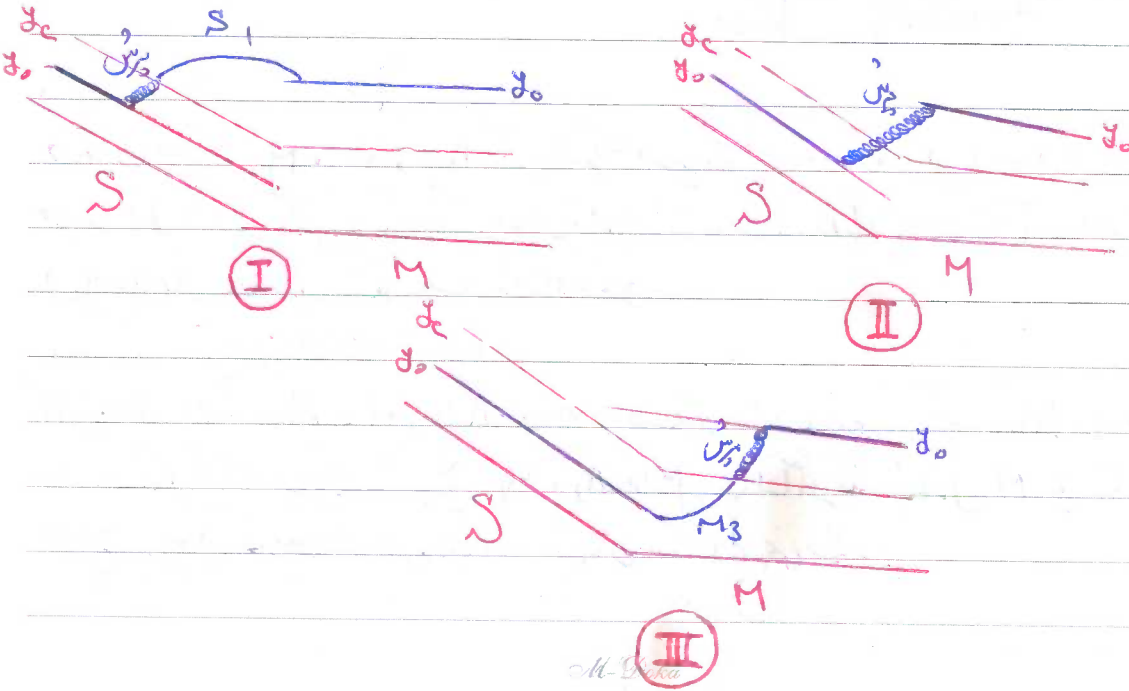
$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - Fr^2}$$

جرای عمیق (یا اصطلاحاً برهمه صغیر) در هر دو مقطع از سطح کانال منبسط می‌شود، بنابراین در تمام طول کانال عمق بحرانی ثابت است.



در صورت کاهش شیب و مقدار y_0 افزایش می‌یابد.

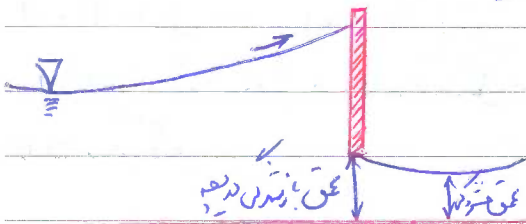
ارتباط کانال شیب تند به پلایم: در این اتصال همواره شعله شکل لری برش جدیدی در سطح آب خواهد بود که سه حالت به وجود می‌آید:



- 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 بیشتر از عمق نریال کانال باشد ملام آنها منفرجه شود به عبارتی عمق اولیه در ثانویه پریس هیدرولیک می باشد.
- III) M₃ - 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.

*** آفرا س زیری کانال (A_n) عمق نریال آفرا س می باشد.
قرار گرفتن در مسیر جریان:

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



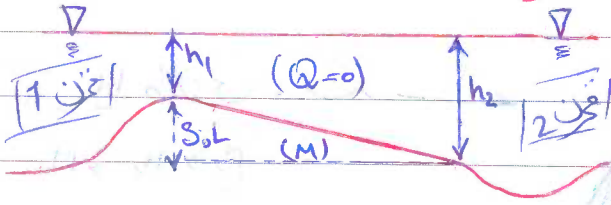
وجود سبب تنگن در مسیر جریان:

در کانال، پریس M، H و A اگر در آنجا میسر می باشد، در سبب تنگن (آبشار) قرار می گیرد. چون تیل از سبب تنگن در وضعیت بحرانی قرار داشته باشد، در این صورت آب با عمق بحرانی (S_c = S_n) از روی سبب تنگن 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 شده) شکل گیری بیرونی H₂ و S₂ در A₂ خواهد بود. اما اگر سبب کانال M یا C باشد هیچ بیرونی نمی آید و در ورود آب به کانال ها شکل نمی شود.

اتصال دو دریاچه (دو مخزن) توسط کانال، نسبت ملاحظه:



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

در این طول بریفین ها که متغیر تدریجی
(1) رویش گام به گام مستقیم:

سبب خط انرژی

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

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2}$$

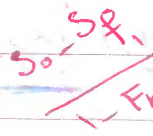
$$\frac{dE}{dx} = S_0 - S_f$$

تغییر انرژی نسبت به مکان

(2) رویش عمودی اوله:

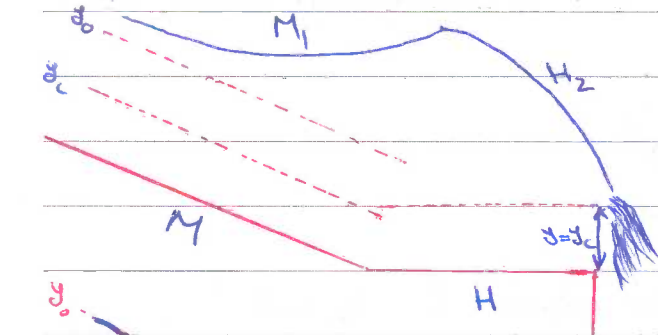
که از این تغییرات
نرخ تغییرات کن $\frac{dy}{dx}$

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

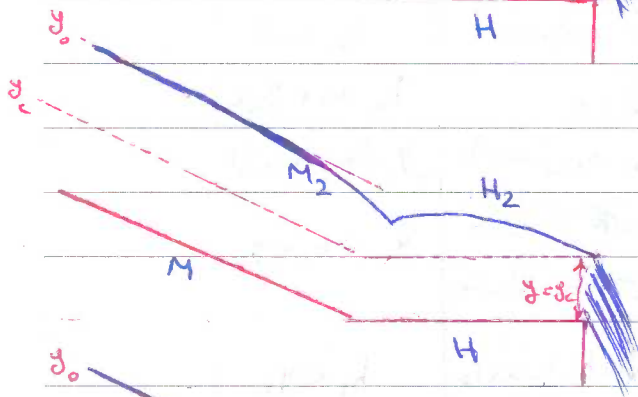


در هر دو طرف متغیر تدریجی
ن $\frac{dy}{dx} = 0$ و $\frac{dv}{dt} = 0$ و $\frac{dv}{dx} \neq 0$ و $\frac{dy}{dx} \neq 0$

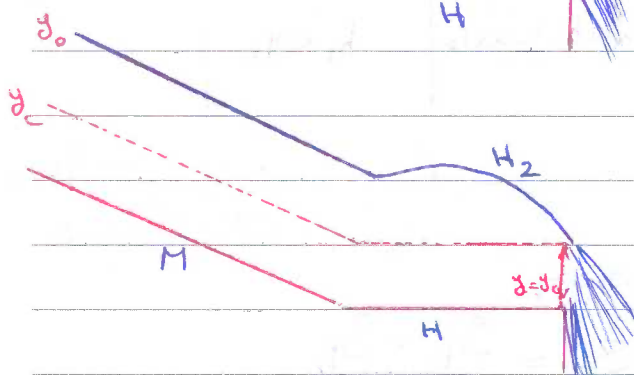
وجود شیب شدن در مسیر جریان



اگر H طولانی باشد
 M_1 و H_2 داریم



اگر H کوتاه باشد
 M_2 و H_2 داریم



اگر H با طول کامل متفصل باشد
 فقط H_2 داریم

نکته ۴۴: اگر شیب طولی کم باشد (ک) باشد و دبی ورودی به کانال از دریاچه مانع هم خواهد بود

نکته ۴۵: دریا قوت کم از آن است و در زیر عمق از این 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