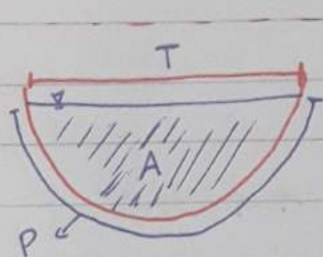


کانال های روباز

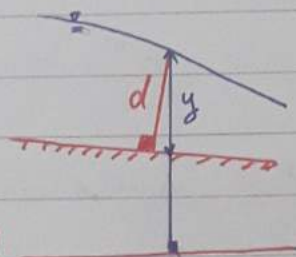
$$z, \frac{p}{\gamma}, \frac{v^2}{2g} \text{ (m)}$$

معمولاً در معادله انرژی به حسب طول هستند
اما در این معادله به حسب وزن هستند که اگر آنها را به وزن تبدیل می‌کنیم به شکل تبدیل می‌شوند

$$u = \frac{mgz}{mg} = z \quad \text{و} \quad \frac{1}{2} \frac{mv^2}{mg} = \frac{v^2}{2g}$$



A سطح مقطع جریان
T عرض بالا آب
P پیرامون خیس شده



Ref.

y عمق عمود بر سطح زمین
d عمق عمود بر سطح کانال

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

شعاع هیدرولیکی

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

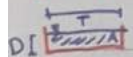
عمق هیدرولیکی

$$z = A \sqrt{D} = \frac{A^2}{T}$$

فانتدر سطح

$$A = TD$$

عمق هیدرولیکی: اگر بخواهیم به چهار کانال یا یک کانال مستطیلی به عمق کانال مستطیلی چقدر می‌شود.



$$t = c + e \begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x} = 0 & \text{یکنواخت} \\ \frac{\partial y}{\partial x} \neq 0 & \text{غیر یکنواخت} \\ \frac{\partial y}{\partial x} & \text{اسه متغ}$$

$$x = c + e \begin{cases} \frac{\partial y}{\partial t} = 0 & \text{دائم} \\ \frac{\partial y}{\partial t} \neq 0 & \text{غیر دائم} \end{cases}$$

زمان

تدریجی ، سریع ، مکانی

S.V.F. R.V.F. G.V.F.

مستطیل ذوزنقه دایره

$$\begin{aligned} A &= zy^2 \\ T &= 2y \\ P &= 2y \sqrt{1+z^2} \\ R &= \frac{zy^2}{2y \sqrt{1+z^2}} \\ D &= y \end{aligned}$$

$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{\rho V R}{\mu}$ (د لوله)

$Re = \frac{\rho V R}{\mu} = \frac{\rho V R}{\mu}$ (در مجاری دایره‌ای)

وضعیت جریان در کانال
 عدد رینولدز بی بعد
 $Re = \frac{\rho V D}{\mu}$ (لوله)
 $Re = \frac{\rho V R}{\mu}$ (ناز)

$Re < 2300 \rightarrow$ جریان آرام
 $2300 < Re < 10000 \rightarrow$ بینابین
 $Re > 10000 \rightarrow$ سلاطه‌ناشته

$F_n = \frac{V}{\sqrt{g y}}$ (مستقل)

$F_n = \frac{V}{\sqrt{g D}}$ (هم‌تراز با عمق هیدرولیک)

عدد فرود بی بعد

$C = \sqrt{g y}$ (سرعت موج سطح)

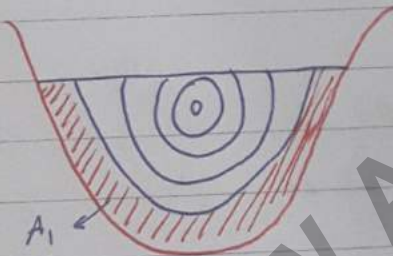
$F_n = \sqrt{\frac{F_L}{F_g}}$ (نسبت نیروی لامل به نیروی ثقل)
 $F_L = m \cdot a$
 $F_g = m \cdot g$

$F_n = \frac{V}{\sqrt{g D}}$ (مقطع مستطیل عمیق جریان)

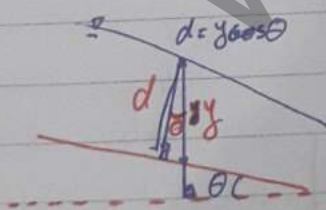
$F_n = \frac{V}{\sqrt{g y}}$ (مقطع مستطیل)

$F_n < 1 \rightarrow$ جریان زیر بحرانی
 $F_n = 1 \rightarrow$ بحرانی
 $F_n > 1 \rightarrow$ فوق بحرانی

توزیع سرعت در کانال ها:



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



$P = \gamma d \cos \theta$ (فشار در عمق d)

توزیع فشار در کانال ها:

$P = \gamma y \cos^2 \theta$ (توزیع فشار هیدرواستاتیکی)

در جریان پایدار

در کانال ها آب در حالت پایدار نمی ماند (به دلیل اصطکاک) $\theta \rightarrow 0$ (به دلیل اصطکاک)

$P = \gamma y x \cos \theta$
 $P = \gamma y$

$F = m a$

در مقطع مستطیل

در کانال مستطیل

در کانال مستطیل

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu}$$

$$D = 4R$$

$$Re = \frac{\rho V R}{\mu} = \frac{V R}{\nu}$$

در لوله ها

در مجاری روبه باز

وضعیت جریان در کانالها
 عدد رینولدز ی بعد

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$
 لوله

$$Re = \frac{\rho V R}{\mu}$$
 باز

- $Re < 2300 \rightarrow$ جریان آرام
 $2300 < Re < 10000 \rightarrow$ بینابین
 $Re > 10000 \rightarrow$ مستطیل نامیده

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y}}$$

مستطیل

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g D}}$$

مستطیل نامیده

عدد فرود ی بعد

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g D}}$$

مستطیل نامیده

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y}}$$

مستطیل نامیده

$$C = \sqrt{g y}$$

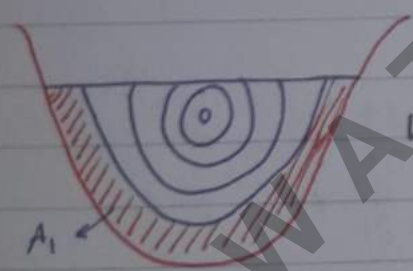
$$Fr = \sqrt{\frac{F_L}{F_g}}$$

$$F_L = m \cdot a$$

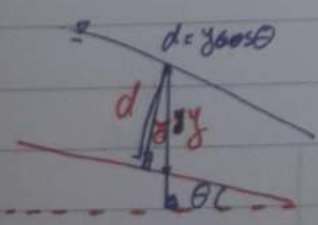
$$F_g = m \cdot g$$

- $Fr < 1 \rightarrow$ جریان زیر بحرانی
 $Fr = 1 \rightarrow$ بحرانی
 $Fr > 1 \rightarrow$ فوق بحرانی

توزیع سرعت در کانال ها:



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



$$P = \gamma d \cos \theta$$

توزیع فشار در کانال ها:

در جریان یکنواخت

$$P = \gamma y \cos^2 \theta$$

در کانال ها آب در برابر جریانی کم $\theta \rightarrow 0$ ($\theta < 90^\circ$)

$$P = \gamma y \cos \theta \rightarrow 1$$

$$P = \gamma y$$

$$F = m a$$

در دایره با مرکزیت

معادلات اساسی حرکت سیال

۱) تغییرات جرم حجم کنترل = جرم ورودی - جرم خروجی
در زمان ΔT در زمان ΔT در زمان ΔT \Rightarrow قانون بقای جرم

معادله پیوستگی $\Rightarrow Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$
 $\Rightarrow Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$
 $\Rightarrow Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$

$\frac{m_1}{\Delta T} = \frac{m_2}{\Delta T} \Rightarrow \frac{\rho_1 V_1}{\Delta T} = \frac{\rho_2 V_2}{\Delta T} \Rightarrow \rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \Rightarrow Q_1 = Q_2$

۲) تغییرات انرژی حجم کنترل = انرژی ورودی - انرژی خروجی
در زمان ΔT در زمان ΔT در زمان ΔT \Rightarrow قانون بقای انرژی

معادله پیوستگی \Rightarrow معادله اول \Rightarrow معادله دوم \Rightarrow معادله سوم \Rightarrow معادله چهارم \Rightarrow معادله پنجم

۳) تغییرات انرژی حرارتی در حجم کنترل = انرژی ورودی حرارتی - انرژی خروجی حرارتی
در زمان ΔT در زمان ΔT در زمان ΔT \Rightarrow قانون بقای انرژی حرارتی

$\frac{\partial Q}{\partial n} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_L$

معادله پیوستگی در مجاری رابعا

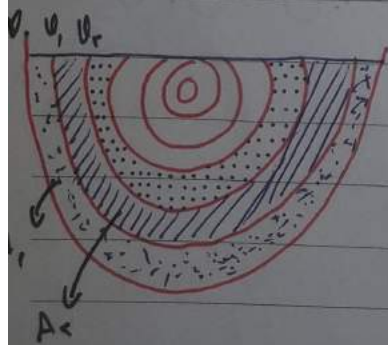
$\frac{p}{\rho} + z + \frac{V^2}{2g} = \text{const}$

معادله پیوستگی

$\alpha = \frac{1}{A} \int \left(\frac{V}{\bar{V}} \right)^2 dA = \frac{1}{A} \frac{\sum A_i V_i^2}{\bar{V}^2}$

ضرایب تصحیح انرژی در مومنتوم

$\beta = \frac{1}{A} \int \left(\frac{V}{\bar{V}} \right) dA = \frac{1}{A} \frac{\sum A_i V_i}{\bar{V}}$



β			α			آب راه
حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	
۱.۰۷	۱.۰۵	۱.۰۲	۱.۲	۱.۱۵	۱.۱	کمال صاف منظم
۱.۱۷	۱.۱	۱.۰۵	۱.۵	۱.۳	۱.۱۵	در حد منظم طبعی تند
۱.۲۲	۱.۰۵	۱.۱۷	۲	۱.۷۵	۱.۵	در حد نامنظم

انرژی مغنوی $q = \frac{Q}{b} \Rightarrow$ متقابل $v = \frac{q}{y}$ دی در واحد عرضی متقابل

در کانال متقابل انرژی مغنوی $E = y + \frac{q^2}{2gy^3} \Rightarrow E - y = \frac{q^2}{2gy^3}$

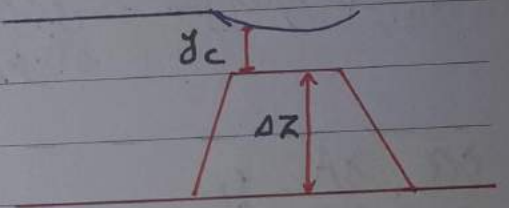
در کانال متقابل $F_n = 1 \Rightarrow v = \sqrt{gy_c} \Rightarrow$ در عمق بحرانی $q^2 = gy_c^3$

در عمق بحرانی کمترین انرژی مغنوی را داریم $E_{min} = y_c + \frac{q^2}{2gy_c^3} \Rightarrow E_{min} = \frac{3}{2}y_c$

عمق متشوب دو عمقی که دارای یک انرژی مغنوی هستند.

اندازه یون چون Δz انرژی بزرگ است که $E - \Delta z$ نمی تواند رد شود پس E_1 تا جایی بی می رود (جلو می رود) تا $E_{min} = E_1 - \Delta z$

و چون انرژی مغنوی بالاتر آن اندازه E_{min} است پس ارتفاع چو آب بالاتر اندازه y_c است



دو عمق متشوب $\frac{q^2}{2g} = y_1^3 = y_2^3$

در عمق بحرانی در کانال باری و منحنیات هندسی کانال بستگی دارد

اگر تیب خط انرژی در هر دو برابر باشد $h_{f_2} = \frac{4}{5}h_{f_1}$

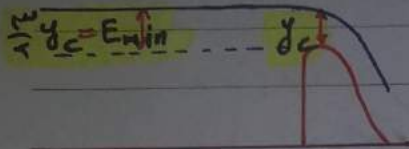
در عمق بحرانی در کانال به ضرب زبر یا تیب و منحنیات هندسی کانال بستگی دارد

کوهی عمق α افزایشی 2
 $A \rightarrow F_n < 1 \rightarrow$ افزایشی عمق α کوهی 2

در اوج منحنی

~~F_n~~ $F_n > 1 \rightarrow$ افزایشی $\alpha \uparrow \gamma$
 کوهی $\alpha \downarrow \gamma$

ارتفاع آب γ_c



$$E = \gamma \cos^2 \theta + \frac{a V^2}{\gamma} = \gamma \cos^2 \theta + \frac{a Q^2}{\gamma A^3}$$

منحنی $E-\gamma$ برابر منحنی

$$F_n = \gamma_c \cos^2 \theta + \frac{1}{\gamma} D_c \cos^2 \theta$$

$$E = \gamma + \frac{Q^2}{\gamma A^3} \quad E_{min} = \gamma_c + \frac{D_c}{\gamma}$$

کمانل منحنی $F_n = 1 \Rightarrow \gamma^2 = g y_c^3$

عمق بحرانی

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

در مقطع بحرانی

۱- عدد فرود جبران به ابریک است

۲- به ازاء یک دی ثابت انرژ مفوض min است $q = cte \rightarrow E_{min}$

۳- به ازاء یک انرژ مفوض ثابت دی max است $E = cte \rightarrow q_{max}$

کمانل منحنی $\gamma_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2 T}{g}}$

$$E_{min} = 1.25 \gamma_c$$

$$F_n = \frac{V^2}{g \gamma}$$

۴- به ازاء یک دی ثابت انرژ مفوض min است $q = cte \rightarrow F_{min}$

۵- به ازاء یک انرژ مفوض ثابت دی max است $E = cte \rightarrow q_{max}$

$$F_n^2 = \frac{V^2}{g \gamma}$$

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

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \gamma}}$$

$$\frac{E_{ent}}{\delta} = F_2 - F_1$$

انرژی هدر

نیرود مخصوص

$$F = \bar{y} A + \frac{Q^2}{g A^3} \cdot \frac{Q^2 T}{g A^3} = 1$$

مستقل

$$F = \frac{b}{2} \bar{y}^2 + \frac{Q^2}{g b \bar{y}} \cdot \bar{y}^2 = g \bar{y}^3 \left\{ F_{min} = \frac{2}{3} b \bar{y}_c^3 \right.$$

دو عمق مزدوج
دو عمق که دارای یک نیرود مخصوص هستند

چون نیروی هدر برابر است

$$F_1 = F_2$$

رانندگی برشی

$$\eta = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100$$

بازرسی مقاطع باعث گردن خوردن خود
و همچنین جریان فوق بحرانی
باعث ایجاد عمق اولیه یا عمق بحرانی $F_1 = F_2$ استفاده می شود

$$\bar{y}_1 A_1 + \frac{Q^2}{g A_1^3} = \bar{y}_2 A_2 + \frac{Q^2}{g A_2^3}$$

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

مستقل

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 4 F_{r1}^2} - 1 \right)$$

نسبت عمق بحرانی

* عمق بحرانی متابع دبی و مشخصات هندسی کانال است

حالا که دبی در عمق بحرانی

$$F_n = 1$$

→ عمق نرمال به فریب زبیل و پیل نیست و مشخصات هندسی کانال بتلی دارد

جریان پتانسیل در کانال ها

جریان پتانسیل
 $S_o = S_w = S_f$
 شیب انرژی در شیب سطح آب و شیب کانال

تنش برشی در کانال ها:

شماره فراسوی $\tau = \gamma R S_f$ پتانسیل

شماره فراسوی $\tau = \gamma R S_f$ غیر پتانسیل

خوب تر
 $\tau = K \rho V^2$ جداره
 $\tau = \gamma R S_f$ کف
 $\Rightarrow V = \sqrt{\frac{\gamma}{K}} \sqrt{R S_f} \Rightarrow V = C \sqrt{R S_f}$
 $C = \sqrt{\frac{\gamma}{K}}$ ضریب شلر

ضریب شلر از دارسی و بر
 $h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \Rightarrow \frac{h_f}{L} = \frac{f}{4R} \frac{V^2}{2g} = S_f \Rightarrow V = \sqrt{\frac{8g}{f}} \sqrt{R S_f}$
 $\Rightarrow C = \sqrt{\frac{8g}{f}}$

ماتریل
 $C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \Rightarrow V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}} \Rightarrow Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S_f^{\frac{1}{2}}$

از آن که می توانیم
 $n = \frac{d_{90}^{1/4}}{26}$ در اندازه ذره ۹۰٪ ذرات
 $n = \frac{d_{50}^{1/4}}{21.1}$ استر بلک

رویکرد تجربی ضریب n جدول تعاون روابط تجربی

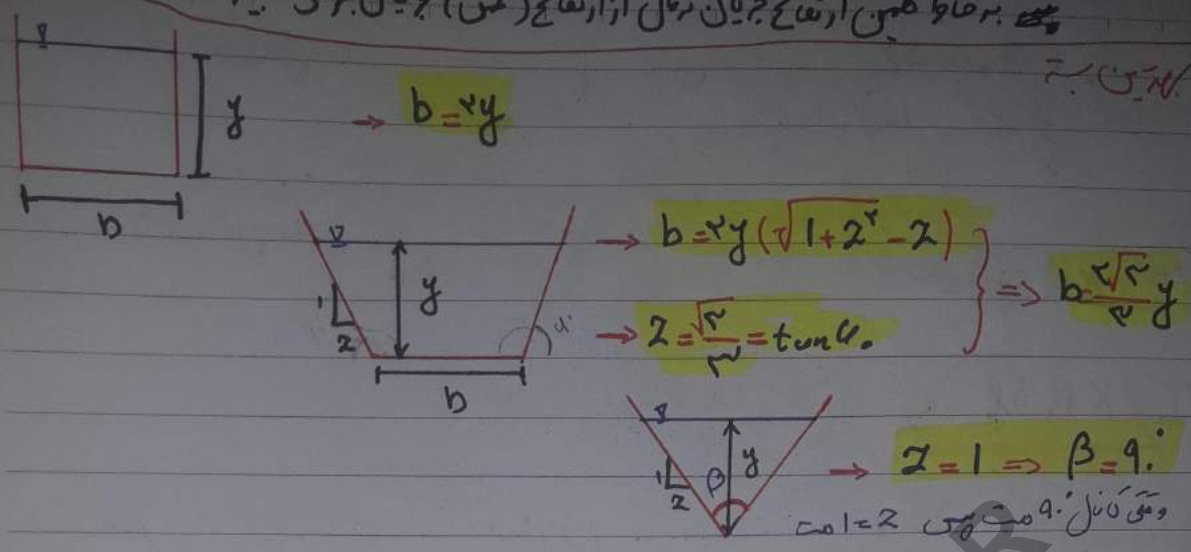
مورتن - ایندستون
 $n_e = \frac{(\sum n_i^{\frac{5}{2}} P_i)^{\frac{2}{5}}}{P^{\frac{1}{5}}}$

پاولوفسکی
 $n_e = \frac{(\sum n_i^3 P_i)^{\frac{1}{3}}}{P^{\frac{1}{3}}}$

لوتر
 $n_e = \frac{P \cdot R^{\frac{5}{8}}}{\sum (P_i \frac{R_i^{\frac{5}{8}}}{n_i})}$

زیر معادل

① $S_0 < S_c$ یعنی که باعث جریان نرمال می شود از شیبی که باعث جریان غیر نرمال می شود رگه است
 یعنی به خط موازی ارتفاع جریان نرمال از ارتفاع (عمق) جریان بحرانی می آید



اگر سطح جریان یکنواخت باشد به اصل خنثی شده می شود $\rightarrow \frac{W}{P} = \frac{A}{P^2}$
 که کم می شود $\rightarrow R = y$ $b = 1.49$ اگر

جریان متغیر تدریجی $S_0 \neq S_w \neq S_f$ با فرضی جریان دائمی $\frac{dQ}{dx} = 0$ $\frac{dQ}{dx} \neq 0$ $\frac{dy}{dx} = 0$
 در کل جریان متغیر تدریجی دائمی

این ربطی به طبقه بندی آبراهه ها در دبی ثابت
 چون متغیر ندارد فقط بر مبنای شیب کانال ها است
 * جریان نرمال = جریان یکنواخت
 * عمیق نرمال = عمیق جریان یکنواخت

نفاذ و نوع شیب کانال	علامت افتداد	$y_0 < y_c$	$S_0 < S_c$	جریان از چپ به راست
Mild	M	$y_0 > y_c$	$S_0 < S_c$	جریان از چپ به راست
steep	S	$y_0 < y_c$	$S_0 > S_c$	جریان از چپ به راست
critical	C	$y_0 = y_c$	$S_0 = S_c$	جریان از چپ به راست
Horizontal	H	$y_0 \rightarrow \infty$	$S_0 = 0$	جریان از چپ به راست
Adverse	A	y تغییر نده	$S_0 < 0$	جریان از چپ به راست

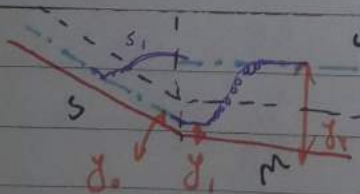
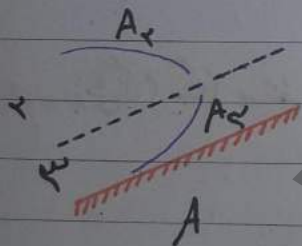
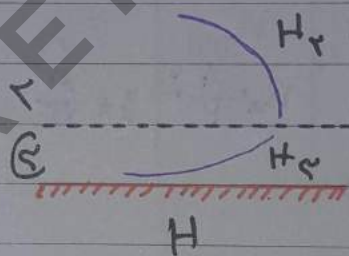
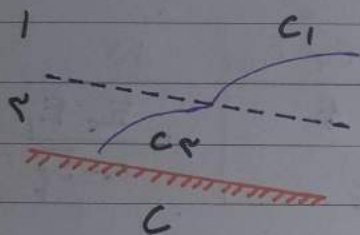
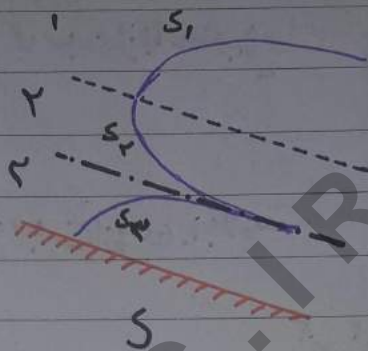
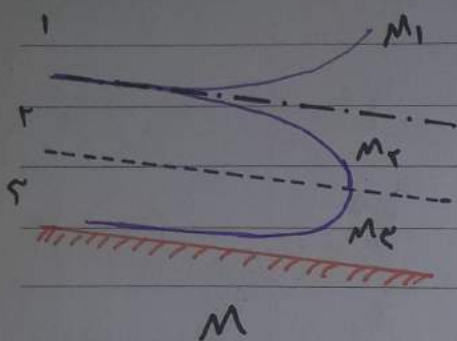
S_0 = شیبی که باعث می شود در جریان نرمال (یکنواخت) تشکیل شود

y = عمق حاصل از جریان نرمال (یکنواخت)
 در سطح آبوا عادی (بدون مانع)
 هر کانالی نسبت به شیب آن کانال جریانی دارد (از چپ به راست، فوق بحرانی، که باعث می شود جریان نرمال به خط موازی

در شبیه‌سازی نال هر ملایم و تند ملایم عمق نال عدد فرود است (در معادله ابعاد)

معادله دینامیک جریان متغیر

$$\frac{dy}{dx} = \frac{s_0 - s_f}{1 - Fr^2}$$



برای M_1 و $M_2 \rightarrow$ خفی است $y_1 > y_2$ if M_2 قف

برای در فیل M از قبل $y_1 = y_2 \rightarrow$

تقاطع دو کانال شود

برای در $y_1 < y_2 \rightarrow$ خفی غلط
و بر و فیل y_1

$$\Delta H = \frac{E_s - E_1}{s_o - s_f}$$

ی نسبت میان متغیرهای

چون که همیشه خط است

و ممکن است منتهی بانه به جریانی می کشی و صاف می کشی

جریان فوق بحرانی } نسبت از بلادت به پیوسته است
بلادت تا تیرگی ندارد

جریان زیر بحرانی } نسبت از پیوسته به بلادت
پیوسته تا تیرگی ندارد

$$s_f = \frac{Q^2 n^2}{A^2 R^{4/3}}$$

	$y(m)$	$A(m^2)$	$R(m)$	$E(m)$	s_f	$s_o - s_f$	$E_s - E_1(m)$	ΔH
						\downarrow		$= \frac{E_s - E_1}{s_o - s_f}$
a)	y_a	$b y_a^3$	$R_a = \frac{A}{P}$	$y + \frac{v_a^2}{2g}$				
b)	y_b	$b y_b^3$				$s_o - (s_{f_a} + s_{f_b})$		

روشی که به کمک متغیر در رسم دقیق پروفیل سطح آب به اساسی را می توان استفاده است.

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

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

شکل مقطع	مساحت (A)	پیرامون مربوط (P)	عمق سطح آزاد (T)	شعاع هیدرولیک (R)	عمق هیدرولیک (D)
	by	$b + 2y$	b	$\frac{by}{b + 2y}$	y
	$by + zy^2$	$b + 2y\sqrt{1+z^2}$	$b + 2zy$	$\frac{by + 2y^2}{b + 2y\sqrt{1+z^2}}$	$\frac{by + 2y^2}{b + 2zy}$
	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$2zy$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$\frac{y}{2}$
	$\frac{\pi y^2}{4}$	πy	عمق بنه	$\frac{y}{4}$	عمق بنه
	$\frac{\pi r^2}{2}$	πr	πr	$\frac{r}{2}$	$\frac{\pi r}{4}$

رابطه دو عمق متناوب

$$\frac{y_1^2}{y_2} = \frac{y_1^2 \times y_2^2}{y_1 + y_2}$$

رابطه دو عمق مزدوج

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

F	عمق مفروض	E	اندازه مفروض
$F = \bar{y}A + \frac{Q^2}{gA}$		$E = y + \frac{V^2}{2g}$	رابطه کلی
$F = \frac{b}{2} y^2 + \frac{Q^2}{gby}$		$E = y + \frac{q^2}{2gy^3}$	رابطه کلی در کانل مستطیل
$F_{min} = A_c(D_c + \bar{y}_c)$		$E_{min} = y_c + \frac{1}{4} D_c$	وقتی جریان بحرانی است یا در حالت min
$F_{min} = \frac{3}{2} by_c^2 = E_{min} by_c$		$E_{min} = \frac{3}{2} y_c$	وقتی جریان بحرانی است یا در حالت min به ازای مستطیل