



Bài giảng thủy lực

THỦY LỰC

(HYDRAULICS)



TS. Huỳnh công Hoài

Bộ môn Cơ Lưu Chất - Khoa Kỹ thuật Xây dựng – ĐH Bách Khoa tp HCM

www4.hcmut.edu.vn/~hchoai/baigiang

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. #NN Ẩn, NT Bấy, LS Giang, HC Hoài, NT Phương, LV Dực, “Giáo trình Thủy lực “, Lưu hành nội bộ ĐHBK tp HCM, 2005
2. Nguyễn cảnh Cẩm và các tác giả “ Thủy lực tập II”, NXB DH và THCN, 1978
3. Nguyễn cảnh Cẩm và các tác giả “ Bài tập Thủy lực tập II”, NXB DH và THCN, 1978
4. French R.H “Open channel Hydraulics”. McGra-Hill, Singapore 1986
5. Koupitas C.G. “Elements of Computation Hydraulics “. Pentic Pres, 1983
6. Haestad press. “Computer Application Hydraulic Engineering “, 2002

Chương:

1 DÒNG CHẢY ĐỀU TRONG KÊNH HỖ

1.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Dòng chảy đều – Dòng không đều

Dòng chảy đều có áp – Dòng chảy đều không áp (kênh hở)

Điều kiện cần để có dòng chảy đều

- Hình dạng mặt cắt ướt không đổi (kênh lăng trụ)
- Độ dốc không đổi ($i = \text{const}$)
- Độ nhám không đổi ($n = \text{const}$)

Khi dòng chảy đều xảy ra thì:

- Chiều sâu, diện tích ướt và biểu đồ phân bố vận tốc tại các mặt cắt dọc theo dòng chảy không đổi.
- Đường dòng, mặt thoáng, đường năng và đáy kênh song song với nhau.

1.2 CÔNG THỨC CHÉZY VÀ MANNING

Chézy (1769)

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

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

→

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

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

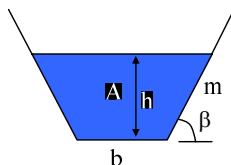
$$K = \frac{1}{n}AR^{2/3}$$

→

$$Q = K\sqrt{i}$$

K được gọi là modul lưu lượng

Công thức tính toán diện tích ướt và chu vi ướt hình thang



$m = \cotg \beta$: hệ số mái dốc

$A = b + mh$: diện tích ướt

$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$ chu vi ướt

1.3 XÁC ĐỊNH HỆ SỐ NHÁM

Các yếu tố ảnh hưởng đến hệ số nhám như sau

Độ nhám bề mặt

Lớp phủ thực vật

Hình dạng mặt cắt kênh

Vật cản

Tuyến kênh

Sự bồi xói

Mức nước và lưu lượng

1.3.1 Trường hợp mặt cắt kênh đơn giản

Phương pháp SCS (soil Conversation Service Method)

Phương pháp dùng bảng

Phương pháp dùng hình ảnh

Phương pháp dùng biểu đồ lưu tốc

$$n = \frac{(x - 1)h^{1/6}}{6,78(x + 0,95)}$$

h : Chiều sâu dòng chảy

$$x = \frac{U_{0,2}}{U_{0,8}} \quad \begin{array}{l} U_{0,2}: \text{ Vận tốc tại vị trí } 2/10 \text{ của chiều sâu hay } 0,8 \text{ h tính từ đáy,} \\ U_{0,8}: \text{ Vận tốc tại vị trí } 8/10 \text{ của chiều sâu hay } 0,2 \text{ h tính từ đáy} \end{array}$$

Phương pháp công thức thực nghiệm

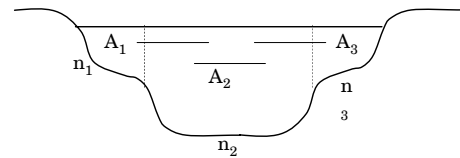
Simons và Sentruk (1976): $n = 0,047d^{1/6}$

d : Đường kính hạt của lòng kênh (mm).

1.3.2 Trường hợp mặt cắt kênh phức tạp

Cox(1973)

$$n_e = \frac{\sum_{i=1}^N n_i A_i}{A}$$



A_1 : Diện tích ướt của từng diện tích đơn giản

A : Diện tích ướt của toàn bộ mặt cắt.

1.4 TÍNH TOÁN DÒNG ĐỀU:

1.4.1. Bài toán kiểm tra

a. Xác định lưu lượng :

Biết : A, i, n \longrightarrow $Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{i}$

b. Xác định độ sâu h :

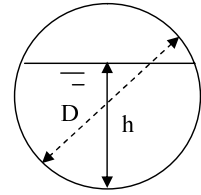
Biết : i, n, Q , hình dạng mặt cắt kênh \longrightarrow h

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{i} \longrightarrow \frac{nQ}{\sqrt{i}} = AR^{2/3} \longrightarrow \text{Thử dần } \rightarrow h$$


Đối với mặt cắt hình tròn có thể dùng biểu đồ

Modul lưu lượng: $K = \frac{1}{n} AR^{2/3} = \frac{Q}{\sqrt{i}}$

Modul lưu lượng khi chảy ngập : $K_{ng} = \frac{1}{n} A_{ng} R_{ng}^{2/3} = \frac{1}{n} \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} = \frac{\pi D^{8/3}}{n 4^{5/3}}$



Tính tỉ số : K/K_{ng}

Từ : K/K_{ng} Dùng biểu đồ  h/D \longrightarrow h

1.4.2 Bài toán thiết kế

a. Mặt cắt có lợi nhất về thủy lực

Nếu kênh có cùng điều kiện : i, n , mặt cắt có hình dạng lợi nhất về thủy lực là :

- Có cùng diện tích ướt A nhưng cho lưu lượng lớn nhất
- hoặc - Cùng chảy với lưu lượng nhưng có diện tích ướt A nhỏ nhất

Từ $Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{i}$ \longrightarrow Mặt cắt có R lớn hay có P_{min} sẽ là mặt cắt có lợi nhất về thủy lực

Như vậy trong tất cả các loại mặt cắt, mặt cắt hình tròn là mặt cắt có lợi nhất về thủy lực

b. Mặt cắt hình thang có lợi nhất về thủy lực

Nếu các mặt cắt hình thang cùng một diện tích ướt A , cùng mái dốc m , thì mặt cắt hình thang nào có chu vi ướt nhỏ nhất sẽ là mặt cắt có lợi nhất về thủy lực.

Tỉ số giữa b/h để có mặt cắt có lợi nhất về thủy lực được xác định như sau:

$$A = (b + mh)h \quad \longrightarrow \quad b = \frac{A}{h} - mh$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

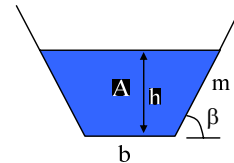
$$P = \frac{A}{h} - mh + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

$$\frac{dP}{dh} = -\frac{A}{h^2} - m + 2\sqrt{1 + m^2}$$

$$\frac{dP}{dh} = 0 \quad \Rightarrow \quad -\frac{A}{h^2} - m + 2\sqrt{1 + m^2} = 0$$

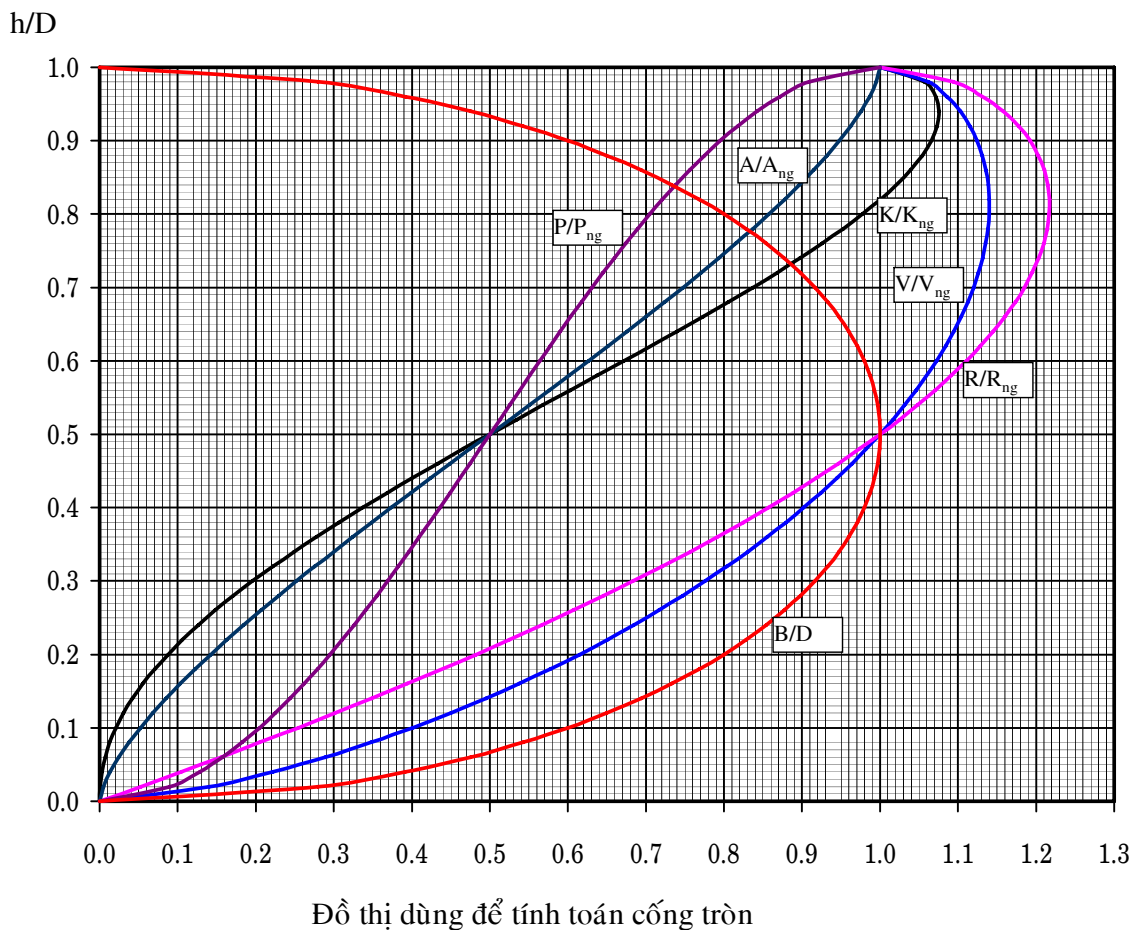
$$h^2 = \frac{A}{2\sqrt{1 + m^2} - m} \quad \longrightarrow \quad h^2 = \frac{(b + mh)h}{2\sqrt{1 + m^2} - m}$$

$$\frac{b}{h} = 2(\sqrt{1 + m^2} - m)$$



c. Thiết kế kênh

- Xác định lưu lượng Q (mưa, nhu cầu xả nước ...)
- Xác định độ nhám n (loại vật liệu lòng kênh..)
- Xác định độ dốc i (phụ thuộc địa hình ..)
- Xác định hình dạng mặt cắt phụ thuộc yêu cầu thiết kế (hình tròn, hình thang, hình chữ nhật)
- Xác định kích thước kênh :
 - + Mặt cắt chữ nhật : xác định b và h , phải cho b để tìm h hoặc ngược lại, hoặc dùng điều kiện b/h của mặt cắt có lợi nhất về thủy lực
 - + Mặt cắt hình thang : xác định m dựa vào điều kiện ổn định mái dốc. Xác định b và h như trường hợp mặt cắt hình chữ nhật
 - + Mặt cắt hình tròn : xác định đường kính D dựa vào tỉ số độ sâu h/D cho phép trong cống
- Kiểm tra vận tốc trong kênh phải thỏa mãn : $V_{KL} < V < V_{KX}$



CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM:

Câu 1: Câu nào sau đây đúng:

- a) Dòng đều chỉ có thể xảy ra trong kênh lắng trụ.
- b) Trong kênh lắng trụ chỉ xảy ra dòng đều.
- c) Dòng không đều chỉ xảy ra trong sông thiên nhiên.
- d) Trong kênh có diện tích mặt cắt ướt không đổi thì luôn luôn có dòng đều

Câu 2: Dòng chảy đều trong kênh hở có:

- a) Đường năng, đường mặt nước và đáy kênh song song nhau.
- b) Diện tích mặt cắt ướt và biểu đồ phân bố vận tốc dọc theo dòng chảy không đổi.
- c) Áp suất trên mặt thoáng là áp suất khí trời.
- d) Cả ba câu trên đều đúng.

Câu 3: Trong kênh có mặt cắt hình tròn đường kính D :

- a) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,90D$.
- b) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,78D$.
- c) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,46D$.
- d) Vận tốc trung bình đạt giá trị cực đại khi chiều rộng mặt thoáng $B = 0,25D$.

VỀ NHÀ suy luận ???

Câu 4: Trong dòng chảy đều:

- a) Lực ma sát cân bằng với lực trọng trường chiếu lên phương chuyển động.
- b) Lực ma sát cân bằng với lực quán tính.
- c) Lực gây nên sự chuyển động là lực trọng trường chiếu lên phương chuyển động.
- d) a và c đều đúng.

Câu 5: Trong kênh lắng trụ có lưu lượng không đổi:

- a) Độ sâu dòng đều tăng khi độ dốc i giảm.
- b) Độ sâu dòng đều không đổi độ dốc i tăng.
- c) Độ sâu dòng đều tăng khi độ dốc i tăng.
- d) Cả 3 câu trên đều sai.

Câu 6: Mặt cắt kênh có lợi nhất về mặt thủy lực :

- a) Có thể áp dụng đối với kênh có nhiều loại mặt cắt khác nhau.
- b) Đạt được lưu lượng cực đại nếu giữ diện tích mặt cắt ướt là hằng số.
- c) Đạt được diện tích mặt cắt ướt tối thiểu nếu giữ lưu lượng là hằng số.
- d) Cả ba câu trên đều đúng.

Chương:

2 DÒNG ỔN ĐỊNH KHÔNG ĐỀU BIẾN ĐỔI DẦN TRONG KÊNH HỎ

Ta có thể phân 2 loại chuyển động không đều trong kênh:

- Chuyển động không đều biến đổi dần.
- Chuyển động không đều biến đổi gấp.

2.1 CÁC KHÁI NIỆM

2.1.1 Năng lượng riêng của mặt cắt:

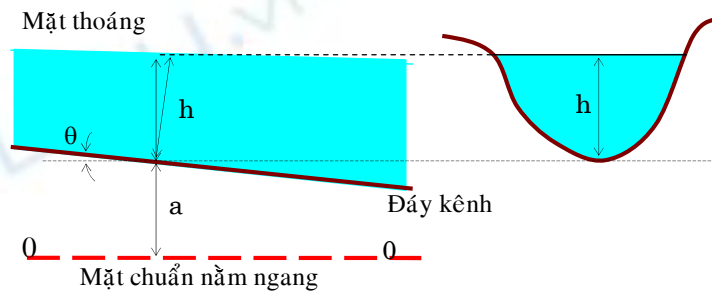
Năng lượng toàn phần E \rightarrow
$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + h \cos \theta + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

$$E = a + h + \frac{\alpha V^2}{2g}$$
 \leftarrow độ dốc đáy kênh nhỏ $\cos \theta = 1$

với mặt chuẩn nằm ngang đi qua điểm thấp nhất của mặt cắt đó.

Năng lượng riêng của mặt cắt E_0

$$E_0 = h + \frac{\alpha V^2}{2g} = h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2}$$



$$E_0 = h + \frac{\alpha V^2}{2g} = h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2}$$

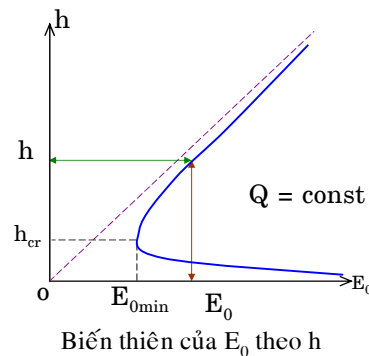
đường cong $E_0 = f(h)$

Khi $h \rightarrow \infty$ $E_0 \rightarrow \infty$ $E_0 \rightarrow h$

Đường phân giác thứ nhất $E_0 = h$, là 1 đường tiệm cận

Khi $h \rightarrow 0$ $E_0 \rightarrow \infty$

Trục hoành E_0 là 1 đường tiệm cận



2.1.3 Độ sâu phân giới (h_{cr}):

Độ sâu phân giới h_{cr} là độ sâu để cho năng lượng riêng của mặt cắt đó đạt giá trị cực tiểu.

$$\left(\frac{dE_0}{dh} \right)_{h=h_{cr}} = 0$$

$$dA/dh = B$$

$$\frac{dE_0}{dh} = \frac{d}{dh} \left(h + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \right) = 1 - \frac{\alpha Q^2}{2g} \left(\frac{2}{A^3} \frac{dA}{dh} \right)$$

$$\frac{dE_0}{dh} = 1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}$$

phương trình tính độ sâu phân giới:

$$1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3} = 0$$

$$\frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

Trong đó : A_{cr} và là diện tích mặt cắt ướt , B_{cr} bề rộng mặt thoáng tính với độ sâu phân giới h_{cr} .

Kênh hình chữ nhật: vì $A = bh$ và $B = b$ nên

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}}$$

$q = Q/b$: lưu lượng trên 1 đơn vị bề rộng kênh gọi là lưu lượng đơn vị

Kênh tam giác cân: vì $A = mh^2$ và $B = 2mh$ nên

$$h_{cr} = \sqrt[5]{\frac{2\alpha Q^2}{gm^2}}$$

Kênh hình thang: công thức gần đúng

$$h_{cr} = \left(1 - \frac{\sigma_N}{3} + 0,105\sigma_N^2\right) h_{crCN} \quad \text{trong đó} \quad \sigma_N = \frac{mh_{crCN}}{b} \quad h_{crCN} = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}}$$

Kênh hình tròn: ta có thể áp dụng công thức gần đúng

$$h_{cr} = \frac{1,01}{d^{0,26}} \left(\frac{\alpha Q^2}{g}\right)^{0,25} \quad \text{với điều kiện} \quad 0,02 \leq \frac{h_{cr}}{d} \leq 0,85$$

2.1.4 Số Froude

$$Fr^2 = \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3} \quad \left(\begin{array}{l} \text{tỉ lệ với tỉ số} \\ \text{trọng lực} \end{array} \right) \quad \begin{array}{l} \text{lực quán tính} \\ \text{trọng lực} \end{array}$$

α - Hệ số sửa chữa động năng. B - Chiều rộng mặt thoáng

Nếu gọi: $C = \sqrt{\frac{gA}{B}}$ vận tốc truyền sóng nhiễu động nhỏ trong nước tĩnh

số Froude thể hiện tỉ số giữa vận tốc trung bình của dòng chảy và vận tốc truyền sóng.

2.1.5 Độ dốc phân giới

Độ dốc phân giới i_{cr} là độ dốc của một kênh lắng tru, ứng với một lưu lượng cho trước, độ sâu dòng chảy đều trong kênh h_0 bằng với độ sâu phân giới h_{cr} .

Xác định i_{cr} $Q = C_0 A_0 \sqrt{R_0 i} = C_{cr} A_{cr} \sqrt{R_{cr} i_{cr}}$

Ngoài ra $\frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha Q^2}{g} \Rightarrow \frac{A_{cr}^3}{B_{cr}} = \frac{\alpha (A_{cr} C_{cr} \sqrt{R_{cr} i_{cr}})^2}{g}$

-Nếu $i < i_{cr}$ thì $h_0 > h_{cr}$.
 -Nếu $i > i_{cr}$ thì $h_0 < h_{cr}$.
 -Nếu $i = i_{cr}$ thì $h_0 = h_{cr}$.

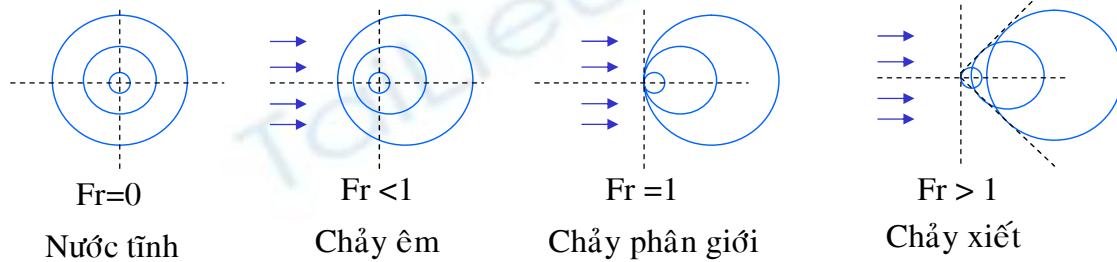
suy ra $i_{cr} = \frac{g A_{cr}}{\alpha C_{cr}^2 R_{cr} B_{cr}} = \frac{g P_{cr}}{\alpha C_{cr}^2 B_{cr}}$

2.1.6. Các trạng thái chảy

Trạng thái chảy	Phân biệt theo			
	Độ sâu h	Số Froude	Vận tốc	$\partial E_0 / \partial h$
Êm	$h > h_{cr}$	$Fr < 1$	$V < C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} > 0$
Phân giới	$h = h_{cr}$	$Fr = 1$	$V = C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} = 0$
Xiết	$h < h_{cr}$	$Fr > 1$	$V > C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} < 0$

Với C vận tốc truyền sóng trong nước tĩnh:
 B : bề rộng mặt thoáng và A diện tích ướt
Ý nghĩa vật lý trạng thái chảy

$$C = \sqrt{\frac{gA}{B}}$$



2.1.6. Types of flow:

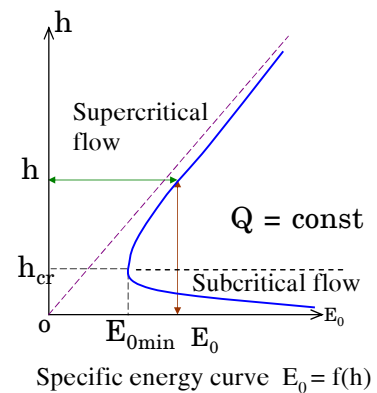
Subcritical flow :is the most common in nature and is relatively deep and slow moving.

Supercritical flow :is less common and is characterised by a very fast, relatively shallow flow

However, both may occur in the same channel at the same discharge

The ways to determine the types of flow

Type of flow	Way to determine			
	Depth h	Froude number	velocity	$\partial E_0 / \partial h$
Subcritical flow	$h > h_{cr}$	$Fr < 1$	$V < C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} > 0$
Critical flow	$h = h_{cr}$	$Fr = 1$	$V = C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} = 0$
Super-critical flow	$h < h_{cr}$	$Fr > 1$	$V > C$	$\frac{\partial E_0}{\partial h} < 0$

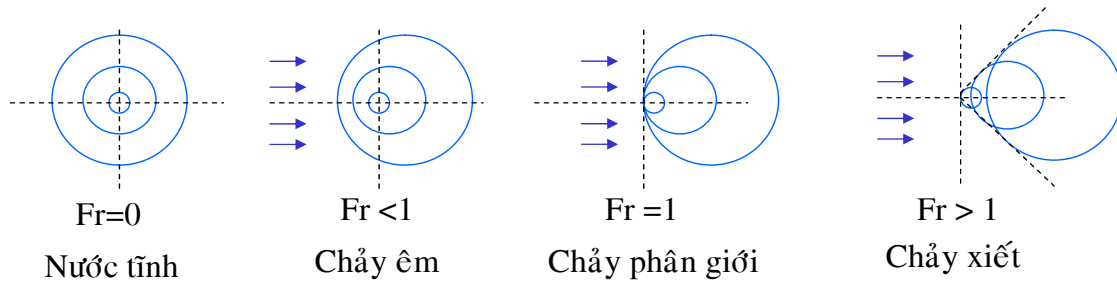


2.1.7. Ý nghĩa dòng chảy êm và xiết

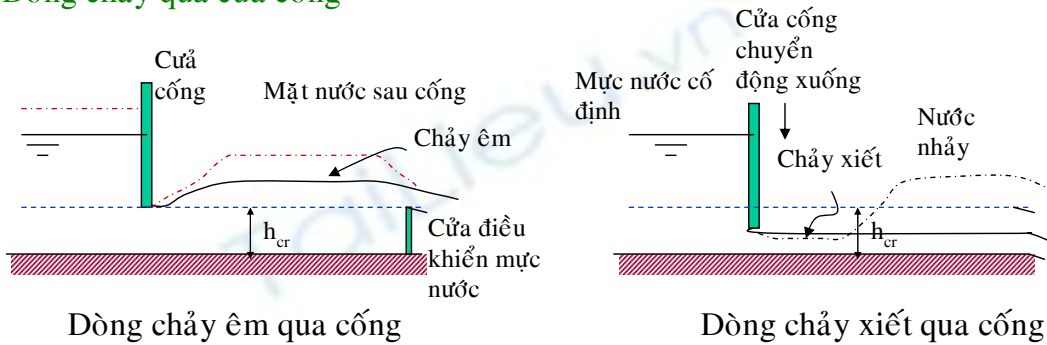
(i) Lan truyền sóng trong dòng chảy

Với C vận tốc truyền sóng trong nước tĩnh:
B : bề rộng mặt thoáng và A diện tích ướt

$$C = \sqrt{\frac{gA}{B}}$$



(ii) Dòng chảy qua cửa cống



2.2 PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN CƠ BẢN CỦA DÒNG ỔN ĐỊNH, KHÔNG ĐỀU BIẾN ĐỔI DẦN TRONG KÊNH HỎ

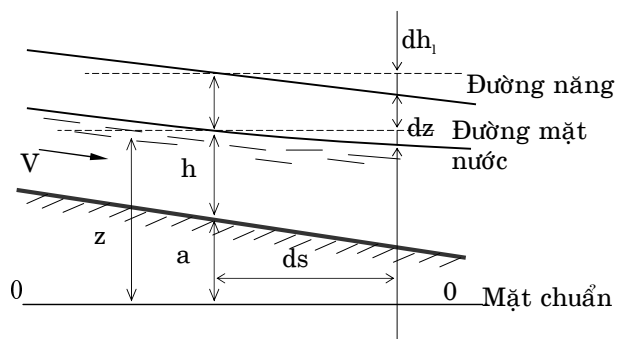
$$E = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + h + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

$$-J = \frac{dE}{ds} = \frac{da}{ds} + \frac{dh}{ds} + \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right) = -i + \frac{dh}{ds} + \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right)$$

Xem qui luật tổn thất dọc đường của dòng không đều = dòng đều

=> J được tính theo công thức Chézy:

$$J = \frac{V^2}{C^2 R} = \frac{Q^2}{A^2 C^2 R} = \frac{Q^2}{K^2}$$



$$\frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right) = \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha Q^2}{2gA^2} \right) = -\frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{dA}{ds} \quad \longrightarrow \quad \frac{d}{ds} \left(\frac{\alpha V^2}{2g} \right) = -\frac{\alpha Q^2}{gA^3} \left(\frac{\partial A}{\partial s} + B \frac{dh}{ds} \right)$$

$$A = f\{s, h(s)\} \longrightarrow \frac{dA}{ds} = \frac{\partial A}{\partial s} + \frac{\partial A}{\partial h} \frac{dh}{ds} = \frac{\partial A}{\partial s} + B \frac{dh}{ds}$$

$$\frac{Q^2}{A^2 C^2 R} = i - \frac{dh}{ds} + \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \left(\frac{\partial A}{\partial s} + B \frac{dh}{ds} \right)$$

$$\longrightarrow \frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 C^2 R} \left(1 - \frac{\alpha C^2 R}{gA} \frac{\partial A}{\partial s} \right)}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}}$$

lãng trụ, $\partial A / \partial s = 0$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 C^2 R}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}} = \frac{i - J}{1 - Fr^2}$$

2.3 CÁC DẠNG ĐƯỜNG MẶT NƯỚC TRONG KÊNH LẮNG TRỤ

2.3.1 Trường hợp kênh có độ dốc thuận $i > 0$

Modun lưu lượng K $K = K(h) = CA\sqrt{R}$

Ứng với độ sâu dòng đều h_0 $K_0 = C_0 A_0 \sqrt{R_0} \longrightarrow Q = K_0 \sqrt{i}$

Ứng với độ sâu dòng không đều h $K = CA\sqrt{R} \longrightarrow Q = K\sqrt{J}$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - \frac{Q^2}{A^2 C^2 R}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3}} = \frac{i - J}{1 - Fr^2} \longrightarrow \frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2 / K^2}{1 - Fr^2} i$$

a. Trường hợp kênh lồi: $0 < i < i_{cr}$

$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2 / K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mức nước trên khu a_1 : $h_{cr} < h_0 < h$

$K_0 < K \longrightarrow K_0^2 / K^2 < 1 \longrightarrow ts > 0$

$Fr^2 < 1 \longrightarrow ms > 0$

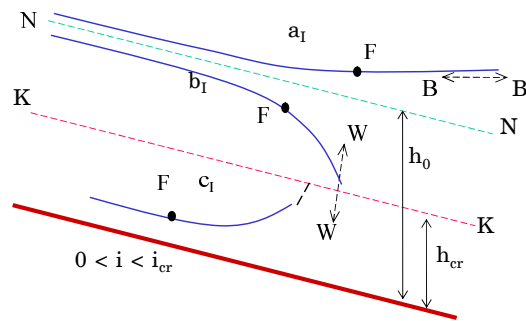
$\frac{dh}{ds} > 0$ đường nước dâng

$h \longrightarrow \infty$ $K \longrightarrow \infty$ $ts \longrightarrow 1$ \longrightarrow $\frac{dh}{ds} \longrightarrow i$
 $Fr^2 \longrightarrow 0$ $ms \longrightarrow 1$

đường mặt nước nằm ngang

$h \longrightarrow h_0$ $K \longrightarrow K_0$ $ts \longrightarrow 0$ \longrightarrow $\frac{dh}{ds} \longrightarrow 0$
 $Fr^2 < 1$ $ms > 0$

đường mặt nước tiệm cận với đường N-N



$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2/K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mức nước trên khu b_1 : $h_{cr} < h < h_0$

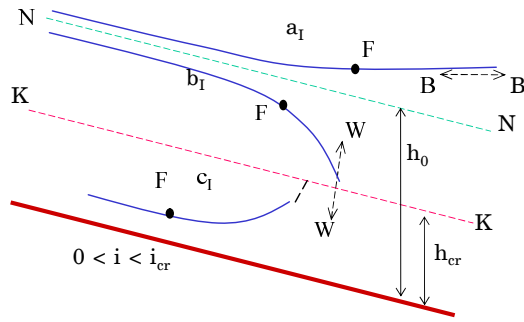
$$K < K_0 \rightarrow K_0^2 / K^2 > 1 \rightarrow ts < 0$$

$$Fr^2 < 1 \rightarrow ms > 0$$

$$\frac{dh}{ds} < 0 \quad \text{đường nước hạ}$$

$$h \rightarrow h_0 \quad K \rightarrow K_0 \quad ts \rightarrow 0$$

$$Fr^2 < 1 \quad ms > 0$$



$$\rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow 0$$

đường mặt nước tiệm cận với đường N-N

$$h \rightarrow h_{cr} \quad K < K_0 \quad ts < 0$$

$$Fr^2 \rightarrow 1 \quad ms \rightarrow 0^+$$

$$\rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow -\infty$$

đường mặt nước thẳng góc với K-K

$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2/K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mức nước trên khu c_1 : $h < h_{cr} < h_0$

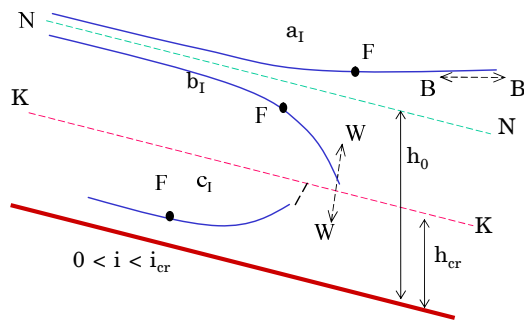
$$K < K_0 \rightarrow K_0^2 / K^2 > 1 \rightarrow ts < 0$$

$$Fr^2 > 1 \rightarrow ms < 0$$

$$\frac{dh}{ds} > 0 \quad \text{đường nước dâng}$$

$$h \rightarrow h_{cr} \quad K < K_0 \quad ts < 0$$

$$Fr^2 \rightarrow 1 \quad ms \rightarrow 0^-$$



$$\rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow +\infty$$

đường mặt nước thẳng góc với K-K

b. Trường hợp kênh dốc: $0 < i_{cr} < i$

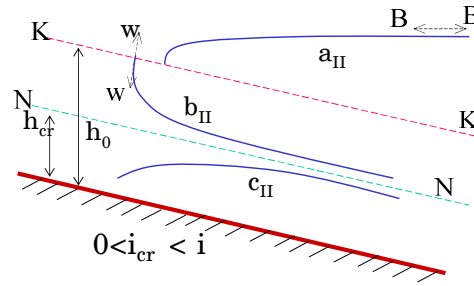
$$\frac{dh}{ds} = \frac{1 - K_0^2 / K^2}{1 - Fr^2} i = \frac{ts}{ms} i$$

Mức nước trên khu a_{II}: $h_0 < h_{cr} < h$

$K_{cr} < K \rightarrow K_0^2 / K^2 < 1 \rightarrow ts > 0$

$Fr^2 < 1 \rightarrow ms > 0$

$\frac{dh}{ds} > 0$ đường nước dâng



$h \rightarrow \infty \quad K \rightarrow \infty \quad ts \rightarrow 1$
 $Fr^2 \rightarrow 0 \quad ms \rightarrow 1 \quad \rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow i$

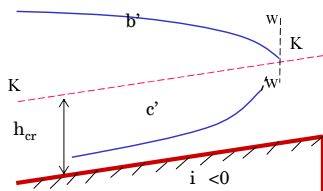
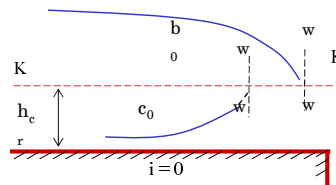
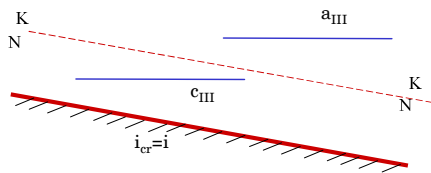
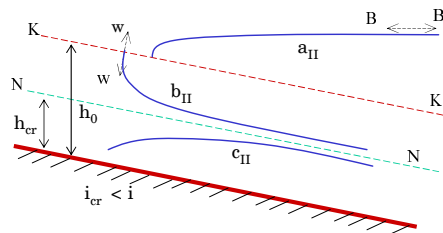
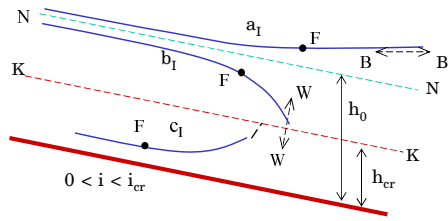
đường mặt nước nằm ngang

$h \rightarrow h_{cr} \quad K > K_0 \quad ts \rightarrow 0$
 $Fr^2 \rightarrow 1 \quad ms > 0^+ \quad \rightarrow \frac{dh}{ds} \rightarrow \infty$

đường mặt nước thẳng góc đường K-K

Tương tự với các trường hợp còn lại ...

Bảng tóm tắt



Nhận xét

Đường nước hạ chỉ có ở khu b

Đường nước dâng ở các khu còn lại (a, c)

2.4 TÍNH TOÁN VÀ VẼ ĐƯỜNG MẶT NƯỚC TRONG KÊNH

Phương pháp sai phân hữu hạn.

$$E = a + h + \frac{\alpha V^2}{2g} = a + E_o$$

$$\frac{dE}{ds} = \frac{da}{ds} + \frac{dE_o}{ds}$$

$$-j = -i + \frac{dE_o}{ds}$$

$$\frac{dE_o}{ds} = i - J$$

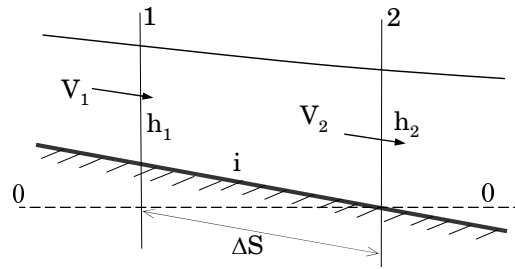
Sai phân \rightarrow

$$\frac{\Delta E_o}{\Delta s} = i - \bar{J}$$

$$\Delta s = \frac{\Delta E_o}{i - \bar{J}}$$

$$\Delta s = \frac{E_{o2} - E_{o1}}{i - \bar{J}}$$

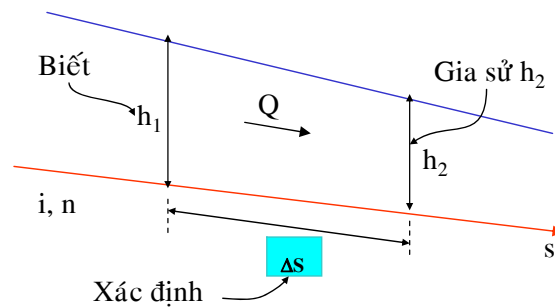
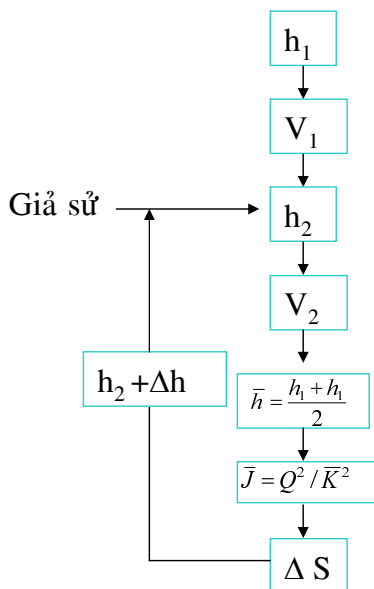
$$\Delta s = \frac{\left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g}\right) - \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g}\right)}{i - \bar{J}}$$



Cách tính toán

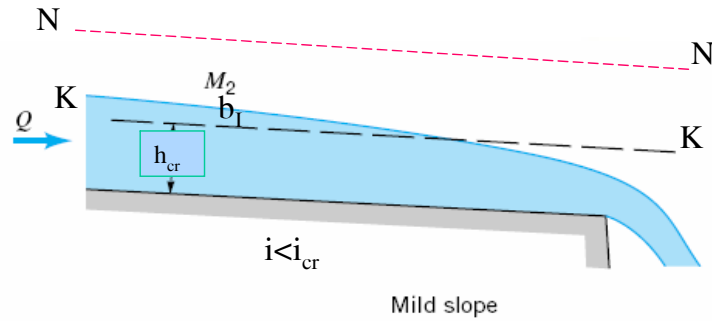
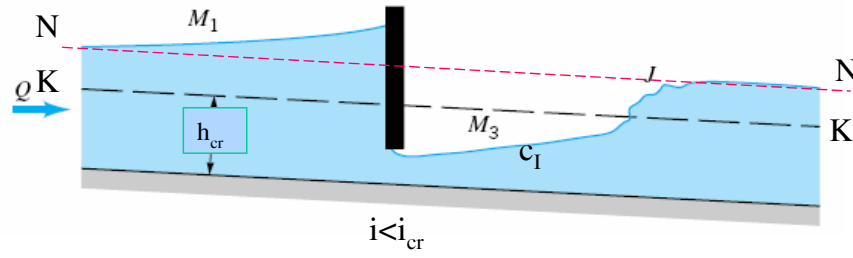
$$\Delta s = \frac{\left(h_2 + \frac{V_2^2}{2g}\right) - \left(h_1 + \frac{V_1^2}{2g}\right)}{i - \bar{J}}$$

Biết: Lưu lượng (Q), hình dạng mặt cắt, độ dốc (i), độ nhám (n), độ sâu h_1 tại mặt cắt đầu (hoặc cuối)

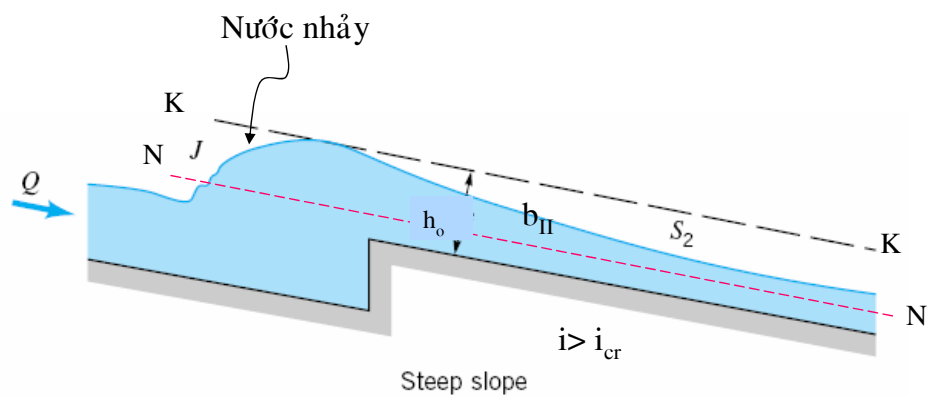
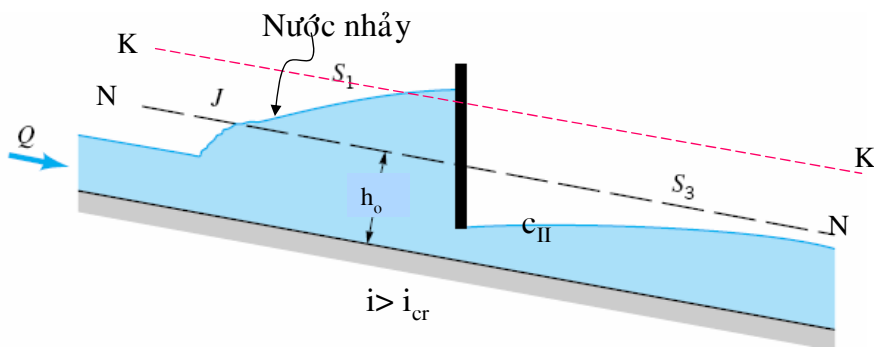


Sau khi xác định được ΔS , tương tự giả sử h_3 và xác định ΔS giữa h_2 và h_3 . Lập lại trình tự tính toán sẽ xác định được vị trí các độ sâu $h_4, h_5 \dots$ từ đó vẽ được đường mặt nước

Các thí dụ về đường mặt nước



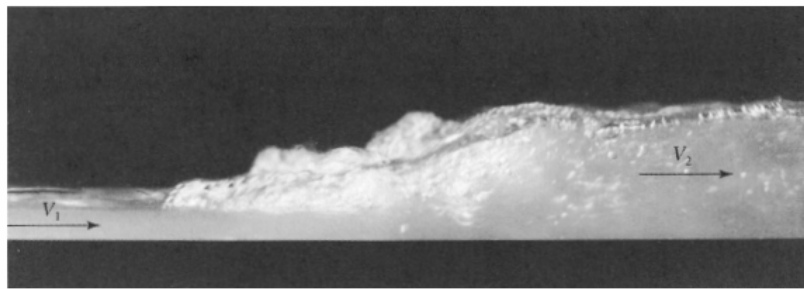
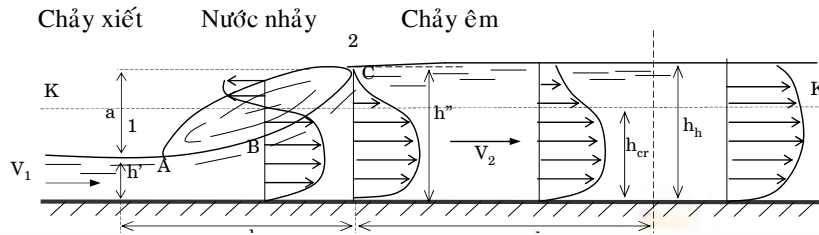
Các thí dụ về đường mặt nước



3 NƯỚC NHẢY

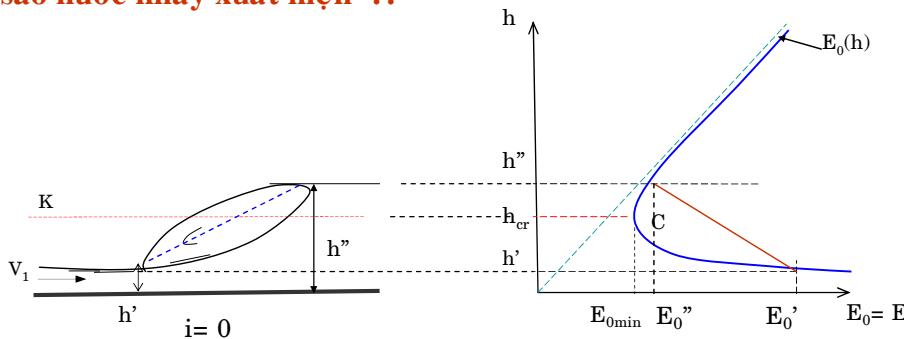
3.1 KHÁI NIỆM

Nước nhảy là một hiện tượng xảy ra khi dòng chảy đi từ chảy xiết sang chảy êm. Hiện tượng nước nhảy tạo ra một cuộn xoáy làm biến đổi đột ngột từ độ sâu chảy xiết ($h' < h_{cr}$) sang độ sâu chảy êm ($h'' > h_{cr}$).



Hydraulic jump.

Tại sao nước nhảy xuất hiện ?:



Khảo sát cho trường hợp $i = 0$
Mặt chuẩn là đáy kênh \rightarrow Năng lượng riêng = $E = E_0 = \frac{\alpha V^2}{2g} + h$
Năng lượng toàn phần

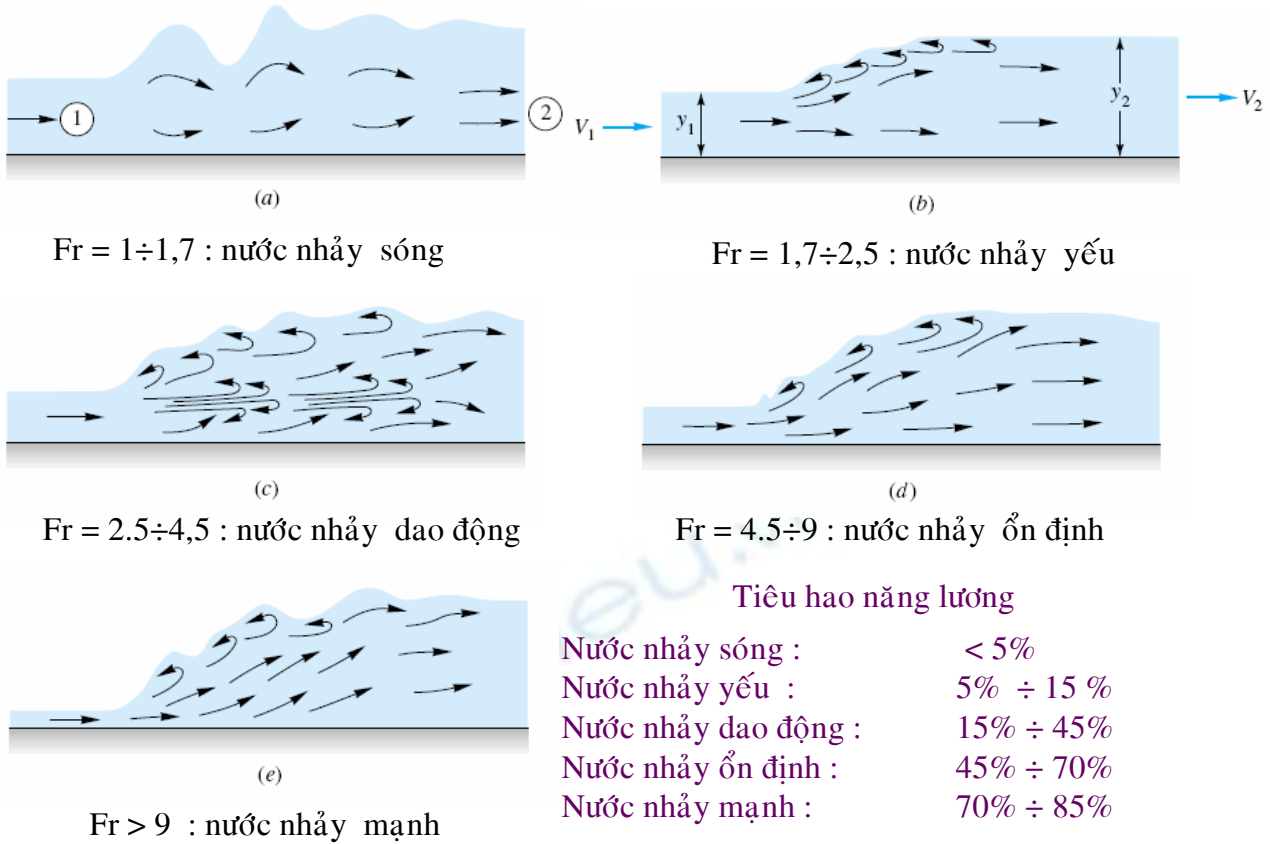
Từ biểu đồ $E(h)$ cho thấy năng lượng sẽ tăng từ E_{min} đến E'' khi độ sâu tăng từ h_{cr} đến h'' .
 \rightarrow Không thể xảy ra vì năng lượng theo dòng chảy chỉ có thể giảm không thể tăng \rightarrow Nước nhảy

Ứng dụng nước nhảy :

Nước nhảy tạo ra một cuộn xoáy mãnh liệt nên dòng chảy qua nước nhảy sẽ bị tiêu hao năng lượng khá lớn.

Trong xây dựng dùng nước nhảy để tiêu hao năng lượng sau công trình để tránh xói lở.

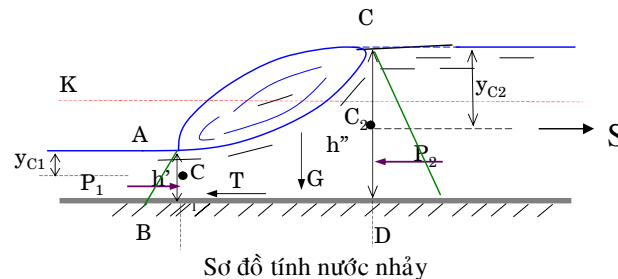
Các loại nước nhảy



3.2 PHƯƠNG TRÌNH NƯỚC NHẢY

Giả thiết:

- $i = 0$
- Mặt cắt trước và sau nước nhảy đường dòng thẳng song song - - > phân bố áp suất theo qui luật thủy tĩnh
- Bỏ qua ma sát đáy kênh



Áp dụng nguyên lý động lượng cho thể tích ABCD, chiếu trên phương s:

$$\rho Q(\alpha_{02}V_2 - \alpha_{01}V_1) = T_s + G_s + R_s + P_{1s} + P_{2s}$$

V_1, V_2 vận tốc trung bình của dòng chảy tại mặt cắt AB, CD

T_s : lực ma sát trên lòng kênh => 0

G_s : trọng lượng khối nước trên phương S => 0

R_s : phản lực đáy trên phương S => 0

$P_{1s} = P_1$ và $P_{2s} = P_2$: áp lực nước tại h' và h''

Áp suất phân bố theo qui luật thủy tĩnh

$$P_{1s} = \gamma y_{C1} A_1$$

$$P_{2s} = \gamma y_{C2} A_2$$

Với $\alpha_{01} = \alpha_{02} = \alpha_0$

$$\alpha_0 \rho Q(V_2 - V_1) = \gamma y_{C1} A_1 - \gamma y_{C2} A_2 \quad \rightarrow \quad \frac{\alpha_0 Q^2}{gA_2} + y_{C2} A_2 = \frac{\alpha_0 Q^2}{gA_1} + y_{C1} A_1$$

Phương trình nước nhảy