



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
Bộ môn: THỦY CÔNG



BÀI GIẢNG:

TÍNH TOÁN THỦY LỰC
CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
Bộ môn: THỦY CÔNG



Bài giảng: TÍNH TOÁN THỦY LỰC
CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

Chương 1:
KHÁI QUÁT VỀ CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



Chương 1: KHÁI QUÁT VỀ CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



§1-1. KHÁI NIỆM VỀ CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC.

§1-2. PHÂN LOẠI CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC.

§1-3. TÁC DỤNG CỦA DÒNG CAO TỐC LÊN CTTN.

§1-4. MỘT SỐ VÍ DỤ VỀ HƯ HỎNG CTTN Ở VIỆT NAM.

§1-5. TIÊU CHUẨN PHÒNG LŨ.

§1-6. BỐ TRÍ CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC TRONG ĐẦU MỐI HỒ CHỨA.



§1-1: KHÁI NIỆM VỀ CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

3) Các đặc điểm quan trọng

- Cột nước công tác ở CTTN có thể từ vài mét (ở các cống đồng bằng) cho tới hàng trăm mét (ở các hồ chứa có cột nước cao).
- Dòng chảy qua CTTN thường là dòng chảy xiết.
- Có thể phát sinh nhiều hiện tượng thủy lực bất lợi như hàm khí, khí thực, sóng xung kích...
- Khả năng tháo là một thông số quan trọng, nó phụ thuộc vào cột nước công tác, hình dạng và kích thước của cửa tháo...
- Tiêu năng ở công trình có cột nước cao, năng lượng dòng chảy đổ xuống hạ lưu lớn gây xói sâu ở chân công trình và hạ lưu...
- Tiêu năng ở công trình có cột nước thấp cũng rất phức tạp.



§1-2: PHÂN LOẠI CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

I. PHÂN LOẠI THEO NHIỆM VỤ CTTN

1) Công trình tháo lũ

- Công trình tháo lũ có chức năng tháo nước thừa trong mùa lũ để đảm bảo an toàn cho công trình đầu mối, vùng hạ du.
- Công trình tháo lũ còn được kết hợp để tháo nước thường xuyên xuống hạ lưu, xả bùn cát, tháo cạn hồ chứa khi cần thiết, hay kết hợp để tháo nước trong thời kỳ thi công.
- Công trình tháo lũ có thể bố trí ngay trên tuyến đập dâng hoặc bố trí ở vai đập hoặc ở một eo núi xa vị trí đập.
- Hình thức của công trình tháo lũ có thể là tràn mặt hoặc xả sâu, chế độ chảy là không áp hoặc có áp...



Chương 1: KHÁI QUÁT VỀ CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

§1-2: PHÂN LOẠI CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



2) Cổng lấy nước dưới đê, đập

- Các cổng lấy nước dưới đê, đập có nhiệm vụ lấy nước từ sông, hồ để phục vụ các mục đích dùng nước khác nhau.
- Cổng có thể có nhiều chức năng khác nhau như lấy nước kết hợp tháo xả bùn cát, tháo cạn hồ chứa, hay dẫn dòng thi công.
- Hình thức cổng có thể là lộ thiên hay ngầm. Chế độ thủy lực của dòng chảy là không áp, có áp hay bán áp, trong đó dạng chảy bán áp là phức tạp nhất.



3) Cổng tiêu nước

- Cổng tiêu nước là loại CTTN đặt ở cuối hệ thống kênh để tiêu thoát nước thừa, nước thải từ đồng ruộng, khu vực sản xuất công, nông nghiệp hay khu dân cư.
- Cổng có cửa ra nối với biển hay đoạn sông gần biển thì mực nước hạ lưu chịu ảnh hưởng của chế độ thủy triều nên gọi là cổng vùng triều.
- Cột nước công tác của các cổng tiêu thường không cao, nhưng chế độ thủy lực của dòng chảy qua cổng thì khá phức tạp, đặc biệt là đối với các cổng vùng triều.



II. PHÂN LOẠI THEO KHẢ NĂNG ĐIỀU TIẾT

1) Thoát nước tự động

Ngưỡng tràn đặt ngang MNDBT. Khi có lũ, mực nước hồ vượt quá MNDBT, CTTN sẽ làm việc tự động cho đến khi mực nước hồ trở về MNDBT.

2) Thoát nước có điều tiết

- Ngưỡng đặt thấp hơn MNDBT, có cửa van để điều tiết lưu lượng. Cửa van có thể là loại trên mặt hoặc dưới sâu.
- Loại CTTN này có khả năng tháo nước lớn, có thể kết hợp để tháo nước thường xuyên hoặc tháo cạn hồ chứa.



§1-2: PHÂN LOẠI CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

III. PHÂN LOẠI THEO CHỨC NĂNG TRONG ĐẦU MỐI

- 1) **Tràn chính:** Tràn công tác, tràn số 1, tràn bình thường...
- 2) **Tràn sự cố:** Tràn phụ, tràn bổ sung, tràn số 2, tràn khẩn cấp.

IV. PHÂN LOẠI THEO KẾT CẤU VÀ CÁCH BỐ TRÍ

1) Đập tràn trọng lực

2) Đường tràn dọc

- Đường tràn dọc là loại đường tràn hở có các bộ phận: kênh dẫn vào, ngưỡng tràn, đường tháo và bộ phận nối tiếp hạ lưu (dốc nước, bậc nước).
- Tiêu năng có thể: hình thức đáy, mặt, phóng xa.



§1-2: PHÂN LOẠI CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

3) Đường tràn ngang

- Đường tràn ngang cũng là một loại đường tràn hở, có hướng dòng chảy vào ngưỡng gần vuông góc với hướng của dòng chảy trong máng bên.
- Thành phần: kênh dẫn vào, ngưỡng, máng bên, đường tháo và nối tiếp hạ lưu.
- Dòng chảy trong máng có chế độ thủy lực phức tạp.

4) Xi phong tháo lũ

5) Giếng tháo lũ

6) Tháo lũ kiểu gáo

7) Đường hầm tháo lũ



I. XÂM THỰC KHÍ THỰC

- Khí thực xuất hiện khi dòng cao tốc gặp các vật cản cục bộ.
- Xâm thực khí thực có thể phá hỏng các bề mặt CTTN bằng bê tông, bằng thép...

II. ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM KHÍ VÀ THOÁT KHÍ

- Hàm khí dòng chảy làm tăng chiều sâu nước.
- Hàm khí của các tia trên mũi phun làm giảm tầm phóng xa.
- Sự thoát khí trên các đường dẫn nước kiểu kín tạo nên các bọt khí lớn ở trần, làm giảm mặt cắt ướt, giảm khả năng tháo nước của đường dẫn, gây nên hiện tượng nước va v.v...



III. ẢNH HƯỞNG CỦA SÓNG

Trên các dốc nước dài, độ chảy xiết mạnh có thể tạo ra các sóng xiên, sóng lăn làm tăng cột nước cục bộ, gây bất lợi cho nối tiếp và tiêu năng, tăng tải trọng lên bản đáy.

IV. MÀI MÒN MẶT LÒNG DẪN

Khi dòng cao tốc mang nhiều bùn cát gây mài mòn lòng dẫn, có thể dẫn đến hư hỏng lòng dẫn (VD: với $V = 9\text{m/s}$, lớp áo kim loại của đường hầm Anderson - Ranch (Mỹ) bị mài mòn tới 7cm).

V. ẢNH HƯỞNG CỦA TẢI TRỌNG ĐỘNG

Tải trọng do dòng chảy dội vào bề mặt bể tiêu năng có thể làm xói hoặc gãy bể tiêu năng.



§1-4: MỘT SỐ VÍ DỤ VỀ HƯ HỎNG CTTN Ở VIỆT NAM

I. ĐƯỜNG TRẦN NAM THẠCH HÃN

- Là loại đường tràn dọc ngưỡng đỉnh rộng với $B = 150$ m, nối tiếp với dốc nước có $i = 0,25$, cột nước công tác lớn nhất $H = 8,1$ m, lưu lượng xả lớn nhất $Q_{1\%} = 7\,300$ m³/s.
- Một số hư hỏng chính là:
 - + Mặt tràn mới đào xong, chưa gia cố đã cho xả lũ nên bị xói nghiêm trọng và không đều;
 - + Mặt tràn không nằm ngang (hai bờ chênh nhau 0,2 m) dẫn đến tập trung lưu lượng đơn vị, bề mặt tràn lượn sóng, nhiều chỗ gồ ghề cục bộ nên bị xói nghiêm trọng;
 - + Hạ lưu xói do xác định sai mực nước.



§1-4: MỘT SỐ VÍ DỤ VỀ HƯ HỎNG CTTN Ở VIỆT NAM

II. ĐẬP TRẦN THÁC BÀ

- Đập gồm 3 khoang x 10 m có cửa van,
- Trong quá trình xây dựng và khai thác, đã xảy ra những hư hỏng:
 - + *Sân sau bị xói nghiêm trọng, lan vào đến chân bể tiêu năng do sân tiêu năng không đủ dài.*
 - + *Mặt sân tiêu năng bị bong tróc nhiều chỗ từ 10 ÷ 20 cm; ở thành đứng của các mũi phun thấp bị tróc rỗ dưới chân sâu 5 ÷ 10 cm do xâm thực khí thực khi $V = 22,8 \div 25 \text{ m/s}$, bề mặt gồ ghề cục bộ.*
- Thiếu sót: đường viền các mũi phun thấp cấu tạo chưa hợp lý.



III. ĐẬP TRÀN DẦU TIẾNG

- Gồm 6 cửa x 10m, đóng mở bằng van cung, $Q_{0,1\%} = 2\,810 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Sự cố xảy ra ở cửa số 3, số 4 khi chúng đang đóng:
 - + *Bộ phận đòn gánh đỡ càn van bị đứt,*
 - + *Nước cuốn van và cả hai nhịp cầu công tác,*
 - + *Gây lũ ở hạ lưu với thiệt hại khá lớn.*
- Thiếu sót chính ở đây là do thiết kế, thi công.

§1-5: TIÊU CHUẨN PHÒNG LŨ

- Ở nước ta, trong từng thời gian đã áp dụng các tiêu chuẩn phòng lũ tương ứng với các quy phạm ở bảng 1.3.

Bảng 1.3: Tiêu chuẩn phòng lũ theo Quy phạm Việt Nam qua các thời kỳ

Số TT	Quy phạm chung về thiết kế công trình TL (CTTL)	Đặc biệt		Cấp I		II		III		IV		V	
		P% TK	P% KT	P% TK	P% KT	P% TK	P% KT	P% TK	P% KT	P% TK	P% KT	P% TK	P% KT
1	Quy định tạm thời về phân cấp CTTL (2/1963) - QPTL 160			0,1	0,01	1,0	0,1	2,0	0,5	5,0	1,0	5,0	1,0
2	QPVN – 08-76			0,1		0,5		1,0		1,5		2,0	
3	TCVN 5060-90			0,1		0,5		1,0		1,5		2,0	
4	TCXDVN285:2002			0,1÷ 0,2	0,02÷ 0,04	0,5	0,1	1,0	0,2	1,5	0,5	2,0	
5	QCVN04-05:2012 QCVN04-05:2022	0,1	0,02	0,5	0,1	1,0	0,2	1,5	0,5	2,0	1,0		

- Trong thực tế, lũ đến có thể vượt tần xuất thiết kế.
- Các nước phát triển, tiêu chuẩn phòng lũ là lũ cực hạn (PMF).



Chương 1: KHÁI QUÁT VỀ CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



§1-6: BỐ TRÍ CTTN TRONG ĐẦU MỐI HỒ CHỨA

I. TRÀN CHÍNH, TRÀN PHỤ, TRÀN SỰ CỐ

1) Tràn chính

- Là công trình tháo nước chính để đảm bảo an toàn cho các hạng mục của công trình đầu mối và vùng hạ du.
- Tràn chính được thiết kế kiên cố theo cấp của công trình.

2) Tràn phụ

Được xây dựng để cùng với tràn chính tháo được lũ kiểm tra.

3) Tràn sự cố

Được xây dựng để tháo lũ khẩn cấp, khi lũ vượt thiết kế, nhằm đảm bảo an toàn cho đầu mối, tránh sự cố.



II. LỰA CHỌN LOẠI CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

1) Công trình tháo nước kiểu hở

- Gồm: đập tràn, đường tràn dọc, tràn ngang.
- Ưu điểm: làm việc an toàn, dễ thi công, thuận tiện cho quản lý và sửa chữa khi cần thiết.

2) Công trình tháo nước kiểu kín

- Gồm: Xi phong, giếng đứng, đường hầm tháo lũ.
- Ưu điểm: là tận dụng được cột nước cao để tăng khả năng tháo, do đó giảm được kích thước của lòng dẫn.
- Nhược điểm: khó thi công, quản lý và sửa chữa.



Chương 1: KHÁI QUÁT VỀ CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

§1-6: BỐ TRÍ CTTN TRONG ĐẦU MỐI HỒ CHỨA



III. VỀ BỐ TRÍ ĐƯỜNG TRÀN DỌC

1) Tuyến tràn dọc

- Tốt nhất nên bố trí tuyến thẳng.
- Nhiều khi buộc phải bố trí đường tràn tuyến cong:
 1. Uốn cong ngay sau ngưỡng, trước khi đổ dốc;
 2. Uốn cong trên dốc nước;
 3. Uốn cong đoạn kênh xả sau bể tiêu năng.
- Cần chú ý tác động của lực ly tâm, nước sẽ dâng cao ở bờ lõm.



Chương 1: KHÁI QUÁT VỀ CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



§1-6: BỐ TRÍ CTTN TRONG ĐẦU MỐI HỒ CHỨA

2) Vấn đề thu hẹp mặt cắt ngang lòng dẫn

a) Đối với các ngưỡng tràn tự do ($Z_{ng} = MNDBT$)

- Nếu tràn tuyến thẳng thì đoạn thu hẹp nên bố trí đặt ngay sau ngưỡng tràn; nếu tràn cong thì đoạn thu hẹp nên đặt sau đoạn cong;
- Có thể làm các đoạn thu hẹp đáy phẳng/cong, tường bên thẳng/cong.

b) Đối với tràn có cửa van điều tiết

Loại này lưu lượng đơn vị lớn nên thường có đoạn thu hẹp ở đầu dốc.

3) Về lựa chọn hình thức đường tháo nước

Đường tháo có thể bố trí theo hình thức dốc nước, bậc nước, kết hợp.

Hết chương 1!



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
Bộ môn: THỦY CÔNG



Bài giảng: TÍNH TOÁN THỦY LỰC
CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

Chương 2:
TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG
THÁO NƯỚC QUA CÔNG TRÌNH



Chương 2: TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC QUA CÔNG TRÌNH



§2-1. NGUYÊN TẮC CHUNG.

§2-2. KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC CỦA CÁC LOẠI ĐẬP TRÀN.

§2-3. KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC QUA CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC KIỂU KÍN.



Chương 2: TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC QUA CÔNG TRÌNH

§2-1: NGUYÊN TẮC CHUNG



CẦN TUÂN THỦ CÁC NGUYÊN TẮC SAU:

1. Chọn đúng sơ đồ tính toán;
2. Tính hệ số lưu lượng, hệ số co hẹp bên;
3. Xác định đúng các mực nước thượng lưu, hạ lưu;
4. Xét đến các tổ hợp bất lợi để tính toán.
5. Sử dụng công nghệ tính toán hiện đại.



§2-2: KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC CỦA CÁC LOẠI ĐẬP TRÀN

I. CÁC LOẠI ĐẬP TRÀN THƯỜNG DÙNG

1) Đập tràn có mặt cắt thực dụng

a) Đập hình cong không chân không

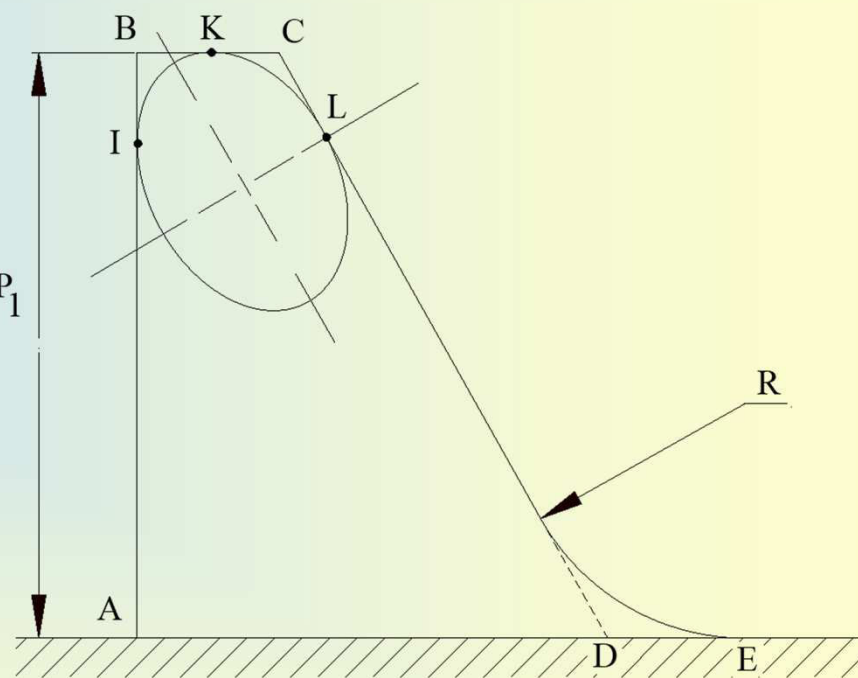
- Là dạng mặt cắt phổ biến nhất, chế độ làm việc ổn định, hệ số lưu lượng (m) lớn.
- Mặt cong của tràn là giới hạn dưới của làn nước rơi. Cột nước định hình trên tràn là (H_d): khi $H \leq H_d$ thì áp lực dương; khi $H > H_d$ thì áp lực âm nhỏ, không sinh ra khí hóa, khí thực.
- Thường chọn $H_d = H_{tk}$. Trung Quốc khuyến cáo lấy:
 $H_d = (0,75 \div 0,95) \cdot H_{max}$ đối với tràn ngưỡng cao,
 $H_d = (0,65 \div 0,85) \cdot H_{max}$ đối với tràn ngưỡng thấp.

b) Đập tràn hình cong có chân không

- Thường được xây dựng từ mặt cắt cơ bản hình thang có $m_t=0$; m_h lớn; đỉnh là một cung elip.
- Hệ số lưu lượng lớn hơn so với đập không chân không.
- Nhược điểm:

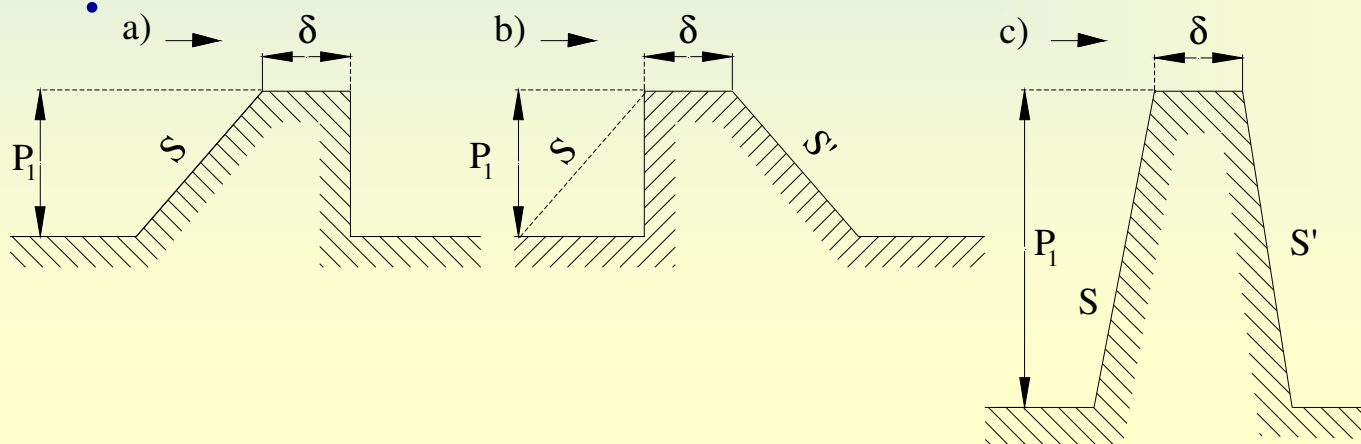
+ Không ổn định độ chân không ở đỉnh do mạch động làm thay đổi hệ số lưu lượng m .

+ Khi độ chân không lớn gây rung động và phát sinh khí thực ở đỉnh tràn.



c) Đập tràn mặt cắt hình thang

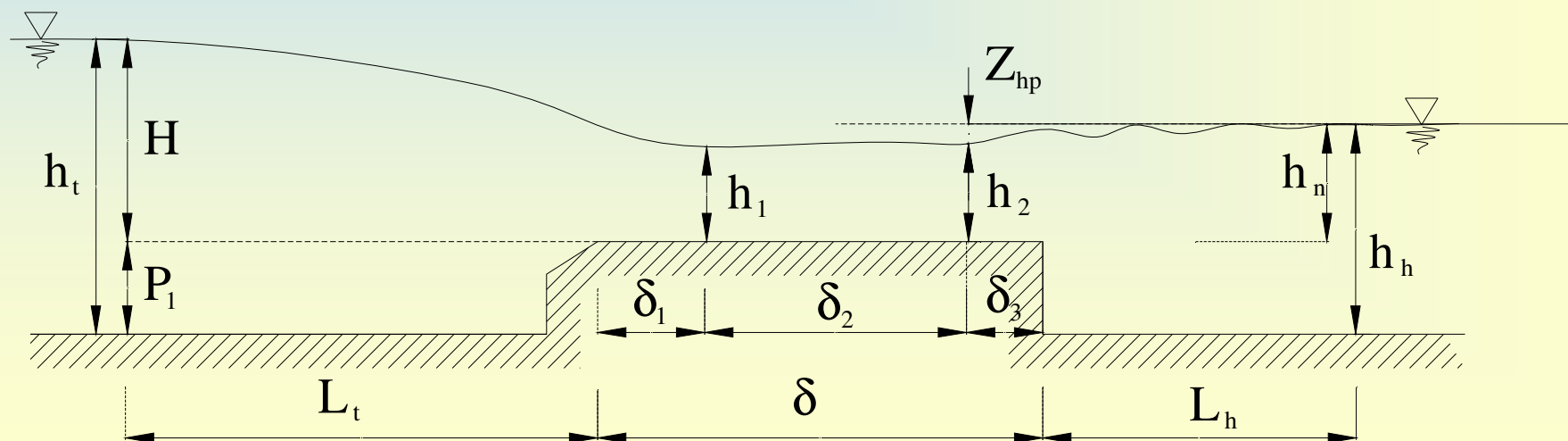
- Dùng với đập tràn có chiều cao (P_1) trung bình ($2H < P_1 < 3H$) hoặc thấp ($0,5H \leq P_1 \leq 2H$),
- Hệ số lưu lượng $m = f(\delta/H, \text{ hệ số mái thượng } S, \text{ hạ lưu } S')$ được cho trong các sổ tay tính toán thủy lực.
- Cũng có thể dùng với đập cao ($P_1 \geq 3H$), hình c khi có cơ cấu để thông khí tự do.



2) Đập tràn đỉnh rộng

- Đập tràn đỉnh rộng thường có chiều cao ngưỡng (P_1) nhỏ.
- Điều kiện thủy lực để phân biệt đập tràn đỉnh rộng là:

$$(2 \div 3)H < \delta < (8 \div 10)H$$



Hình 2-5. Các yếu tố thủy lực của đập tràn đỉnh rộng.



§2-2: KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC CỦA CÁC LOẠI ĐẬP TRÀN

2) Đập tràn đỉnh rộng (tiếp)

- Với một hình dạng ngưỡng xác định:

+ δ nhỏ cho m lớn và ngược lại,

+ $m = f(P_1; \text{hình dạng đầu ngưỡng, đầu mố: } \textit{thẳng đứng, vát nghiêng, lượn tròn...}; \text{ dạng thu hẹp mặt bằng từ kênh thượng lưu vào ngưỡng...})$

- Theo TCVN 9147:2012, khi thiết kế sơ bộ: lấy $m = 0,32 \div 0,35$.

§2-2: KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC CỦA CÁC LOẠI ĐẬP TRÀN

II. TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC QUA ĐẬP TRÀN

- Khả năng tháo nước qua các loại đập tràn có thể quy về dạng:

$$Q = \sigma_n \epsilon m B \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (2.8)$$

- Các tài liệu xác định m , ϵ , σ_n có dạng khác nhau, nhưng kết quả tính toán cuối cùng thường không sai khác nhau nhiều.
- VD: Ở tràn Cửa Đạt, sai số của m theo các tài liệu của Liên Xô và của Mỹ ứng với lũ thiết kế là 0,99%, với lũ kiểm tra là 1,08%).
- Các hệ số có thể tra bảng, đồ thị (Liên Xô): $\sigma_H = f(H/H_{TK})$ hoặc dùng công thức giải tích (Mỹ): $\sigma_H = (H/H_{TK})^{0,16}$; σ_H : *h/s cột nước*.
- Trong thực tế thường khác với đập tiêu chuẩn, cần thí nghiệm.

I. XI PHÔNG THÁO LŨ

Khả năng tháo được tính như đối với ống có áp:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_t} \quad (2.10)$$

Với: ω - diện tích mặt cắt ngang tính toán (thường là ω_{ra});

μ - hệ số lưu lượng:

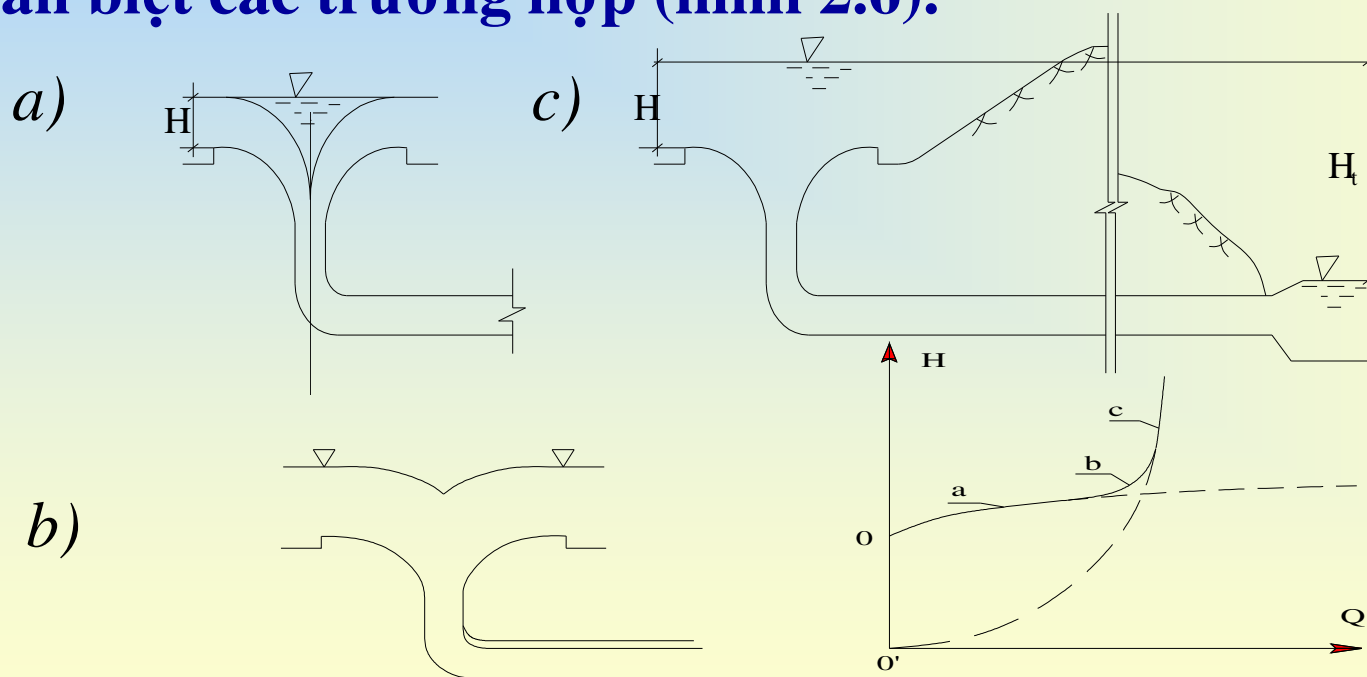
+ Cửa ra không ngập: $\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i K_i^2}} ; \quad K_i = \frac{\omega}{\omega_i}$

+ Cửa ra ngập: $\mu = \frac{1}{\sqrt{K_h^2 + \sum \xi_i K_i^2}} ; \quad K_h = \frac{\omega}{\omega_h}$

H_t - cột nước công tác của xi phông (tính đến tâm lỗ ra hoặc MNHL)

II. CÔNG TRÌNH THÁO LŨ KIỂU GIẾNG, GÁO

Tùy theo chế độ chảy trong đoạn đường hầm tháo nước sau giếng mà phân biệt các trường hợp (hình 2.6).



Hình 2-6 Quan hệ $Q \sim H$ của CTTN kiểu giếng

a) Chế độ đập tràn; b) Chế độ chảy qua ống ngắn; c) Chảy có áp đến cửa ra.



Chương 2: TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC QUA CÔNG TRÌNH

§2-3: KHẢ NĂNG THÁO QUA CTTN KIỂU KÍN



a) Chảy qua đập tràn: H trên ngưỡng tràn còn thấp, nước trong giếng rơi tự do:

$$Q = \varepsilon m \Sigma b \sqrt{2gH_0^{3/2}} \quad (2.13)$$

Σb - tổng bề rộng tràn nước, nếu tròn thì $\Sigma b = 2\pi R$

b) Chảy qua ống ngắn:

Khi nước đầy giếng, nhưng vẫn chảy không áp ở đoạn đường tháo sau giếng thì Q tính như chảy qua một ống ngắn:

$$Q = \mu_d \omega_d \sqrt{2gH_d} \quad (2.14)$$

μ_d - hệ số lưu lượng của hệ thống, tính đến mặt cắt cuối đoạn chảy đầy ống có diện tích là ω_d ;

H_d - cột nước công tác, tính đến mặt cắt có ω_d .

c) Chảy có áp đến cửa ra:

Khi nước vào miệng giếng lớn hơn khả năng tháo của toàn hệ thống, chế độ chảy có áp được duy trì trên toàn bộ hệ thống:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_t} \quad (2.15)$$

μ - hệ số lưu lượng của hệ thống; ω - diện tích mặt cắt cuối đường hầm; H_d - cột nước công tác (tính như xi phong).

Nhận xét: - *Khi CTTN làm việc theo chế độ đập tràn (a), khả năng chịu được sự quá tải là lớn mức độ an toàn cao.*

- *Khi CTTN làm việc theo chế độ chảy có áp một phần, có áp (b, c), khả năng chịu được sự quá tải sẽ giảm, kém an toàn hơn).*



III. THÁO LŨ BẰNG ĐƯỜNG HÀM HAY CÔNG XẢ SÂU

1) Xả lũ khai thác

- Nếu cửa vào đặt dưới sâu, khi xả lũ mở hết van, chế độ chảy trong đường hàm thường là có áp, khả năng tháo xác định theo ống công thức 2.15.
- Nếu cửa vào đặt cao, chế độ chảy là không áp. Khi đó lưu lượng tháo qua toàn hệ thống bằng lưu lượng ở miệng vào (tính theo sơ đồ đập tràn).



2) Xả lũ thi công

- Do mực nước hồ thấp, chế độ chảy trong đường hầm có thể là không áp, có áp hoặc bán áp. Tính Q theo các công thức tương ứng nêu trên.

- Với chế độ chảy bán áp:

+ Xây dựng đường mặt nước của dòng không áp trong đường hầm khi h_t , h_h đã biết.

+ Dạng đường mặt nước của dòng không áp trong cống phụ thuộc vào điều kiện ngập từ phía hạ lưu và trị số $F_{r1} = v/(gh)^{0,5}$ ở mặt cắt sau cửa vào, nơi có chiều sâu nhỏ nhất.



a) Khi $F_{r1} < 0,1 \div 0,2$

- Khi cống không ngập cửa ra (hình 2.7a):

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(H + \Delta H - \eta h_t)}$$

μ - hệ số lưu lượng, có xét tới tổn thất giữa mặt cắt 0-0 và n-n;

h_t - chiều cao mặt cắt đường hầm; η - hệ số, thường lấy $\eta = 1$.

- Khi cống ngập từ phía hạ lưu (hình 2.7b):

$$Q = \varphi_n b h_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)}$$

φ_n - hệ số lưu tốc của cửa vào, tính như đập tràn đỉnh rộng chảy ngập;

b - bề rộng mặt cắt; h_c - độ sâu ở mặt cắt sau cửa vào, xác định bằng cách vẽ đường mặt nước.

b) Khi $(0,1 \div 0,2) < F_{r1} < 1$

- Trên mặt dòng không áp có xuất hiện sóng dừng.
- Cống không ngập từ phía hạ lưu (hình 2.7c): Chế độ bán áp được tính từ khi đỉnh sóng đầu tiên chạm trần cống: $h_{s1} = h_t$,

h_{s1} - độ sâu nước dưới đỉnh sóng đầu tiên; h_t - chiều cao mặt cắt cống, đường hầm:

$$h_{s1} = 0,156h_1\sqrt{1 + 8Fr_1} + 5,3$$

F_{r1} tính tại mặt cắt có độ sâu co hẹp h_1 .

- Cống ngập từ phía hạ lưu (hình 2.7d): Chế độ bán áp xác định bắt đầu từ khi đỉnh sóng ở cửa ra chạm trần cống: $h_{si} = h_t$.

Công thức tính khả năng tháo ở đây cũng giống như các trường hợp tương ứng ở mục a) nói trên.



Chương 2: TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC QUA CÔNG TRÌNH

§2-3: KHẢ NĂNG THÁO QUA CTTN KIỂU KÍN



c) Khi $F_{r1} > 1$ (chảy xiết)

- Các dạng chuyển tiếp cũng như ở mục b, nhưng lúc này chế độ chảy bán áp là không ổn định.
- Dòng chảy cuốn không khí vào cống, hình thành các bọt khí dịch chuyển trên trần cống.
- Xác định khả năng tháo trong điều kiện như vậy thường phải dựa vào các tài liệu thí nghiệm.

Hết chương 2!



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
Bộ môn: THỦY CÔNG



Bài giảng: TÍNH TOÁN THỦY LỰC
CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

Chương 3:
TÍNH TOÁN KHÍ THỰC
CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



Chương 3: TÍNH TOÁN KHÍ THỰC CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



§3-1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM.

§3-2. CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA KHÍ HÓA VÀ KHÍ THỰC.

§3-3. KIỂM TRA SỰ XUẤT HIỆN CỦA KHÍ HÓA TRÊN CÁC BỘ PHẬN CỦA CTTN.

§3-4. KIỂM TRA KHẢ NĂNG XÂM THỰC LÒNG DẪN.

§3-5. CÁC GIẢI PHÁP PHÒNG KHÍ THỰC.



§3-1: MỘT SỐ KHÁI NIỆM

I. HIỆN TƯỢNG CHẢY BAO

- Xảy ra ở phần tiếp xúc giữa dòng chảy và bề mặt lòng dẫn hay các vật cản: trụ, van, lưới chắn rác, cánh hướng dòng, ...
- Chảy bao thuận (tia dòng bám sát thành); chảy bao không thuận. Khái niệm chảy bao thuận, không thuận là tương đối.
- Vùng giới hạn giữa bề mặt lòng, vật cản với bề mặt của chủ lưu gọi là vùng tách dòng.

II. HIỆN TƯỢNG GIẢM ÁP

- Áp suất chân không:
$$p_{ck} = p_a - p \quad (3.1)$$

(p_a – áp suất khí trời; p – áp suất tuyệt đối tại điểm xét).



§3-1: MỘT SỐ KHÁI NIỆM

III. KHÍ HÓA (CAVITATION)

- Là hiện tượng xuất hiện hàng loạt bong bóng chứa khí và hơi trong lòng chất lỏng ở điều kiện nhiệt độ bình thường, áp suất bị giảm xuống dưới một trị số giới hạn.
- Điều kiện xuất hiện khí hóa: $p \leq p_{pg}$, hoặc $H \leq H_{pg}$,

trong đó:

H - Cột nước áp lực tương ứng với p - Áp suất tuyệt đối;

H_{pg} - Cột nước tương ứng với p_{pg} - Áp suất phân giới của nước.



§3-1: MỘT SỐ KHÁI NIỆM

IV. KHÍ THỰC (CAVITATION EROSION)

- Khí thực là hiện tượng bong tróc vật liệu bề mặt lòng dẫn hoặc vật cản khi có khí hóa đủ mạnh và duy trì trong một thời gian đủ dài.
- Lòng dẫn bằng bê tông: sự phá hoại là từ tác động cơ học. Các bong bóng bị cuốn theo đến vùng có áp suất cao hơn, bị ép mạnh và bị tiêu hủy, tạo nên xung lực lớn, lặp lại nhiều lần làm cho vật liệu bị mỏi, dẫn đến bong tróc.
- Đối với vật liệu là kim loại: sự phá hoại từ tác động cơ học, ăn mòn hóa học, hiệu ứng nhiệt...

§3-2: THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA KHÍ HÓA, KHÍ THỤ

I. HỆ SỐ KHÍ HÓA K

- Biểu thị mức độ mạnh yếu của khí hóa: $K = \frac{H_{DT} - H_{pg}}{\frac{V_{DT}^2}{2g}}$ (3.2)

trong đó:

H_{DT} - cột nước áp lực toàn phần đặc trưng của dòng chảy bao quanh công trình hay một bộ phận đang xét (m);

V_{DT} - lưu tốc (trị số trung bình thời gian) đặc trưng của dòng chảy tại bộ phận đang xét (m/s);

g - gia tốc trọng trường (m/s^2);

H_{pg} - cột nước áp lực phân giới;

H_{DT} và V_{DT} được xác định riêng cho từng loại.



II. HỆ SỐ KHÍ HÓA PHÂN GIỚI K_{pg}

- Hệ số khí hóa phân giới là giá trị của hệ số khí hóa K tương ứng với trạng thái bắt đầu khí hóa.
- Điều kiện khí hóa của dòng chảy tại một khu vực nào đó sẽ là:

$$K \leq K_{pg} \quad (3.3)$$

- K_{pg} phụ thuộc vào hình dạng vật chảy bao, **xác định bằng thí nghiệm mô hình.**



I. NGUYÊN TẮC CHUNG

- Mục đích: để đảm bảo CTTN làm việc trong điều kiện không có khí hoá, hoặc có khí hoá nhưng chưa đủ để gây nên khí thực nguy hiểm.
- Việc kiểm tra cần tiến hành với các chế độ làm việc khác nhau:
 - + *Từ 0 đến Q_{max} .*
 - + *Cửa van mở hoàn toàn và mở từng phần.*
 - + *Mở đều các cửa và một cửa bị hạn chế khả năng do sự cố.*



§3-3: KIỂM TRA SỰ XUẤT HIỆN KHÍ HÓA TRÊN CTTN



- Việc kiểm tra cần tiến hành ở:
 - + *Đầu vào CT dưới sâu có áp, đỉnh đập tràn.*
 - + *Các gờ ghề cục bộ trên mặt đập tràn, dốc nước.*
 - + *Bộ phận buồng van, các khe, ngưỡng, ...*
 - + *Các mố phân dòng.*
- Điều kiện để không phát sinh khí hoá là: $K > K_{pg}$, (3.6)
- Có thể chấp nhận có khí hoá ở giai đoạn đầu:

$$K > 0,85 K_{pg}, \quad (3.7)$$

K_{pg} phụ thuộc vào vật chảy bao, **xác định bằng thí nghiệm.**



- Xác định K theo công thức (3.2):

$$K = \frac{H_{DT} - H_{pg}}{V_{DT}^2 / 2g}$$

a) Cột nước đặc trưng: $H_{DT} = H_a + h_d$, (3.8)

trong đó: h_d - cột nước áp lực dư tương ứng với vật chảy bao;

H_a - cột nước áp lực khí trời, phụ thuộc vào cao độ điểm xét (bảng 3.1).

b) Cột nước áp lực phân giới (H_{pg}):

H_{pg} - phụ thuộc vào nhiệt độ (bảng 3.2).

c) Lưu tốc đặc trưng (V_{DT}):

V_{DT} - quy ước tương ứng cho từng loại vật chảy bao.



II. KIỂM TRA SỰ XUẤT HIỆN KHÍ HÓA TẠI ĐẦU VÀO CỦA CÁC ỐNG THÁO NƯỚC CÓ ÁP

1) Hình dạng của đầu vào:

- Thuận dòng, có mặt cắt thu hẹp dần theo chiều dòng chảy.
- Sơ đồ thu hẹp dần theo 2 cách:
 - + *Thu hẹp không gian các phía: trên - dưới; trái - phải.*
 - + *Thu hẹp phẳng: chỉ thu theo phương đứng. (Khi ống tháo đặt sát đáy đập thì sự thu hẹp của đầu vào theo phương đứng chỉ là sự thu hẹp phía trên).*
- Đường biên thu hẹp là đường cong thường là cung 1/4 elip.



2) Các thông số hình học của đầu vào (để xác định K_{pg}):

$$K_{pg} = \bar{C}_{pmax} + \varphi \cdot \delta_p$$

a) Độ thoải của đường cong cửa vào (a: bán trục // với cống):

$$K_s = a/b \quad (3.9)$$

b) Độ mở rộng của mặt cắt ống về phía thượng lưu:

$$K_r = \omega_{cv}/\omega_t \quad (3.10)$$

trong đó: ω_{cv} - diện tích mặt cắt ngang ống tại cửa vào;

ω_t - diện tích mặt cắt ngang ống tại vị trí cuối đoạn vào.



3) Các thông số thủy lực đầu vào để tính toán khí thực:

a) Hệ số giảm áp lực lớn nhất (trị số trung bình thời gian):

$$\bar{C}_{p\max} = \frac{\gamma \cdot Z_v}{p_v} \quad (3.11)$$

Z_v - chênh lệch MNTL với cao trình trần cống cuối đầu vào (m);

p_v - áp suất dư (trung bình thời gian) tại trần cống ở mặt cắt cuối đầu vào (KN/m^2);

Trị số $\bar{C}_{p\max}$ của các dạng cửa vào cho trên các hình (3.12) và (3.13).



b) Hệ số tiêu chuẩn mạch động áp lực tại cửa vào:

$$\delta_p = \frac{\sigma_p}{V_t^2 / 2g} \quad (3.12)$$

σ_p - trị số tiêu chuẩn mạch động cột nước áp lực tại mặt cắt cuối đoạn vào;

V_t - lưu tốc bình quân mặt cắt cuối đoạn vào (m/s);

Trị số δ_p của các dạng cửa vào cho trên các hình (3.14) và (3.15).

4) Hệ số khí hóa phân giới cửa vào: $K_{pg} = \bar{C}_{pmax} + \varphi \cdot \delta_p$ (3.13)

φ - Hệ số mạch động lớn nhất, $\varphi = f(\text{mức đảm bảo } P\%)$

Bảng 3.3. Giá trị của φ theo các mức bảo đảm

P%	2,0	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
φ	2,05	2,23	2,58	2,88	3,00	3,20	3,48	3,72	3,83

- * Đối với công trình tạm thời, các cửa sửa chữa: $p = (0,5 \div 2)\%$.
- * Đối với các công trình lâu dài: $p = (0,01 \div 0,1)\%$.
- * Nếu không cho phép phát sinh khí hoá ở cửa vào thì $\varphi = 4$.



5) Xác định hệ số khí hoá thực tế K :
$$K = \frac{H_{\text{ĐT}} - H_{\text{pg}}}{\frac{V_{\text{ĐT}}^2}{2g}}$$

K xác định theo công thức (3.2), với:

a) Cột nước đặc trưng: $H_{\text{ĐT}} = Z_V + H_a$ (3.14)

Z_V - chênh lệch MNTL và trần cống tháo ở cuối đầu vào;

H_a - cột nước áp lực khí trời, lấy theo bảng 3.1.

b) Lưu tốc đặc trưng: $V_{\text{ĐT}} = V_T$

V_T - lưu tốc trung bình tại mặt cắt cuối đầu vào (tiếp giáp với thân ống).



III. KIỂM TRA SỰ XUẤT HIỆN KHÍ HÓA TẠI NƠI GỖ GHỀ CỤC BỘ

1) Các dạng gỗ ghề cục bộ:

- Các mẫu dài chạy ngang, dọc (nơi nổi ván khuôn, tấm thép lát bề mặt lòng dẫn).
- Các mẫu lồi cục bộ do hòn cốt liệu lớn nằm bề mặt khối bê tông, các đỉnh ốc, ê cu, ...
- Độ nhám tự nhiên (mặt bê tông, bề mặt kim loại bị ăn mòn...)
- Các lượn sóng thoải trên bề mặt (do thi công gây ra).

Khi dòng chảy có vận tốc lớn, tia dòng sẽ không còn bám sát thành rắn có thể hình thành khí hoá và có thể dẫn đến khí thực.

2) Hệ số khí hoá phân giới (K_{pg}) của các dạng mấu gồ ghề đặc trưng:
 K_{pg} được tìm ra bằng thí nghiệm mô hình (mấu gồ ghề đặc trưng ở bảng 3.4)

Bảng 3.4. Các dạng mấu gồ ghề đặc trưng và trị số K_{pg} tương ứng

TT	Loại mấu	Sơ đồ	K_{pg}
1	Bậc lồi theo chiều dòng chảy (đầu lớp gia cố bề mặt, chỗ nối cốp pha, ...)		$0,125.\alpha^{0,65}$ (α tính bằng độ)
2	Bậc thụt theo chiều dòng chảy		1 khi $Z_m \geq \delta$ $\left(\frac{Z_m}{\delta}\right)^{3/4}$ khi $Z_m < \delta$
3	Nhám đều tự nhiên trên mặt với chiều cao mấu bình quân Δ		1
4	Ụ thoải trên mặt phẳng đều (môi hàn,...)		$2,24 (L_m/Z_m)^{-0,5}$
5	Mấu lồi đơn độc có bề mặt sắc cạnh (dấu vết do nối cốp pha,...)		2
6	Các mấu lồi cục bộ riêng rẽ (các hòn cốt liệu lớn, đầu cốt thép nhô ra,...)		2 khi mép lượn tròn 3,5 khi mép sắc



3) Xác định hệ số khí hoá thực tế (K) tại vị trí có mấu gồ ghề:

(1) Phân đoạn dòng chảy để tính lưu tốc sát thành V_y (hình 3.16):

*a) **Dạng I:*** Đoạn đầu, nơi dòng chảy có biến dạng đột ngột do thay đổi hình dạng. Gồm: đầu trụ pin, khe van, bậc thụt, ngưỡng đáy.

*b) **Dạng II:*** Đoạn có lớp biên rối phát triển dần, lưu tốc thay đổi theo chiều dài. Gồm: bề mặt cửa đập tràn, dốc nước, đường tháo sau của van.

*c) **Dạng III:*** Lớp biên rối đã phát triển và đạt đến ổn định, lưu tốc không đổi. Gồm dòng chảy trên các đường tháo nước có áp hay không áp, ở cự ly cách xa mặt cắt đầu.



(2) *Xác định $V_{ĐT}$:*

a) Dạng I:

- Dòng chảy ở cửa vào hay dưới cửa van:

$$V_{ĐT} = V_c, \quad (3.15)$$

V_c là lưu tốc trung bình tại mặt cắt co hẹp sau cửa vào hay sau cửa van.

- Dòng chảy ở đập tràn hay ở đoạn cong của lòng dẫn:

$$V_{ĐT} = V_{CB}, \quad (3.16)$$

V_{CB} là lưu tốc bình quân cục bộ ở gần thành lòng dẫn, không kể lớp biên rối.

b) Dạng II:

- V_{DT} được xác định là V cực bộ ở đỉnh mấu gồ ghề, (bảng 3.4 trừ dạng 2, bậc thụt).
- Mấu dạng 2 thì lấy $V_{DT} = V_{max}$, với V_{max} lấy cách thành lòng dẫn một đoạn δ (chiều dày lớp biên rối).

Như vậy, dạng II, quy ước lấy: $V_{DT} = V_y$, (3.17)

+ Với V_y là lưu tốc cực bộ tại vị trí cách thành lòng dẫn một khoảng bằng y .

Đối với dạng mấu số 1, 3, 4, 5, 6: $y = Z_m + \Delta$;

Đối với dạng mấu số 2: $y = \delta + \Delta$,

Δ : chiều cao nhám; Z_m : chiều cao mấu; δ : chiều dày lớp biên rối.

+ Lưu tốc sát thành V_y :
$$V_y = \frac{V_{TB}}{\varphi_v} \sqrt{\xi_1 \xi_2}, \quad (3.18)$$

$\xi_1 = f(y/\Delta)$; $\xi_2 = f(\delta/\Delta)$, hình 3.17; V_{TB} : lưu tốc trung bình m/c;

φ_v : hệ số biểu thị quan hệ giữa V_{DT} và V_{max} : Tính theo (3-19) hay (3-20).

Với dòng không áp, có áp mặt cắt hcn bề rộng B, cột nước h:

$$\varphi_v = \frac{1}{B.h} \left\{ (h - \delta) \cdot (B - 2\delta) + \frac{\delta^2}{\ln \frac{\delta}{\Delta} + 3} \left[\frac{B + 2h}{\delta} \left(\ln \frac{\delta}{\Delta} + 2 \right) - 2 \ln \frac{\delta}{\Delta} - 5 \right] \right\} \quad (3.19)$$

Với đường tháo có áp, mặt cắt hình tròn bán kính r :

$$\varphi_v = \frac{1}{r^2} \left\{ (r - \delta)^2 + \frac{1}{2} \frac{\delta^2}{\ln \frac{\delta}{\Delta} + 3} \left[\frac{4r}{\delta} \left(\ln \frac{\delta}{\Delta} + 2 \right) - 2 \ln \frac{\delta}{\Delta} - 5 \right] \right\} \quad (3.20)$$

+ Giới hạn của dòng chảy dạng II lấy đến mặt cắt mà chiều dày lớp biên bằng:

Đối với dòng không áp, mặt cắt chữ nhật: $\delta = \min \left(h, \frac{B}{2} \right);$

Đối với dòng có áp, mặt cắt chữ nhật: $\delta = \min \left(\frac{h}{2}, \frac{B}{2} \right);$

Đối với dòng có áp, mặt cắt tròn: $\delta = r.$

c) Dạng III: V_{DT} xác định như dạng II, với chiều dày lớp biên rồi không đổi.



(3) Xác định cột nước áp lực đặc trưng $H_{ĐT}$:

- Công thức: $H_{ĐT} = H_a + h_d$, (3.21)

- Cột nước áp lực dư (h_d), xác định như sau:

+ Đối với dòng chảy không áp: $h_d = h \cdot \cos \psi$; (3.22)

(h : là chiều sâu d/c, ψ là góc nghiêng của đáy lòng dẫn).

+ Đối với dòng chảy có áp: $h_d = Z_V - h_w$; (3.23)

Z_V : Chênh lệch cao độ từ mực nước thượng lưu đến trần của mặt cắt đang xét;

h_w : Cột nước tổn thất tính từ mặt cắt trước cửa vào đến mặt cắt đang xét.



IV. KIỂM TRA KHÍ HOÁ TẠI CÁC BỘ PHẬN BUỒNG VAN

1) Nguyên tắc chung: Các trường hợp cần kiểm tra:

- Khí hóa trên các mấu gồ ghề bề mặt buồng van và cửa van;
- Khí hoá trên các khe, cửa vào giếng van, bậc thụt ở đáy khi van mở hết;
- Khí hóa trên các khe và trên cửa van khi van mở một phần;
- Khí hóa trên các đầu trụ pin trong buồng van;
- Khí hóa khi có rò nước qua các thiết bị khít nước ở cửa van.

2) Kiểm tra khí hoá khi mở van hoàn toàn:

a) Xác định trị số K_{pg} :

Nguồn phát sinh khí hoá trong trường hợp này chủ yếu là các khe van phẳng hay bán khe ở trụ van cung. Một số thông số của các khe này thể hiện trên hình 3.18.

- Hệ số khí hoá phân giới
tại mặt trước của khe: $K_{pgt} = K_{pgy} \left[1 + 0,65 \left(\frac{w}{h} - 1 \right) \right] K_d$; (3.24)

- Hệ số khí hoá phân giới
tại mặt sau của khe: $K_{pgs} = A.K_w.K_B \left[1 + 0,65 \left(\frac{w}{h} - 1 \right) \right]$; (3.25)

trong đó: K_{pgy} - lấy theo bảng 3.4, mục 2;

K_d : hình 3.18, dạng a xác định theo bảng 3.6 .

Bảng 3.6: Trị số của K_d trong công thức (3.24)

d/W	0	0,04	0,08	0,12
K_d	0,55	0,75	0,90	1,00

b) Xác định trị số K :

Theo công thức chung 3.2: $K = \frac{H_{\text{ĐT}} - H_{\text{pg}}}{\frac{V_{\text{ĐT}}^2}{2g}}$, với:

$V_{\text{ĐT}}$ lấy bằng trị số lưu tốc bình quân tại mặt cắt có khe van;

$H_{\text{ĐT}} = H_a + h_d$, h_d : cột nước áp lực dư tính đến điểm cao nhất của khe van.



3) Kiểm tra khí hoá khi van mở từng phần:

Kiểm tra tại 2 vị trí: tách dòng tại tấm chắn van và tại các bộ phận cố định buồng

a) Kiểm tra khí hoá do tách dòng sau cửa van:

*** Xác định trị số K_{pg} :**

Đoạn khe sát đáy, tính như mở hoàn toàn cửa van.

Đoạn gần cửa van tính: Trị số K_{pg} phụ thuộc vào hình dạng cửa van và độ choán của van trong khe. Độ choán bằng diện tích chiều bằng của van nằm trong khe/ diện tích ngang khe $W.h$.

Khi độ choán $< 75\%$ thì K_{pg} lấy theo giá trị lớn và không phụ thuộc vào độ mở.



* Xác định trị số K theo công thức 3.2: $K = \frac{H_{ĐT} - H_{pg}}{\frac{V_{ĐT}^2}{2g}}$, với:

- Cột nước áp lực đặc trưng: $H_{ĐT} = H_a + h_d$

h_d - cột nước áp lực dư sàn đường dẫn, tại vị trí mặt cắt co hẹp sau cửa van.

- Lưu tốc đặc trưng $V_{ĐT}$: lấy bằng lưu tốc trung bình tại mặt cắt co hẹp sau cửa van:

$$V_{ĐT} = V_c = 0,95\sqrt{2gH_p}$$

H_p - cột nước tính toán của van.



b) Kiểm tra khí hoá do tách dòng sau khe van, bậc thụt:

*** Xác định trị số K_{pg} :**

Van có bộ phận làm kín nước phía sau: $K_{pg} = 1,6 \div 2,2$;

Van phẳng có bộ phận kín nước phía trước: $K_{pg} = 1,2 \div 1,6$;

Các bán khe, bậc thụt không được nối thông với ống dẫn khí: $K_{pg} = 1$;

Các phần khe nằm cách xa đầu van: trị số K_{pg} xác định như khi mở van hoàn toàn, nhưng với trị số $K_w = 1$.

*** Xác định trị số K :** Tương tự như ở mục trên.

*** Nếu tất cả các vùng tách dòng ở khe van, bán khe hay bậc thụt đều được tiếp khí một cách ổn định không phải kiểm tra.**

4) Kiểm tra khí hoá ở đầu các trụ pin trong buồng van:

a) Khi lòng dẫn có chiều rộng lớn, dùng các trụ pin đầu tròn hay cung liên hợp.

b) Trị số $K_{pg} = f(\text{các thông số hình dạng của đầu trụ})$: bảng 3.7.

Bảng 3.7. Thông số hình dạng và trị số K_{pg} của đầu trụ.

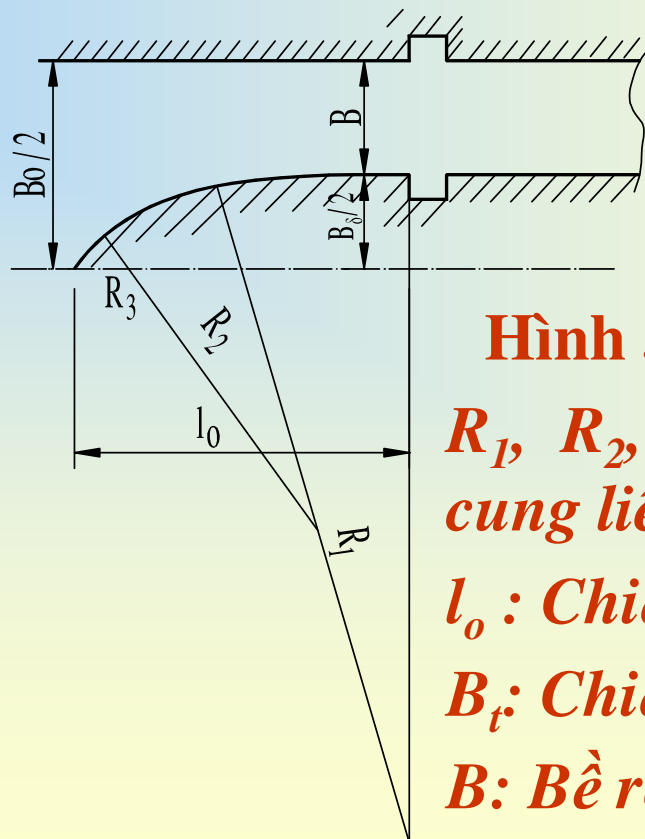
Thông số (xem hình 3-20)	Đầu trụ dạng tròn	Dạng cung liên hợp			
		$N^{\circ}1$	$N^{\circ}2$	$N^{\circ}3$	$N^{\circ}4$
$\lambda = 10 / B_t$	2,500	1,25	1,00	1,15	2,00
$\beta = \beta_t / B$	0,125	0,25	0,50	0,40	0,50
R_1 / B_t	0,500	5,15	1,48	2,10	9,20
R_2 / B_t	-	1,48	0,70	0,75	1,60
R_3 / B_t	-	-	0,15	0,15	0,15
K_{pg}	1,150	0,75	0,22	0,21	0,20

c) Xác định trị số K - theo công thức chung 3.2, với:

+ $H_{DT} = H_a + h_d$,
 h_d - cột nước áp lực dư tại sàn của lòng dẫn ở mặt cắt cuối đầu trụ.

+ $V_{DT} = V_T$,

V_T - lưu tốc bình quân của dòng chảy ở mặt cắt cuối đầu trụ.



Hình 3.20. Sơ đồ đầu trụ
 R_1, R_2, R_3 - bán kính các cung liên hợp;
 l_0 : Chiều dài đầu trụ
 B_0 : Chiều dày trụ
 B : Bề rộng 1 khoang (nhịp)

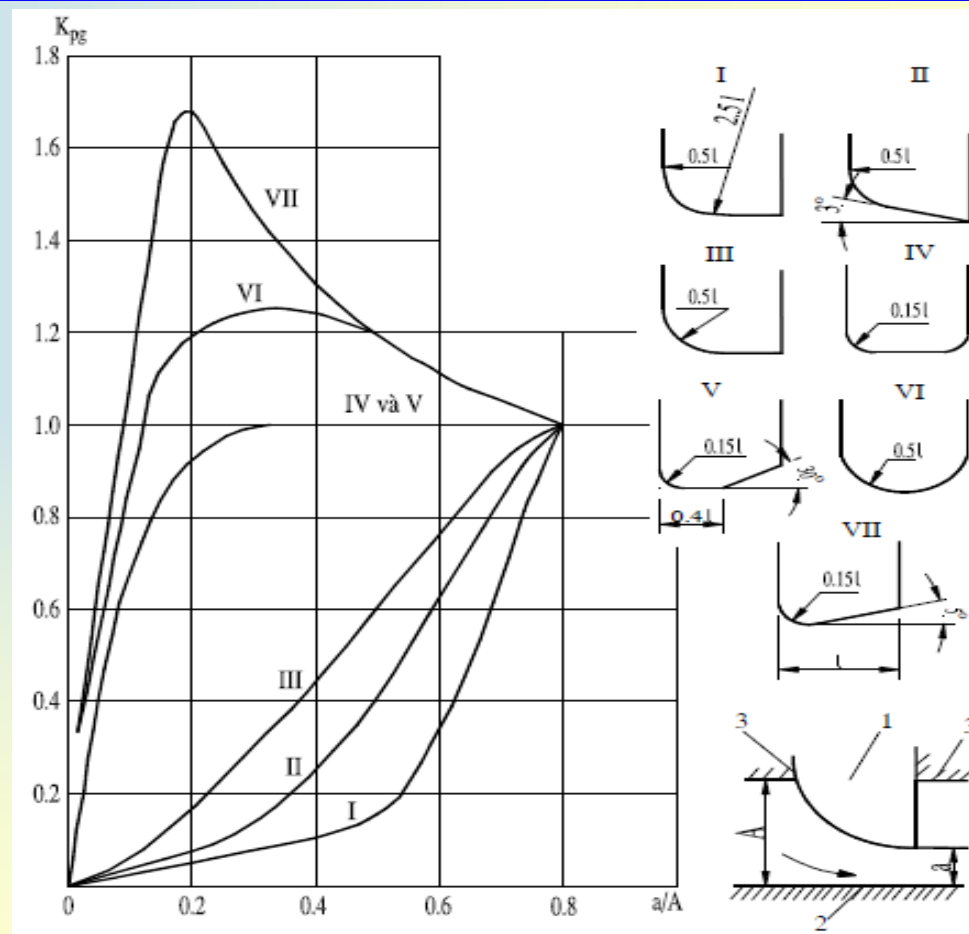
§3-3: KIỂM TRA SỰ XUẤT HIỆN KHÍ HÓA TRÊN CTTN

5) Kiểm tra khí hoá ở khe hở của thiết bị khít nước:

a) Tất cả các cửa van đều có thiết bị khít nước, có thể rò nước tạo khí hoá.

b) Trị số $K_{pg} = f(\text{hình dạng và kích thước của vật khít nước})$, trên hình 3.21.

c) Xác định trị số K theo công 3.2: H_{DT} , V_{DT} lấy tại mặt cắt ra khỏi khe hở.



Hình 3.21. Hệ số khí hoá phân giới của thiết bị khít nước

V. KIỂM TRA KHÍ HOÁ TẠI CÁC MỔ TIÊU NĂNG, MỔ PHÂN DÒNG

- Khi dòng chảy có lưu tốc lớn chảy quanh mố thì thường xuất hiện khí hoá và có thể dẫn đến khí thực.
- Hình dạng, bố trí các mố thường dùng và trị số K_{pg} của chúng trên hình 3.22.
- Khi có nước nhảy ngập bao trùm trên mố, $\sigma = 1,0 \div 1,5$ thì:

$$(K_{pg})_n = K_{pg} - \alpha \cdot (\sigma - 1); \quad (3.27)$$

Với: + $(K_{pg})_n$: Hệ số khí hoá phân giới ứng với độ ngập σ ;

+ K_{pg} : Hệ số khí hoá phân giới ứng với $\sigma = 1$ (xác định theo hình 3.22);



Chương 3: TÍNH TOÁN KHÍ THỰC CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

§3-3: KIỂM TRA SỰ XUẤT HIỆN KHÍ HÓA TRÊN CTTN



+ α : Hệ số: Mố quân cờ vuông: $\alpha = 0,70$;

Mố quân cờ hình thoi: $\alpha = 0,52$;

Mố hình tháp: $\alpha = 0,64$.

- Trị số của hệ số khí hoá thực tế K theo (3.2), trong đó:

+ Cột nước áp lực đặc trưng: $H_{ĐT} = H_a + h$,

(h: chiều dày lớp nước ngập trên mố)

+ Lưu tốc đặc trưng: $V_{ĐT} = V_c$

V_c - là lưu tốc bình quân tại m/c co hẹp ở đầu bể tiêu năng.



I. NGUYÊN TẮC CHUNG

- Không cho phép phát sinh khí hoá ($K > K_{pg}$, công thức 3.6).
- Cho phép phát sinh khí hoá ở giai đoạn đầu ($K > 0,85.K_{pg}$, công thức 3.7), chấp nhận có phát sinh khí hoá, nhưng không để xảy ra khí thực nguy hiểm.
- Việc tính toán kiểm tra cũng theo chế độ làm việc, các vị trí khác nhau (mục 3.3.1).

II. KIỂM TRA THEO LƯU TỐC NGƯỠNG XÂM THỰC

- Điều kiện để không xảy ra khí thực tại một bộ phận là:

$$V_y < V_{ng} , \quad (3.28)$$

Với: + V_y : Lưu tốc cục bộ của dòng chảy tại bộ phận đang xét (mục 3.3.3.2),

+ V_{ng} : Lưu tốc ngưỡng xâm thực của vật liệu thành lòng dẫn;

- Trị số $V_{ng} = f(\text{loại vật liệu, hàm lượng khí có trong nước})$.

Với bê tông trị số V_{ng} xác định theo [đồ thị hình 3.11](#).



III. KIỂM TRA THEO LƯU TỐC CHO PHÉP KHÔNG XÂM THỰC

- Thiết kế sơ bộ, điều kiện để không sinh khí thực:

$$V < V_{cp} \quad (3.29)$$

- Trị số của V_{cp} được suy diễn từ trị số V_{ng} ;

$V_{cp} = f(\text{loại vật liệu, dạng m/c, dạng vật chảy bao, kích thước mấu})$

- Công thức chung V_{cp} :
$$V_{cp} = \frac{\varphi_v \cdot V_{ng}}{\sqrt{\xi_1 \cdot \xi_2}} \quad ; \quad (3.30)$$

V_{ng} theo hình 3.11; φ_v , ξ_1 , ξ_2 xác định theo mục 3.3.3.2.



- Có thể xác định độ gồ ghề cho phép: Từ (3.30) có ξ_1 , tra quan hệ ở hình 3.17, có trị số y/Δ , từ đó:

$$\xi_1 = f(y / \Delta) \quad Z_{cp} = (y/\Delta - 1) \cdot \Delta \quad (3.32)$$

Z_{cp} chính là độ gồ ghề cục bộ cho phép tại mặt cắt đang xét.



I. GIỚI HẠN KHÍ HÓA DÒNG CHẢY Ở GIAI ĐOẠN ĐẦU

- Tăng độ thoải của tường biên công trình để giảm trị số K_{pg} ;
- Tăng kích thước lòng dẫn để giảm lưu tốc làm tăng trị số K .
- Các biện pháp trên dẫn đến tăng vốn đầu tư xây dựng công trình.
- Để tránh tăng kích thước công trình có thể chấp nhận khí hóa ở giai đoạn đầu.
- Để an toàn, lấy trị số của hệ số khí hóa tương ứng với ngưỡng xâm thực:

$$K > K_{pgx} = 0,85.K_{pg}, \quad (3.33)$$



II. LỰA CHỌN VẬT LIỆU THEO ĐỘ BỀN KHÍ THỰC

- Với một đường biên xác định, khả năng xâm thực phụ thuộc vào độ bền của vật liệu. Sự phá hoại bề mặt lòng dẫn xảy ra khi:

+ Có khí hóa đủ mạnh và duy trì trong thời gian đủ dài;

+ $V_{\text{ĐT}} > V_{\text{ng}}$

- Vì vậy chọn vật liệu có độ bền cao tại các vị trí, vẫn có thể phát sinh khí thực.

Ví dụ, bình thường dùng bê tông M20 hoặc M25, nhưng tại nơi có khí hóa thì phải gia cố bằng BT M30, M35..., đổ đồng thời.



Chương 3: TÍNH TOÁN KHÍ THỰC CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

§3-5: CÁC GIẢI PHÁP PHÒNG KHÍ THỰC



- Ở một số công trình, chống khí thực bằng cách bọc thép tấm.
Thành công bị hạn chế do:
 - + Nơi tiếp giáp giữa tấm thép và bê tông có thể có vết nứt là nguồn phát sinh khí hóa;
 - + Mạch động mãnh liệt tại khu vực khí hóa làm đứt các chân cắm, bong rời tấm thép



III. DẪN KHÔNG KHÍ VÀO MIỀN HẠ ÁP

Đây là giải pháp giảm khả năng xâm thực lòng dẫn, tràn Cửa Đập là một điển hình.

1) Các hình thức bộ phận tiếp khí (BPTK)

a) Vị trí đặt BPTK

- Đặt ở đáy lòng dẫn: dạng mũi hắt, bậc thụt để tạo vùng tách dòng để không khí được trộn vào dòng chảy.
- Đặt ở thành bên lòng dẫn: thường làm dạng mũi hắt, hay bậc thụt ở thành bên.



§3-5: CÁC GIẢI PHÁP PHÒNG KHÍ THỰC



c) Hình thức bố trí hệ thống ống dẫn khí

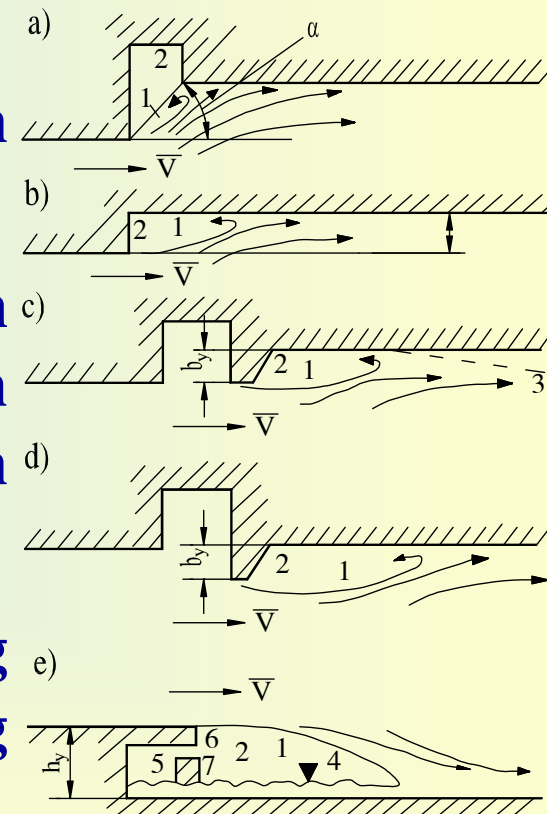
- Không khí vào từ khoảng không ở sau trụ pin, hình 3.24a;
- Ống chôn ở 2 tường bên, hình 3.24b;
- Ống chôn ở 2 tường bên nối thông với máng đặt dưới mũi hắt, hình 3.24c;
- Ống chôn ở 2 tường bên nối thông với máng đặt sau mũi hắt, hình 3.24d;
- Máng thông khí đặt ở tường bên, hình 3.24e;
- Bạc thụt (đột ngọt mở rộng) ở tường bên, hình 3.24f;
- Máng chiết lưu ở tường bên, hình 3.24g.

2) Tiếp khí tại buồng van của cống dưới sâu

Buồng van của cống dưới sâu dễ phát sinh khí hóa. Cần bố trí bộ phận tiếp khí:

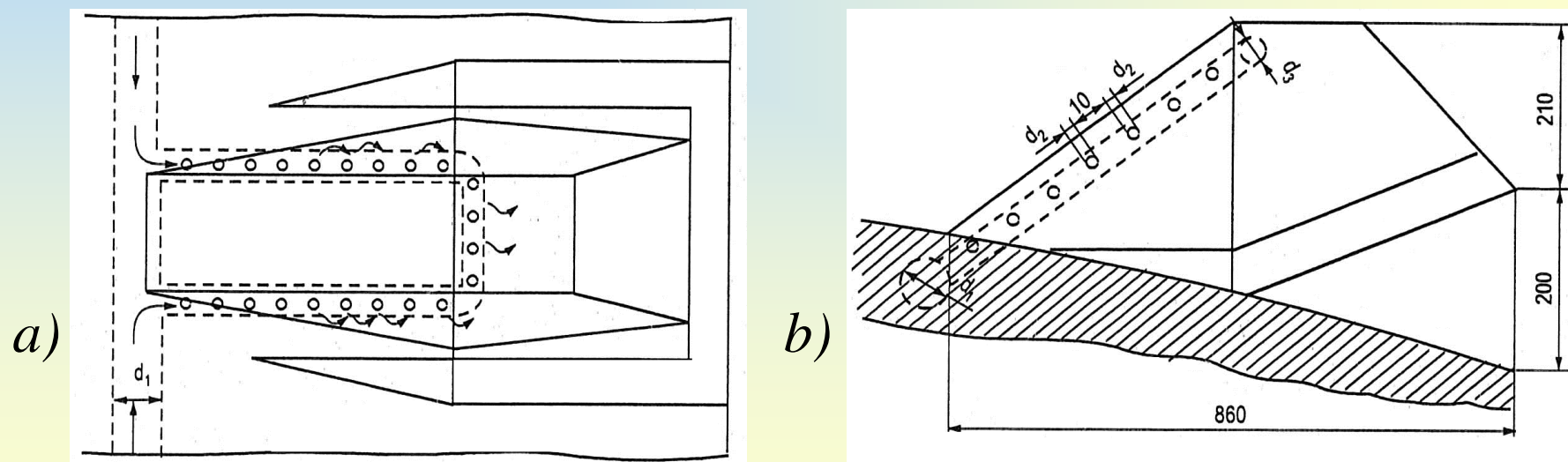
1. Tiếp khí vào khoảng không phía trên dòng chảy thông qua ống dẫn khí chính (giếng thông khí): đơn giản và phổ biến nhất.

2. Tiếp khí vào các vị trí có tách dòng trong buồng van như khe van, bán khe, ngưỡng đáy, bậc thụt (hình 3.27).



3) Tiếp khí tại mố tiêu năng, mố phân dòng

Tiếp khí tự động qua ống dẫn nối từ các lỗ thông ra mái của mố với khí trời:



Hình 3.28. Sơ đồ tiếp khí vào mố phân dòng của đường tràn Travacxaia (Liên Xô).

a) Mặt bằng mố; b) Cắt dọc mặt tràn.

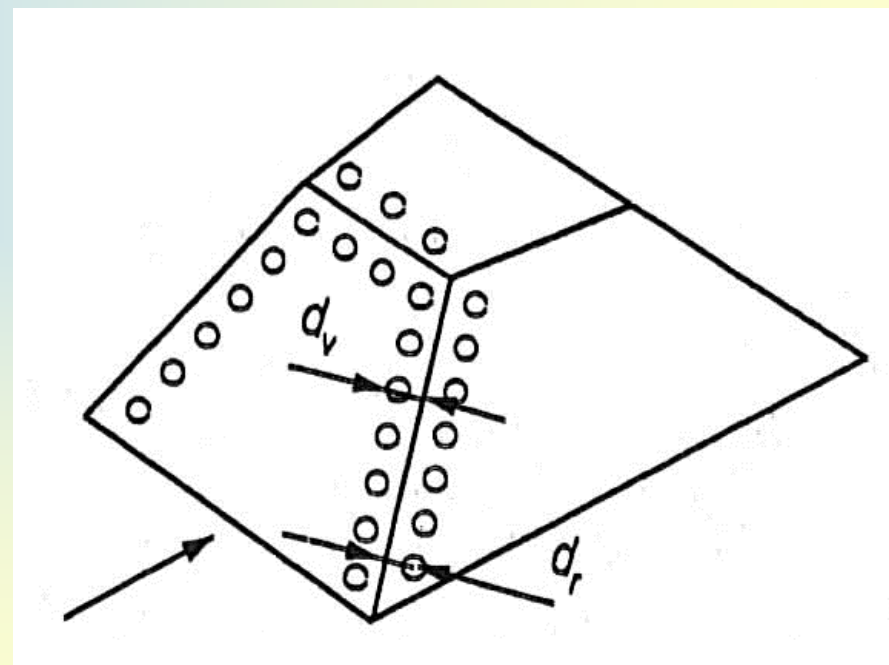
IV. DẪN NƯỚC VÀO VÙNG HẠ ÁP

Việc dẫn nước vào vùng có chân không lớn nhất ở các mô tiêu năng để giảm K_{pg} .

Một ví dụ (H.3.29).

Thí nghiệm với $d_r/d_v = 0,6$.

K_{pg} giảm từ 2,1 còn $0,7 \div 0,8$



Hình 3.29. Sơ đồ mô tiêu năng có
bố trí ống thông nước



V. NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG THI CÔNG

Khi thi công bề mặt lòng dẫn của CTTN, nhất là nơi lưu tốc cao, cần đặc biệt chú ý chất lượng bề mặt công trình, cụ thể như sau:

- *Không cho phép rỗ mặt;*
- *Khống chế các gồ ghề cục bộ: nối cốp pha, các khớp nối, giáp danh 2 loại vật liệu khác nhau;*
- *Loại trừ các gồ ghề cục bộ trên bề mặt: các đỉnh, chốt, các hòn cốt liệu lớn nhô ra, các chỗ lõm cục bộ...*

HẾT CHƯƠNG 3!



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
Bộ môn: THỦY CÔNG



Bài giảng: TÍNH TOÁN THỦY LỰC
CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

Chương 4:
TÍNH TOÁN HÀM KHÍ CỦA DÒNG CHẢY
TRÊN CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



Chương 4: TÍNH TOÁN HÀM KHÍ CỦA DÒNG CHẢY TRÊN CT THÁO NƯỚC



§4-1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN.

§4-2. GIỚI HẠN BẮT ĐẦU HÀM KHÍ.

§4-3. TÍNH TOÁN PHÂN BỐ KHÔNG KHÍ THEO CHIỀU SÂU DÒNG CHẢY.

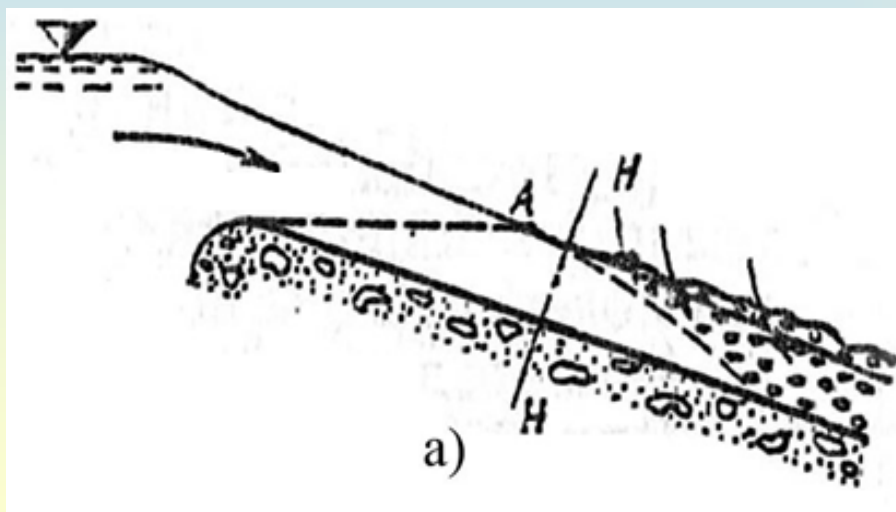
§4-4. TÍNH TOÁN CHIỀU SÂU DÒNG CHẢY HÀM KHÍ.

§4-5. HÀM KHÍ CỦA DÒNG CHẢY TRONG LÒNG DẪN KÍN.

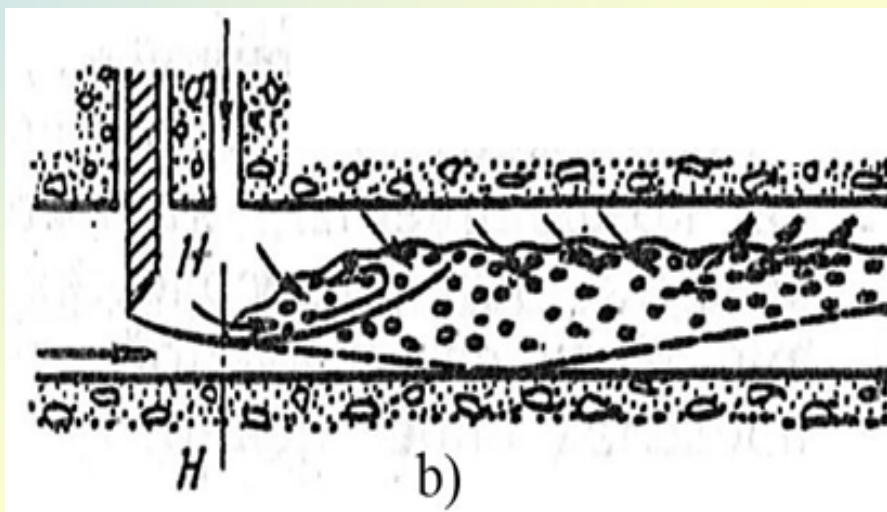
§4-1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

I. KHÁI NIỆM VỀ DÒNG CHẢY CÓ HÀM KHÍ

- Dòng chảy có hàm khí là dòng chảy của hỗn hợp nước và không khí.
- Không khí có thể thâm nhập vào dòng chảy bằng nhiều cách.



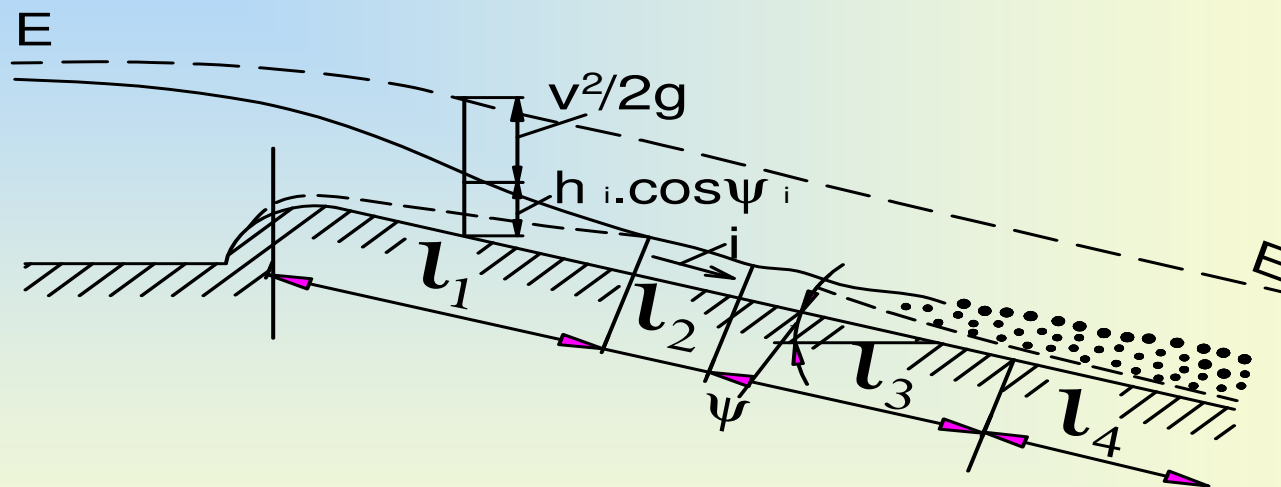
a) Qua mặt thoáng (tự hàm khí)



b) Qua vùng xoáy cuộn của nước nhảy

II. QUÁ TRÌNH TỰ HÀM KHÍ TRÊN MẶT DỐC TRÀN

Dòng chảy qua mặt tràn, dốc nước có thể phân thành các đoạn như sau:



Hình 4.2. Sự thay đổi cấu trúc dòng chảy theo chiều dài dốc nước

1) **Đoạn đầu dài l_1 :** lõi dòng chảy và mặt thoáng không nhiều. Chiều dày lõi giảm dần theo chiều dòng chảy. Chiều sâu dòng chảy càng lớn thì l_1 dài.



§4-1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

II. QUÁ TRÌNH TỰ HÀM KHÍ TRÊN MẶT DỐC TRÀN

2) **Đoạn đầu tạo sóng l_2 :** trên mặt thoáng hình thành các sóng dạng vảy, biên độ sóng tăng dần theo chiều dòng chảy.

3) **Đoạn chuyển động không đều của dòng hàm khí l_3 :** bắt đầu có không khí xâm nhập. Quá trình trộn khí tăng theo chiều dòng chảy.

4) **Đoạn chuyển động đều của dòng hàm khí l_4 :** mức độ hàm khí, cấu trúc của dòng chảy đạt ổn định.

Sự hàm khí ở sát thành bên được bắt đầu sớm hơn so với ở giữa lòng dẫn.



§4-1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

III. CƠ CHẾ TỰ HÀM KHÍ

- Điều kiện phát sinh tự hàm khí: Lớp biên rời lộ ra mặt thoáng và sức căng mặt nước bị phá vỡ.

- Có 2 cơ chế cuốn không khí:

1) Cơ chế lấp đầy khoảng trống: Khi dòng chảy có V lớn, làm bắn ra các giọt nước, tạo khoảng trống, không khí lập tức ulla vào choán chỗ, mặt nước sẽ được kéo liền lại và bọc không khí bị dòng chảy cuốn theo (hình a).

2) Cơ chế vỡ sóng: Trên mặt thoáng tạo thành các sóng, phần đầu sóng bị biến dạng, bị vỡ và cuốn theo một phần không khí vào dòng chảy (hình b).

§4-1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

IV. CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG DÒNG CHẢY HÀM KHÍ

1) Hệ số hàm khí (S): là tỉ số giữa thể tích không khí dW_a so với thể tích của hỗn hợp nước-khí dW_c trong một phân tố.

$$S = \frac{dW_a}{dW_c} = \frac{dW_a}{dW_a + dW_N} \quad (4.1)$$

dW_N - phần thể tích nước trong phân tố đang xét.

2) Hệ số chứa nước (S_N):

$$S_N = \frac{dW_N}{dW_c} = \frac{dW_N}{dW_a + dW_N} \quad (4.2)$$

Khi $S = 0$ thì $S_N = 1$: trong thể tích phân tố chỉ có nước.

Khi $S = 1$ thì $S_N = 0$: trong thể tích phân tố chỉ có không khí.

§4-1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

IV. CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG DÒNG CHẢY HÀM KHÍ

3) Tỷ lệ hàm khí: là tỷ số giữa thể tích không khí dW_a và thể tích nước dW_N trong một thể tích phân tố.

$$\beta_a = \frac{dW_a}{dW_N} \quad (4.3)$$

➤ S , S_N , β_a : Là các đặc trưng cục bộ ở từng điểm, trị số thay đổi từ điểm này đến điểm khác. Khi cần biểu thị giá trị các đại lượng trên trong một phạm vi, sử dụng các giá trị trung bình.

- Hệ số hàm khí trung bình trên một mặt cắt ướt chảy phẳng:

$$\bar{S} = \frac{W_a}{W_a + W_N} = \frac{1}{h} \int_0^h S dy \quad (4.4)$$

(h - chiều sâu dòng chảy; y - khoảng cách từ điểm xét đến đáy).



§4-1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

IV. CÁC THÔNG SỐ ĐẶC TRƯNG DÒNG CHẢY HÀM KHÍ

- Hệ số hàm khí trung bình ở lớp dòng chảy sát đáy có chiều dày bằng h_p là:

$$\bar{S}_p = \frac{1}{h_p} \int_0^{h_p} S dy \quad (4.5)$$

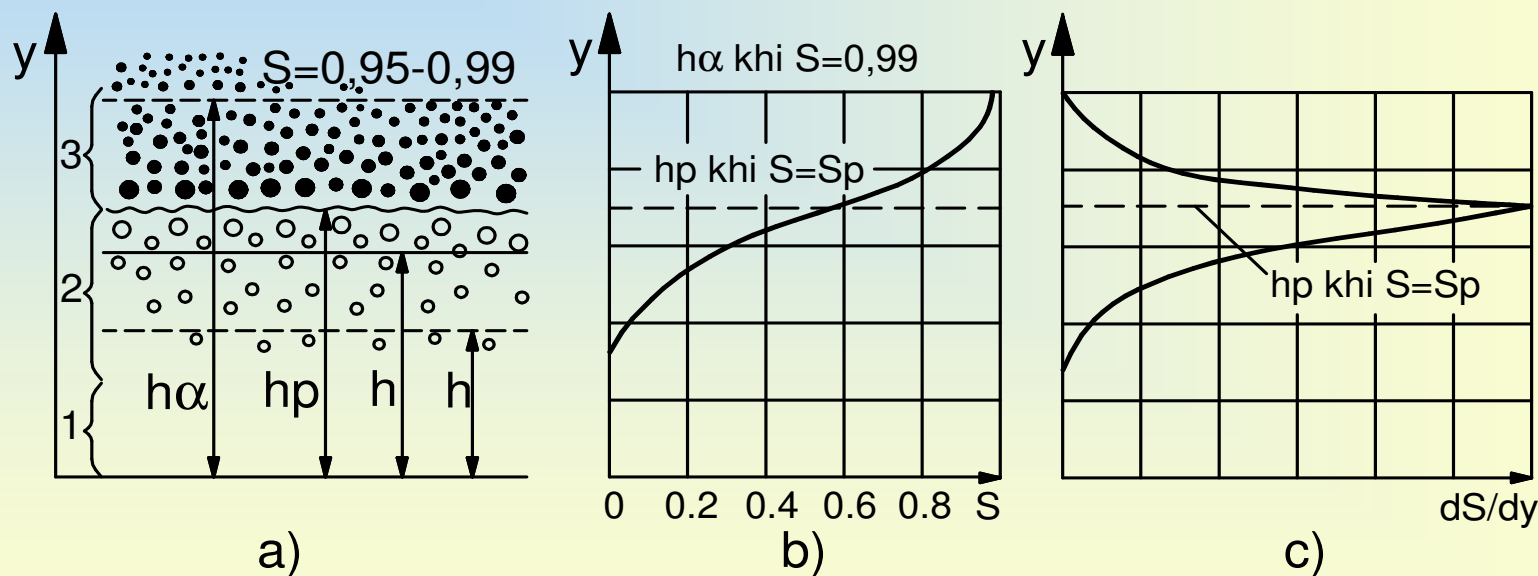
- Quan hệ các đặc trưng:

$$\begin{aligned} \bar{S} + \bar{S}_N &= 1; \quad \bar{S} / \bar{S}_N = \bar{\beta}_a; \quad \bar{S}_N = 1 / (1 + \bar{\beta}_a); \\ \bar{S} &= \bar{\beta}_a / (1 + \bar{\beta}_a); \quad \bar{\beta}_a = \bar{S} / (1 - \bar{S}) \end{aligned}$$

§4-1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

V. KẾT CẤU CỦA DÒNG CHẢY CÓ HÀM KHÍ

- Các bọt khí trong nước có xu hướng nổi lên trên. Độ tập trung khí ở các lớp dòng chảy tăng dần từ đáy lên mặt:



Hình 4.4. Sơ đồ dòng chảy không áp có hàm khí.

a) Phân bố bọt khí trong các lớp dòng chảy;

b, c) Đặc trưng phân bố S theo chiều sâu.



§4-1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

V. KẾT CẤU CỦA DÒNG CHẢY CÓ HÀM KHÍ

- Theo chiều sâu dòng chảy, người ta phân biệt các vùng như sau:

- 1) **Vùng nước:** ở gần đáy, không có hàm khí.
- 2) **Vùng nước-khí:** nước chứa các bọt khí .
- 3) **Vùng khí-nước:** không khí có chứa các hạt nước.

- Dòng chảy hàm khí là môi trường 2 lớp. Danh giới 2 miền nước-khí và khí-nước là $y = h_p$ với $S = 0,5 \div 0,85$ và gradien (dS/dy) đạt cực đại (hình 4.4. b, c).

- Không xác định rõ ràng chiều sâu (biên trên) dòng chảy hàm khí. Biên trên là một đại lượng thống kê, phụ thuộc vào mức độ tập trung khí, $S = 0,90; 0,95; 0,99$ (hình b).



§4-2: GIỚI HẠN BẮT ĐẦU HÀM KHÍ

I. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN HÀM KHÍ

- Sự phát triển của lớp biên rồi chạm đến mặt thoáng.
- Lưu tốc dòng chảy: Tạo khả năng phá vỡ các sóng nhỏ trên mặt thoáng.
- Mạch động lưu tốc: Làm bắn các giọt nước qua mặt thoáng.
- Trọng lực: Tác động lên bọt khí trong nước và lên giọt nước bị bắn vào không khí.
- Lực căng mặt ngoài của nước: Ngăn cản sự phá vỡ mặt thoáng.
- Độ thô thủy lực của bọt khí: Tốc độ nổi lên của bọt khí trong nước tĩnh.

§4-2: GIỚI HẠN BẮT ĐẦU HÀM KHÍ

II. XÁC ĐỊNH GIỚI HẠN BẮT ĐẦU HÀM KHÍ

* Các yếu tố quyết định quan trọng nhất là:

- Chiều sâu dòng chảy h , bán kính thủy lực R : Liên quan đến việc mở rộng lớp biên rồi đến mặt thoáng;
- Vận tốc dòng chảy V : Ảnh hưởng đến việc làm bắn các giọt nước và phá vỡ các sóng mặt thoáng;

* Thực tế dùng số Frut để xác định giới hạn bắt đầu hàm khí:

Dòng chảy tự hàm khí khi: $Fr_R > Fr_k$, (4.6)

$Fr_R = V^2/gR$ - số Frut của dòng chảy đang xét;

Fr_k - số Frut phân giới bắt đầu hàm khí.



§4-2: GIỚI HẠN BẮT ĐẦU HÀM KHÍ

II. XÁC ĐỊNH GIỚI HẠN BẮT ĐẦU HÀM KHÍ

* Trị số của Fr_k được xác định thông qua nghiên cứu lý luận và thực nghiệm:

1) Theo N.B.Ixatrencô: $Fr_k = 45.(1 - \Delta / R)^{1/4}$ (4.7)

R- bán kính thủy lực của dòng chảy không hàm khí;

Δ - độ nhám tuyệt đối của bề mặt lòng dẫn, trong tính toán thủy lực lấy bằng trị số độ nhám tương đương (Δ_{td}).

2) Theo T.G.Voinhit – Xianôjenxki:

$$Fr_k = (0,38 \cos \psi) / \lambda$$
 (4.8)

ψ - góc nghiêng đáy lòng dẫn; λ - hệ số ma sát bề mặt lòng dẫn.

I. ĐỘ TẬP TRUNG KHÍ TRONG VÙNG KHÍ-NƯỚC (S)

- Phía trên mặt phân chia, hệ số hàm khí (S) phụ thuộc vào tần số và chiều cao bắn các hạt nước vào không khí.
- Chiều cao bắn các hạt nước được ký hiệu là $y^* = 0 \div y^*_{\max}$.
- y^* theo quy luật chuẩn về phân bố mật độ tần suất và có thể biểu diễn bằng:

$$f(y^*) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^*}{\sigma}\right)^2\right] \quad (4.9)$$

$y^ = y - h_p$; σ : trị số quân phương độ lệch chiều cao mà các hạt nước bắn lên, tính đến mặt phân chia.*

- Mặt xét càng cao, số hạt nước xuyên qua càng ít, độ tập trung khí (S) càng cao. Khi $y^* = 0$, $f(y^*)$ đạt max, S_N max và S min.



I. ĐỘ TẬP TRUNG KHÍ TRONG VÙNG KHÍ-NƯỚC (S)

- Phương trình xác định độ tập trung khí (S) ở miền khí-nước, tại độ cao y^* bất kỳ tính từ mặt phân chia khí biết S_p (S ở h_p) và trị số quân phương độ lệch chiều cao σ :

$$\frac{1-S}{2(1-S_p)} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{y^*}^{\infty} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^*}{\sigma}\right)^2\right] \cdot dy^* \quad \underline{(4.11)}$$

Lấy $S_p = 0,5$;

Khi lòng dẫn có độ dốc lớn, $S_p > 0,5$.



II. ĐỘ TẬP TRUNG KHÍ TRONG VÙNG NƯỚC-KHÍ (S)

- Các bọt khí có xu hướng nổi lên và mạch dòng lưu tốc không đều, độ tập trung khí S thay đổi theo chiều sâu.
- V.P. Troitski đề nghị công thức thực nghiệm để tính phân bố độ tập trung khí theo chiều sâu dòng chảy trong miền nước-khí:

$$S = S_p \cdot \exp \left[-K_p \left(1 - y / h_p \right) \right] \quad (4.20)$$

K_p - là hệ số (theo bảng);

S_p - độ tập trung khí ở mặt phân chia; gần đúng lấy bằng 0,5.



III. TÍNH TOÁN S TRONG DÒNG CHẢY TỰ HÀM KHÍ

*** Trình tự tính toán hàm khí trong lòng dẫn hở như sau:**

- 1) *Vẽ đường mặt nước khi chưa kể hàm khí.*
- 2) *Xác định mặt cắt bắt đầu hàm khí ($Fr_R > Fr_k$) theo công thức (4.7) hoặc (4.8).*
- 3) *Đối với các mặt cắt phía sau mặt cắt bắt đầu hàm khí, tiến hành tính toán S và h_p (tương ứng với mức độ tập trung khí S trên mặt đã định) theo các công thức (4.11) cho vùng khí-nước và cho vùng nước-khí (4.20).*

* Các công thức nghiên cứu thực nghiệm gần đúng:

I. CÔNG THỨC STRAUP – ANDERSON

$$\bar{\beta}_a = 0,12\sqrt{Fr - 25}; \quad Fr = V^2 / gh \quad (4.27)$$

$$\bar{\beta}_a = \frac{W_a}{W_N}$$

$W_c = B.h_{hk}$ - tổng thể tích;

W_a - thể tích không khí;

$W_N = B.h$ - thể tích nước.

$$1 + \bar{\beta}_a = \frac{W_a + W_N}{W_N} = \frac{W_c}{W_N}$$

Chiều sâu dòng chảy có hàm khí:

$$h_{hk} = h(1 + \bar{\beta}_a) \quad (4.29)$$



* Các công thức nghiên cứu thực nghiệm gần đúng:

II. THEO QUY PHẠM THIẾT KẾ TRÀN XẢ LŨ SDJ 341-89

$$h_{hk} = h \left(1 + \frac{\alpha_v \cdot V}{100} \right) \quad (4.30)$$

V - lưu tốc trung bình mặt cắt khi không xét hàm khí (m/s);

$\alpha_v = 1 \div 1,4$ - hệ số hiệu chỉnh (s/m);

(nếu $V > 20\text{m/s}$ thì α_v lấy thiên về trị số lớn).



I. CH. ĐỘNG CỦA NƯỚC, KHÍ TRONG LÒNG DẪN KÍN

- Tùy thuộc vào chiều dài (L), độ dốc đáy (i), điều kiện dòng chảy ở cửa vào và cửa ra, vị trí đặt cửa van mà chế độ dòng chảy trong các lòng dẫn kín có thể:

- 1) *Có áp.*
- 2) *Không áp, chảy êm.*
- 3) *Không áp, chảy xiết.*
- 4) *Không áp, có chuyển tiếp từ chảy xiết sang chảy êm.*
- 5) *Bán áp với sự chuyển tiếp từ không áp sang có áp.*

- Với mọi chế độ chảy cần phải tính toán khả năng hàm khí và thoát khí, chuyển động của không khí ở khoảng trống phía trên dòng nước.



II. SỰ ĐẢM BẢO CHUYỂN ĐỘNG KHÔNG ÁP ỔN ĐỊNH TRONG LÒNG DẪN KÍN

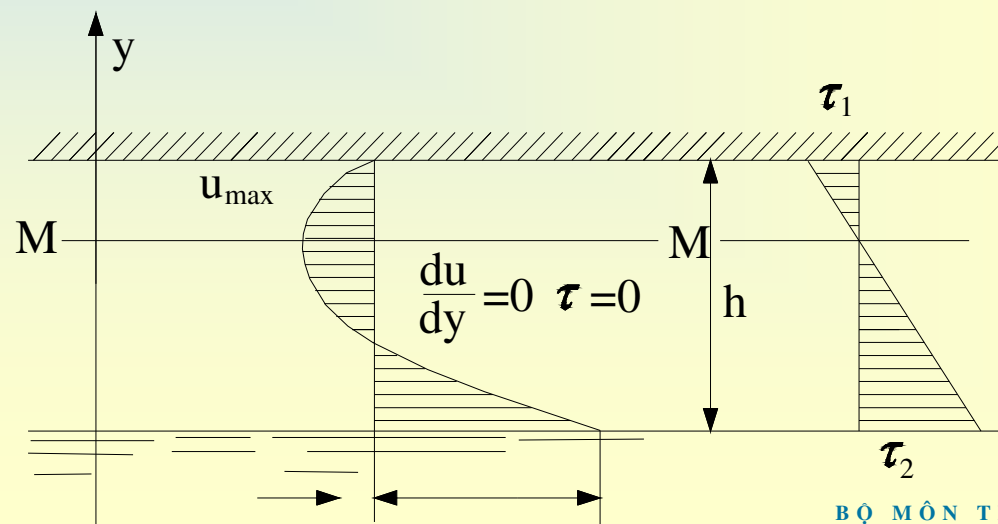
Để giữ được chuyển động không áp ổn định trong lòng dẫn kín:

- Khi chảy êm: Chiều cao lưu không cần khống chế không nhỏ hơn $0,15h_N$ (h_N - chiều sâu nước).**
- Khi chảy xiết: Chiều cao lưu không phụ thuộc vào chiều dài đường dẫn (L), bề rộng mặt nước (b), số Frut $Fr = V^2/gR$, sự có mặt của ống thông khí với khả năng thông khí là: $Q_a = \mu \cdot \omega_{ak}$. (μ - hệ số lưu lượng; ω_{ak} - diện tích m/c cửa ra ống thông khí).**

III. TÍNH TOÁN THÔNG KHÍ KHOẢNG KHÔNG TRÊN DÒNG CHẢY ĐỀU

- Mục đích là xác định lưu lượng không khí (Q_a) đưa vào và mặt cắt đường dẫn khí.
- Các biểu thức tính toán với dòng rối phẳng của nước và không khí trong khoảng lưu không trên mặt thoáng.

Sự phân chia dòng không khí trong đường dẫn kín thành các miền ảnh hưởng của ma sát thành cứng và trên mặt thoáng và biểu đồ ứng suất tiếp.
M – M: mặt có lưu tốc lớn nhất





IV. TÍNH TOÁN THÔNG KHÍ KHI DÒNG HÀM KHÍ KHÔNG ĐỀU

Tính toán thông khí đường hầm khi chảy không đều cần xác định lưu lượng không khí Q_{ak} và diện tích mặt cắt ống thông khí từ việc chọn lưu tốc V_{ak} ở cửa ra.

- Lưu lượng không khí cuốn vào nước do tự hàm khí theo

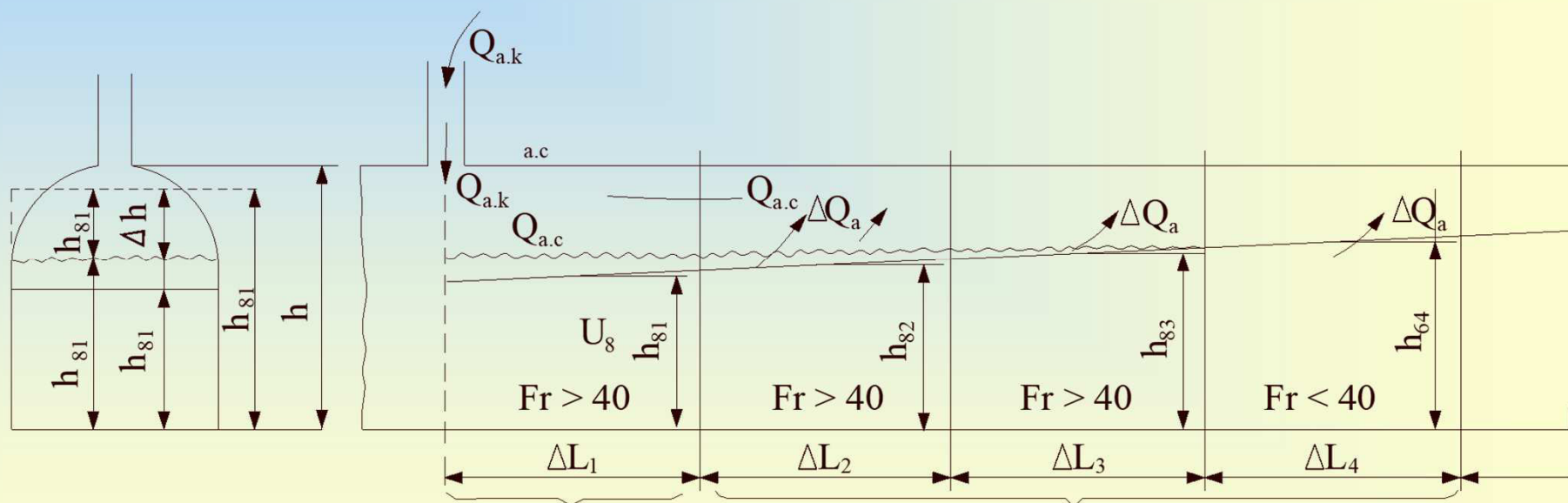
N.B.Ixatrencô: $Q_{ac} = (\beta \sqrt{Fr_R} - 40) Q;$ (4.39)

$\beta=0,04$, Q : lưu lượng nước. Với miền nước-khí, khí chiếm khoảng 20%, nên lấy $\beta=0,008$.

- Do tự hàm khí, chiều sâu dòng nước tăng lên một lượng:

$\Delta h = Q_{ac} / (V \cdot b);$ V : lưu tốc của dòng hỗn hợp nước-khí;
 b : chiều rộng lòng dẫn.

- Khi cho trước các thông số của đường hầm, lưu lượng nước Q , vẽ đường mặt nước trong đường hầm và tính chân không ở các đoạn và ở mặt cắt đầu đường hầm (hình 4.12).



Hình 4.12: Tính toán thông khí đường hầm chảy không đều



** Các bước tính toán:*

- B_1 : Vẽ đường mực nước trong đường hầm,
- B_2 : Kiểm tra xem có cần thông khí hay không,
- B_3 : Tính các đặc trưng của từng đoạn,
- B_4 : Lập quan $F(Q_{ak}, V_{ak})$ và $F(Q_{ak}, \omega_{ak})$,
- B_5 : Xác định lưu lượng (Q_{ak}) và diện tích (ω_{ak}) theo trị số lưu tốc V_{ak} đã cho.

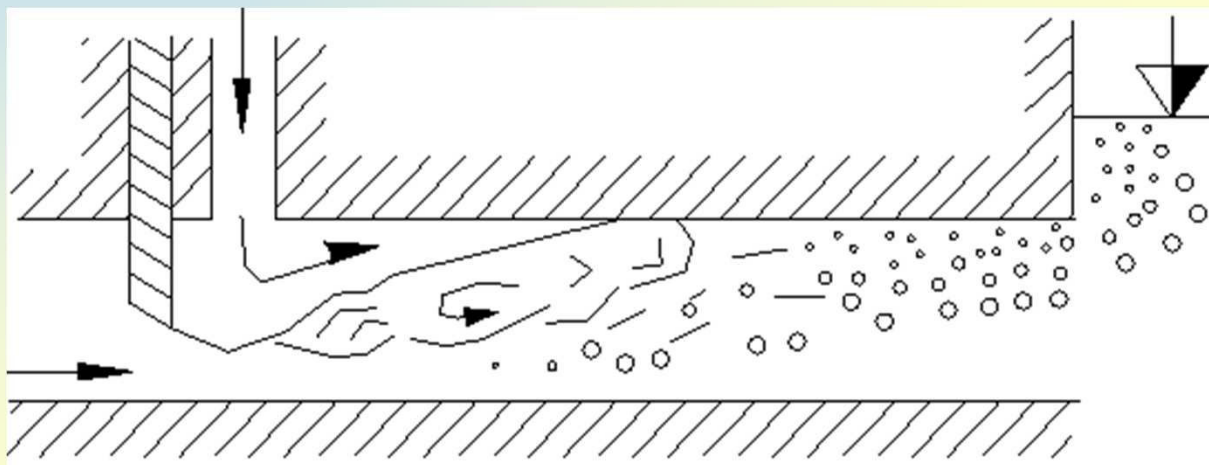
V. LƯU LƯỢNG KH. KHÍ DO NƯỚC NHẢY CUỐN VÀO

- Công thức Calinxke và Roberson tính lưu lượng không khí do nước nhảy cuốn vào đường dẫn kín chảy có áp sau nước nhảy:

$$\beta_x = \psi \cdot (\sqrt{Fr} - 1)^n \quad (4.40)$$

Fr: trước nước nhảy.
Dùng khi $Fr < 2000$;
 $b/B = 3,5 \div 1,0$;
độ dốc $i < 30\%$.

Khi số mũ $n = 1,4$ thì
hệ số $\psi = 0,002 \div 0,04$
(xem hình 4.13).



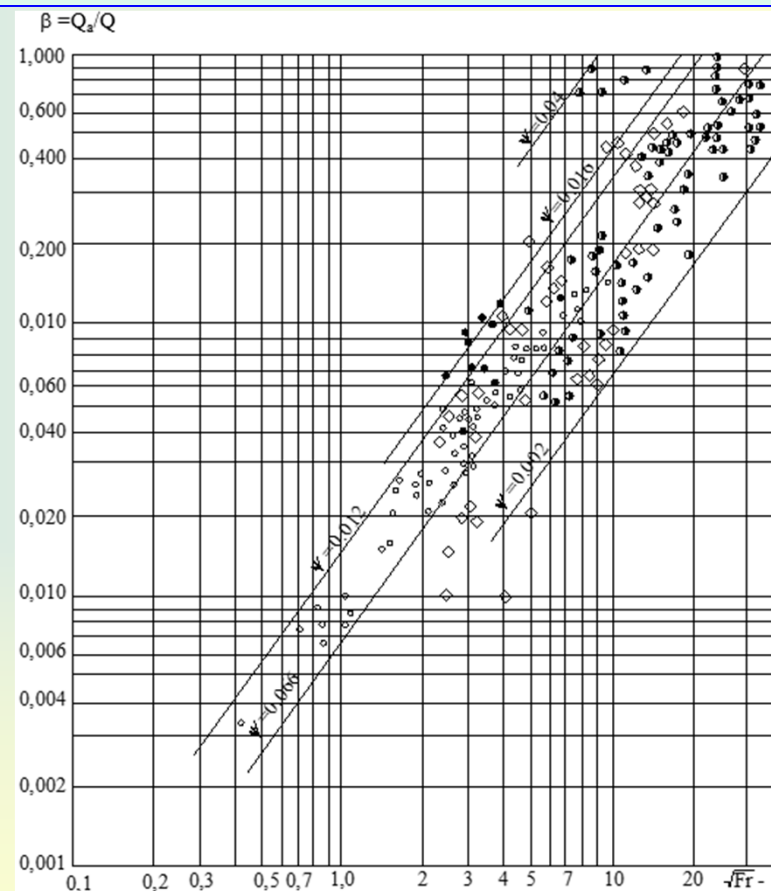
*Đường dẫn kín chảy có áp
sau nước nhảy*

$$\beta_x = Q_{ax} / Q$$

- Các trị số $\psi \geq 0,012$ nhận được ở một số không lớn các thí nghiệm, điều này cho phép trong (4.40) lấy $\psi=0,012$ từ đó:

$$\beta_x = Q_{ax} / Q = 0,012 \cdot (\sqrt{Fr} - 1)^{1,4} \quad (4.41)$$

- Nếu sau nước nhảy, dòng chảy có áp thì lưu lượng không khí sẽ giảm đột ngột do khoảng lưu không bị bịt kín.



Hình 4.13: Số liệu thí nghiệm về sự lôi cuốn không khí do nước nhảy trong đường dẫn kín



VI. LƯU LƯỢNG KHÔNG KHÍ BỊ CUỐN VÀO DO DÒNG CHẢY SAU NGƯỠNG VÀ BẬC THỤT Ở BUỒNG VAN

Trong buồng van, có ngưỡng ở đáy và bậc thụt ở thành bên để nước cuốn không khí vào, với lưu lượng:

$$Q_{ab} = \beta_b b d V (l / d) \quad (4.42)$$

Q_{ab} - lưu lượng không khí bị cuốn vào sau bậc;

β_b - hệ số thực nghiệm, thường lấy, $\beta_b = 0,1$;

b - chiều dài ngưỡng hay bậc thụt theo hướng ngang dòng chảy;

d - chiều cao ngưỡng hay bậc thụt;

V - lưu tốc bình quân ở mặt cắt có bậc thụt;

l - chiều dài đoạn tách dòng chảy khỏi tường cứng.



- Vị trí nước nhảy (hình 4.16) phụ thuộc vào Z_h , Q_a .
- P.trình động lượng cho đoạn giữa m/c 1-1 (m/c co hẹp) và m/c 2-2 (sau nước nhảy):

$$\rho \frac{Q(Q + Q_{ax})}{\omega_2} - \rho Q \frac{Q}{\omega_1} = \rho g \frac{\omega_1 \varepsilon a}{2} - \rho g \omega_2 \left(e + \frac{h}{2} \right) - \rho g h_{ck} \omega_2 \quad (4.44)$$

ρQ - khối lượng nước trong 1 giây (bỏ qua khối lượng không khí);

Q/ω_1 ; $(Q+Q_{ax})/\omega_2$ - lưu tốc chảy ở các mặt cắt 1 – 1 và 2 – 2;

Q_{ax} - lưu lượng không khí do nước nhảy cuốn vào;

e - chiều cao đo áp ở mặt cắt 2 – 2 tính đến trần đường dẫn;

h_{ck} - chân không ở khoảng trống sau van, tạo nên áp lực ngược với chiều d.chảy.

- Đối với đường dẫn mặt cắt chữ nhật $\omega_1 = \varepsilon.ab$; $\omega_2 = bh$, giải phương trình ra e :

$$e = \frac{(\varepsilon a)^2}{2h} - \frac{h}{2} - h_{ck} + \frac{Q}{gbh} \left(\frac{Q}{\varepsilon ab} - \frac{Q + Q_{ax}}{bh} \right) \quad (4.44a)$$

- Phương trình Bernoulli cho 2 – 2 và 3 – 3 ở cửa ra :

$$e = h_p + h_w - il \quad (4.45)$$

- h_p - độ vượt cao của mực nước ở mặt cắt ra so với trần đường dẫn;
- h_w - tổn thất cột nước trong đoạn 2 – 2 và 3 – 3;
- il - cột nước địa hình.

- Từ (4.44.a) và (4.45) ta có:

$$h_p = \frac{(\varepsilon a)^2}{2h} - \frac{h}{2} - h_{ck} + \frac{Q}{gbh} \left(\frac{Q}{\varepsilon ab} - \frac{Q + Q_{ax}}{bh} \right) - h_w + il \quad (4.46)$$

$$Q = \mu \varepsilon a b \sqrt{2g(T_0 - \varepsilon a + h_{ck})} \quad (4.47)$$

εa - chiều sâu ở mặt cắt co hẹp;

a - độ mở van;

T_0 - cột nước mặt cắt trước van tính từ đáy;

Q_{ax} - xác định theo (4.41): $\beta_x = Q_{ax} / Q = 0,012 \cdot (\sqrt{Fr} - 1)^{1,4}$

- Tổn thất cột nước trên đoạn 2 – 3 bằng:

$$h_{CMW} = \lambda \frac{1}{4R} \frac{(Q + Q_{ax})^2}{2g(bh)^2}$$

Với chiều sâu h_p xác định theo (4.46) ta định được vị trí mặt thoáng ở mặt cắt ra 3-3.

Hết chương 4!



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
Bộ môn: THỦY CÔNG



Bài giảng: TÍNH TOÁN THỦY LỰC
CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

Chương 5:
TÍNH TOÁN ĐIỀU KHIỂN DÒNG XIẾT
TRÊN CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



Chương 5: TÍNH TOÁN ĐIỀU KHIỂN DÒNG XIẾT TRÊN CT THÁO NƯỚC



§5-1. KHÁI NIỆM CHUNG.

§5-2. TÍNH TOÁN KẾT CẤU ĐKDX BẰNG TƯỜNG BIÊN.

§5-3. CƠ SỞ TÍNH TOÁN CÁC KẾT CẤU CÓ ĐÁY CONG 2 CHIỀU.

§5-4. TÍNH TOÁN THỦY LỰC CÁC KẾT CẤU CÓ ĐÁY CONG 2 CHIỀU.



§5-1: KHÁI NIỆM CHUNG

I. CÁC ĐẶC ĐIỂM DÒNG XIẾT

- Trong dòng chảy có thể phát sinh các nhiễu động lan truyền trong chất lỏng với một tốc độ C nào đó. Nhiễu lan truyền phụ thuộc vào tỉ số V/C :

+ $V/C < 1$, nhiễu lan tỏa về mọi phía; phía ngược chiều có tốc độ lan truyền là $(C-V)$ nhỏ nhất.

+ $V/C = 1$ thì nhiễu không thể truyền vượt quá đường đi qua điểm nguồn và vuông góc với chiều dòng chảy (hình 5.1c).

+ $V/C > 1$ thì nhiễu động nói chung không thể vượt quá đường đi qua nguồn nhiễu và tạo với chiều dòng chảy một góc $\alpha = \arcsin(C/V)$. Đường thẳng đó gọi là đường nhiễu.



§5-1: KHÁI NIỆM CHUNG

- Với chất lỏng chuyển động, đặc trưng phân bố lưu tốc trong dòng chảy có ảnh hưởng đến trị số của C:

+ Trong lòng dẫn có độ dốc lớn: $C = \sqrt{gh \cos \psi}$ (5.2)

(ψ là góc nghiêng của mặt tự do so với phương ngang).

+ Từ (5.1) ta có: $Fr = V^2/gh = V^2/C^2$ (5.3)

+ $V/C > 1$ ($Fr > 1$): dòng xiết; $V/C < 1$ ($Fr < 1$): dòng êm, $V/C = 1$: dòng phân giới.

- Sự làm lệch hướng dòng chảy sẽ tạo thành sóng xiên và nước nhảy, dẫn đến các thông số của dòng chảy bị biến đổi.

- Sự thay đổi các thông số của dòng xiết càng nhiều khi góc lệch hướng của tường càng lớn và đặc biệt khi Fr lớn.



§5-1: KHÁI NIỆM CHUNG

II. NHIỆM VỤ CỦA ĐIỀU KHIỂN DÒNG XIẾT (ĐKDX)

- **Nhiệm vụ của ĐKDX là tìm các biện pháp công trình để tạo cho dòng xiết có hình dạng hợp lý, loại bỏ hoặc hạn chế các điều kiện thủy lực bất lợi .**
- **Trong tính toán ĐKDX thường gặp 2 loại bài toán:**
 - + **Bài toán thuận: xác định các thông số của dòng chảy trong lòng dẫn đã cho.**
 - + **Bài toán nghịch: tìm các thông số của lòng dẫn khi đã có các thông số của dòng chảy.**



§5-1: KHÁI NIỆM CHUNG

III. PHÂN LOẠI CÁC KẾT CẤU ĐỂ ĐKDX

1) Phân loại theo biện pháp công trình:

- ĐKDX bằng tường bên khi đáy lòng dẫn là phẳng.
- ĐKDX bằng đáy cong khi các tường bên không đóng vai trò chủ động trong điều khiển.
- ĐKDX bằng đáy và tường bên cong.
- ĐKDX bằng bề mặt có đặt nhám nhân tạo hay vật cản cục bộ.

2) Phân loại theo dạng bề mặt đáy.

- Đáy phẳng: + Tường bên cong; + Tường bên gãy khúc.
- Đáy cong: + Đáy hình trụ; + Đáy cong 2 chiều.



§5-1: KHÁI NIỆM CHUNG

3) Phân loại theo kết cấu ĐKDX:

- a) Đường xoắn:* Dùng để quay dòng chảy đi một góc đã cho trên mặt bằng.
- b) Mũi phun phát tán:* Phóng dòng chảy ra xa chân công trình, làm biến dạng nó để tiêu hao năng lượng thừa.
- c) Mũi phun xoắn:* Phóng dòng chảy về một bên của trục đường tháo cho phù hợp với vị trí lòng dẫn hạ lưu.
- d) Các đoạn chuyển tiếp:* Để nối tiếp các phần của dốc nước.



I. TÍNH TOÁN SÓNG XIÊN

1) Sự hình thành sóng xiên trong dòng xiết:

- Xét chuyển động của một dòng xiết dọc một tường biên có làm thay đổi hướng chảy.
- Tường bẻ ngoặt một góc nhỏ $\Delta\theta$ tại điểm A, tạo nên một con sóng có chiều cao nhỏ ở dạng nhiễu (hình 5.7a,b).
- Sau một khoảng thời gian (t) một phần tử chất lỏng dịch chuyển từ điểm nguồn nhiễu dọc theo tường được một khoảng (V.t), sóng nhiễu (hình 5.1) lan truyền được một khoảng cách là (C.t) tính từ tường, còn đường nhiễu lập với tường một góc α .

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{1}{\sqrt{Fr}}\right) \quad (5.4)$$

- Như vậy có thể phân biệt các dạng sóng sau:

+ **Sóng xiên thoải:** Khi tường rẽ ra hay ngoặt vào mà dòng chảy sau tường đổi hướng từ từ (hình 5.7c, d, g).

+ **Sóng xiên dốc:** Khi tường rẽ gấp vào trong (hình 5.7e) dòng chảy có chiều sâu thay đổi đột ngột, nếu vượt qua độ sâu phân giới h_k (khi góc ngoặt θ lớn) sẽ có nước nhảy xiên.

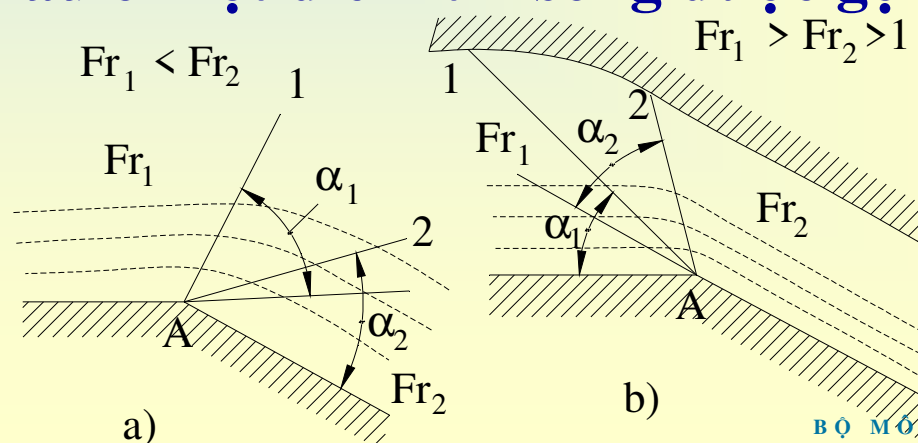
- Nếu các đường nhiều cắt nhau ở một điểm thì sóng được gọi là sóng đơn trung tâm.

Hình 5.8: Hai dạng sóng đơn trung tâm

a) Khi dòng chảy mở rộng;

b) Khi dòng chảy thu hẹp;

1 – A – 2: sóng đơn trung tâm





2) Biểu thức tính toán:

a) *Sóng xiên thoải*: Từ công thức: $H_0 = h + \frac{V^2}{2g} = \text{Const}$

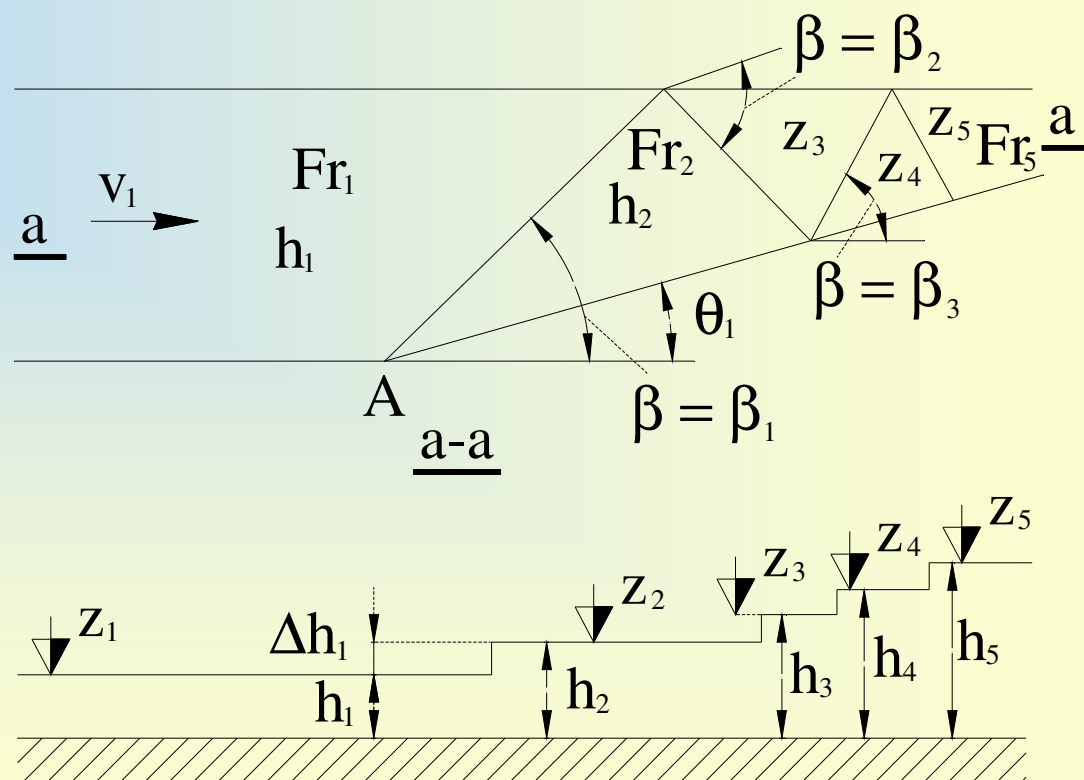
thiết lập quan hệ giữa các thông số chảy trước và sau sóng thoải hay đường nhiều là:

$$\left. \begin{aligned} H_0 &= h \left(\frac{Fr}{2} + 1 \right) \\ h &= \frac{2H_0}{Fr + 2} \\ \frac{h}{H_0} &= \frac{1}{1 + \frac{Fr}{2}} \\ \frac{h_i}{H_0} &= \frac{Fr + 2}{Fr_i + 2} \end{aligned} \right\} \quad (5.5)$$

2) Biểu thức tính toán:

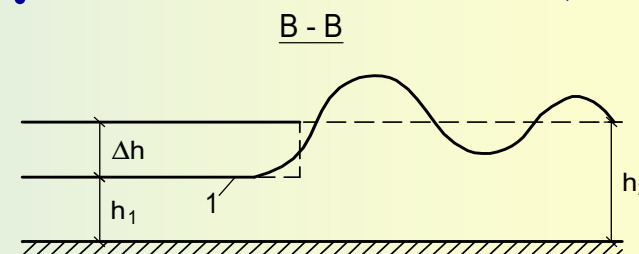
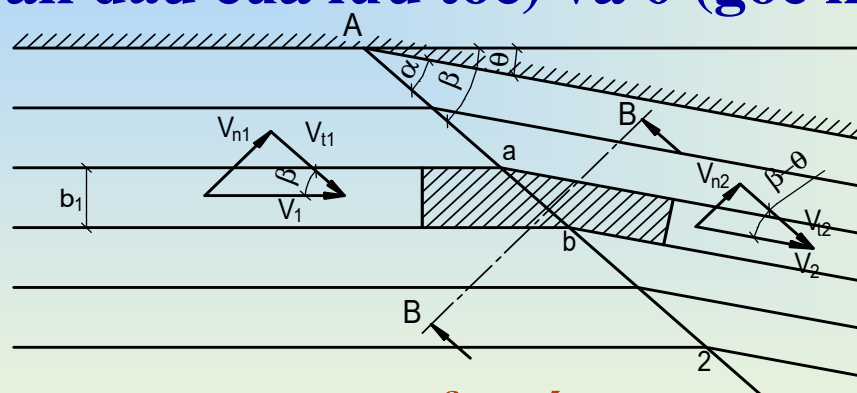
b) Sóng xiên dốc:

- Sóng xiên từ A truyền sang bờ đối diện, rồi phản xạ với nó và cứ thế tiến xuôi chiều dòng chảy (hình 5.9). Chiều sâu dòng chảy sau tuyến của mỗi sóng lại được gia tăng Δh .



Hình 5.9: Phản xạ của sóng xiên dốc
trong lòng dẫn thu hẹp

- Dùng phương trình động lượng để thiết lập quan hệ giữa các thông số của sóng xiên dốc $\eta = h_2/h_1$, β (góc giữa hướng tuyến sóng với hướng ban đầu của lưu tốc) và θ (góc ngoặt của véc tơ lưu tốc).



*Hình 5.10: Để thiết lập công thức tính toán sóng xiên dốc
1: mặt tự do; 2: tuyến sóng*

- Xét phần ống dòng (hình 5.10), từ phương trình động lượng theo trục x, kết hợp với phương trình liên tục, độ sâu liên hiệp:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\operatorname{tg}(\beta - \theta)}{\operatorname{tg}\beta} \quad (5.10); \quad h_2 = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1 \sin^2 \beta} - 1 \right) \quad (5.12)$$

§5-2: TÍNH TOÁN KẾT CẤU ĐKDX BẰNG TƯỜNG BIÊN

** Tính toán sóng xiên:*

+ Cho V_1, h_1 (tức $Fr_1 = V_1^2/gh$), θ . Cần xác định: $\beta, Fr_2 = V_2^2/gh$ (tức là V_2, h_2). Tiếp theo, xác định góc ngoặt β của sóng ở tường đối diện và tìm lại các thông số chảy sau tuyến mới.

+ Xác định góc ngoặt:
$$\frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg}(\beta - \theta)} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1 \sin^2 \beta} - 1 \right) \quad (5.14)$$

+ Có β , thay vào (5.10), kết hợp với phương trình liên tục ta được:

$$V_2 = V_1 \frac{\cos \beta}{\cos(\beta - \theta)} \quad (5.15)$$

+ Với V_2, h_2 đã biết, bằng cách tương tự sẽ tìm được thông số chảy sau các sóng tiếp theo.



§5-2: TÍNH TOÁN KẾT CẤU ĐKDX BẰNG TƯỜNG BIÊN

II. TÍNH TOÁN ĐOẠN THU HẸP CÓ ĐÁY PHẪNG VÀ CÁC TƯỜNG BÊN THẲNG

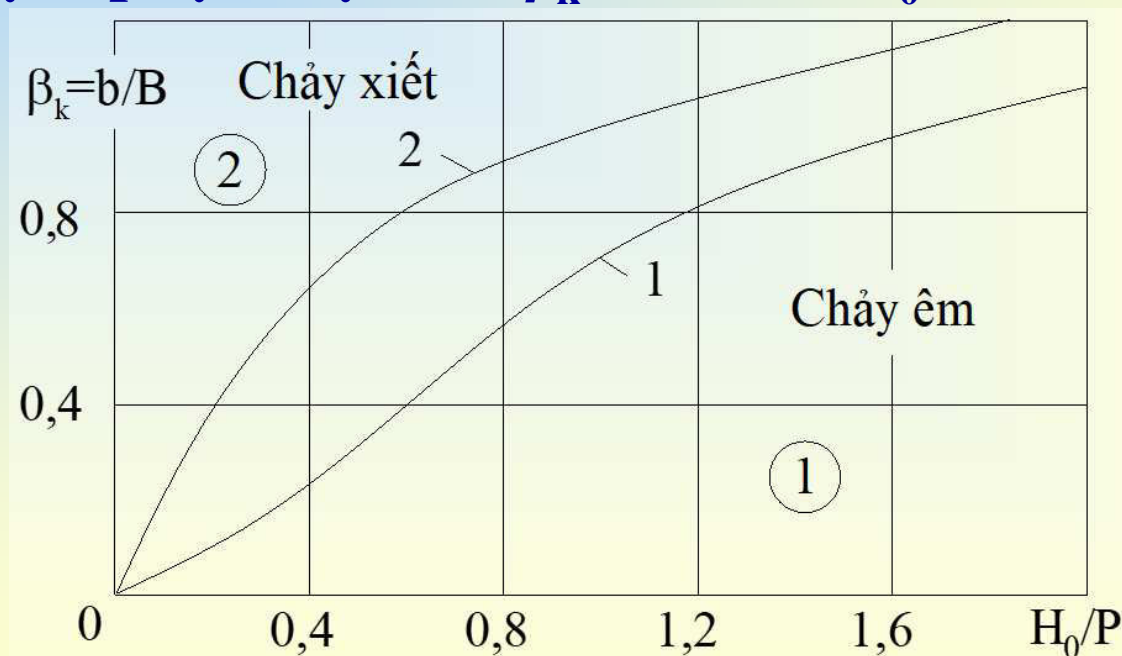
1) Thường gặp khi bố trí dốc nước của các đường tràn hở, có các dạng sau:

- Đoạn thu hẹp (hình 5.11) có tường thẳng (a), tường cong dạng cung tròn (b) và tường “ít nhiều” (c) có độ nhiễu động nhỏ nhất của mặt nước tương ứng với lưu lượng tính toán.
- Phần vào của dốc nước cũng có thể bố trí thu hẹp rẽ quạt (hình 5.11d).

Chiều cao sóng nhiễu trong giới hạn thu hẹp (hay mở rộng) có đáy phẳng và tường thẳng có thể tính toán theo cách nêu trên (mục I)

2) Xác định dòng chảy trong giới hạn đoạn thu hẹp êm hay xiết:

- Khi đáy nằm ngang, góc thu hẹp $2\theta = 15^\circ \div 40^\circ$, chế độ chuyển động có thể xác định phụ thuộc vào $\beta_k = b/B$ và H_0/P theo đồ thị hình 5.12.



Hình 5.12: Đồ thị xác định chế độ chảy trong lòng dẫn nằm ngang mặt cắt chữ nhật thu hẹp nhờ tường bên

3) Nối tiếp ở cuối đoạn thu hẹp:

- Chiều dài đoạn thu hẹp, khi là dòng chảy êm, được xác định:

$$L = L_n + (2,5 \div 3)h_c'' \quad (5.19)$$

Chú ý: + Nếu $L < L_n$: nước nhảy rơi vào vùng đồ dốc được kéo dài có thể vượt quá phạm vi đoạn thu hẹp.

+ Nếu $L > L_n$: sau nước nhảy sẽ có đường nước đồ, mực nước ở mặt cắt cuối nước nhảy sẽ nâng cao, có thể làm ngập mặt cắt co hẹp và ảnh hưởng đến lưu lượng xả.

- Việc chuyển từ dòng xiết sang êm và ngược lại diễn ra theo đồ thị trên hình 5.12, thông qua một miền không ổn định, ở đó có thể là nước chảy êm hay chảy xiết.



§5-2: TÍNH TOÁN KẾT CẤU ĐKDX BẰNG TƯỜNG BIÊN

III. TÍNH TOÁN DÒNG XIẾT 2 CHIỀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG ĐẶC TRÙNG

1) Nguyên tắc chung:

- Chỉ áp dụng cho các dòng chảy có i nhỏ, $B \gg h$.
- **Bài toán thuận:** Tính toán thông số dòng chảy trong phạm vi lòng dẫn đã biết.
- **Bài toán ngược:** Xác định dạng lòng dẫn khi cho trước các điều kiện biên dòng chảy.
- Bản chất là giải hệ phương trình chuyển động dòng thể hai chiều được quy về một phương trình: chiều sâu d/c thông qua tốc độ sóng $C = \sqrt{gh}$, lưu tốc d/c biểu thị qua hàm thế:

$$V_x = \partial\phi / \partial x; \quad V_y = \partial\phi / \partial y$$



§5-2: TÍNH TOÁN KẾT CẤU ĐKDX BẰNG TƯỜNG BIÊN

- Giải phương trình này cho ta hệ 2 đường xuất phát từ điểm đã cho và hướng của chúng trùng với hướng lan truyền sóng nhiễu. Đó là những đường đặc trưng (ĐĐT).
- Việc tính toán dòng xiết bằng phương pháp ĐĐT: thiết lập trên mặt tự do của dòng chảy một hệ thống ĐĐT mà dọc theo chúng đã biết chiều sâu, hướng chảy và trị số lưu tốc bình quân theo chiều sâu.

2) Phương trình vi phân cơ bản:

a) Phương trình chuyển động:

Phương trình chuyển động cơ bản của dòng hai chiều (có tính đến lực cản, độ dốc đáy và độ cong nhỏ) có dạng:

b) Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial(hV_x)}{\partial x} + \frac{\partial(hV_y)}{\partial y} = 0 \quad (5.26)$$

Hệ (5.25) kết hợp với P.trình liên tục (5.26) thành một hệ đóng.

3) Các phương trình đặc trưng:

a) Phương trình đường đặc trưng:

- Nghiệm của hệ phương trình vi phân (5.25, 5.26) là hệ 2 đường đặc trưng, là những đường cong mà hướng của chúng tại mỗi điểm được xác định bởi phương trình:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{V_x V_y \pm C \sqrt{V_x^2 + V_y^2 - C^2}}{V_x^2 - C^2}, \quad (5.27)$$

trong đó: $C = \sqrt{gh \cos \psi}$ - tốc độ sóng có xét đến độ dốc i

b) Các hệ thức vi phân trên đường đặc trưng:

Quy luật thay đổi của H , V_x , V_y dọc theo đường đặc trưng như:

$$\cos(\varepsilon \mp \alpha_s) \frac{dV_x}{dx} + \sin(\varepsilon \mp \alpha) \frac{dV_y}{dx} = \frac{g \cos \alpha_s}{V} \frac{dH}{dx} \mp \frac{\sin \alpha_s}{V \cos(\varepsilon \mp \alpha_s)} \quad (5.29)$$

$$\left[T_x \sin(\varepsilon \mp \alpha) - T_y \cos(\varepsilon \mp \alpha_s) - g \cos \psi \sin^2 \alpha_s \frac{\bar{V} \text{grad} z_d - V_x \text{tg} \psi}{C^2 \cos(\varepsilon \pm \alpha_s)} \right]$$

\bar{V} - là véc tơ lưu tốc trên mặt bằng;

$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ - môđun véc tơ;

H - là cột nước thủy động lấy đối với mặt chuẩn (hình 5.15),

$$H = t_0 - x \sin \psi + (Z_d + h) \cos \psi + \frac{V^2}{2g} \quad (5.30)$$



c) Phương trình Bernoulli cho đường dòng:

Là quy luật tổn thất năng lượng dọc đường dòng, có dạng:

$$dH = 0,5.\lambda.Fr.dL \quad (5.31)$$

λ - là hệ số sức cản thủy lực.

4) Sử dụng phương pháp Đường đặc trưng:

Các bài toán mẫu của phương pháp ĐĐT khi bỏ qua độ cong của đáy, tức khi $\text{grad}z_d = 0$ như sau:



I. ĐẶC ĐIỂM LÀM VIỆC KẾT CẤU ĐÁY CONG 2 CHIỀU

- + Sử dụng các kết cấu có đáy cong 2 chiều thì kinh tế hơn đáy phẳng, nhất là với d/c có i và Frut lớn.
- + Đặc điểm làm việc của chúng là khắc phục được những biến dạng bất lợi của mặt tự do, tạo sự chảy bao không tách dòng.
- + Tính toán thủy lực kết cấu cong 2 chiều (tính theo bài toán không gian) trong trường hợp chung không thể áp dụng phương pháp của lý thuyết đáy phẳng (2 chiều).
- + Ở đây chỉ xét bài toán ngược của lý thuyết điều khiển dòng xiết: tìm hình dạng của đáy lòng dẫn đảm bảo một tính chất đã cho.

II. PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN MẶT TỰ DO

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial z}{\partial s} &= \operatorname{tg} \beta \\ \frac{\partial z}{\partial y} &= \frac{\frac{\partial z}{\partial s} \frac{dy}{ds} - \frac{d^2 y / ds^2}{\frac{\partial^2 z}{\partial s^2} + \frac{1}{N_0 - 2(z - z_0 + h_{ms})}} \end{aligned} \right\} \quad (5.42)$$

+ Phương trình thứ nhất: xác định góc nghiêng của đường dòng với mặt phẳng ngang.

+ Phương trình thứ hai: biến đổi dọc đường dòng của độ dốc ngang của mặt tự do, $N_0 = v^2 / g$

+ Ta thấy (5.42) là một hệ phương trình vi phân đạo hàm riêng bậc 2 phi tuyến với các hệ số thay đổi.



III. PHÂN BỐ ÁP LỰC TRONG DÒNG CHẢY CONG KHÔNG GIAN

Với một đường thẳng đứng $ds = 0$, $dy_1 = 0$, phương trình phân bố áp lực có dạng:

$$p = p_0 + \rho gh - \rho g \int_{z_0}^z \cos \beta \left[\frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \sin \beta + \frac{v^2}{gR} + \frac{T \tan \beta}{g} \right] dz \quad (5.56)$$

z_0 - cao trình mặt tự do;

h - chiều sâu từ điểm tính toán đến mặt tự do $h = z_0 - z$;

p_0 - áp lực trên mặt thoáng



IV. PHƯƠNG TRÌNH LIÊN TỤC ĐỐI VỚI TIA DÒNG CONG KHÔNG GIAN

Từ cao trình mặt tự do sang cao độ đáy của công trình cần phải biết chiều sâu của dòng chảy. Muốn vậy cần phải sử dụng phương trình liên tục. Ở hệ tọa độ cong trục giao, nó có dạng:

$$L_1 \frac{\partial}{\partial s} (L_2 v \cos \beta) + \frac{\partial}{\partial z} (L_1 L_2 v \sin \beta) = 0 \quad (5.64)$$

v, β - biến số;

L_1, L_2 - các hàm chưa biết của tọa độ s, y_1, z .



V. THUẬT TOÁN TÍNH KẾT CẤU CONG 2 CHIỀU

Tính toán các kết cấu đa dạng đáy cong 2 chiều để điều khiển dòng xiết có thể thực hiện được trên cơ sở phương trình vi phân mặt tự do, phương trình phân bố áp lực, phương trình Becnuly và phương trình liên tục với sự hỗ trợ của máy tính.

Từ đây giải được 2 bài toán:

1. Tính toán cao trình mặt tự do;
2. Chuyển sang tọa độ đáy.



VI. XÉT HÀM KHÍ VÀ TỒN THẤT NĂNG LƯỢNG

Dòng cao tốc chảy trên dốc nước thường là loại tự hàm khí và do đó có ảnh hưởng lớn đến các thông số chảy. Cho đến nay, việc tính toán một cách chặt chẽ ảnh hưởng của hàm khí là chưa thực hiện được.

Tính toán bằng các phương pháp gần đúng: thay dòng chảy thực được bằng một hỗn hợp ảo có mật độ thay đổi.



§5-4: TT THỦY LỰC CÁC K. CẦU CÓ ĐÁY CONG 2 CHIỀU

I. YÊU CẦU CHUNG ĐỐI VỚI HÀM SỐ MÔ TẢ ĐIỀU KIỆN BIÊN VÀ MẶT BẰNG CÁC ĐƯỜNG DÒNG

Các điều kiện ban đầu và điều kiện biên có thể cho ở dạng giải tích, cần lựa chọn các hàm phù hợp với từng điều kiện, cụ thể:

1. Hàm phải liên tục.

2. Các hàm này cần phải đưa vào các hằng số cho phép thỏa mãn các điều kiện nối tiếp và các yêu cầu khác đối với dáng điệu của mặt tự của dòng xiết bị biến dạng.

3. Cần phải tuân thủ các điều kiện nối tiếp các bộ phận khác nhau của mặt tự do, quy về sự bảo toàn tính liên tục của tọa độ mặt tự do z và mặt bằng các đường dòng mặt, các đạo hàm bậc nhất và bậc hai của chúng.



§5-4: TT THỦY LỰC CÁC K. CẦU CÓ ĐÁY CONG 2 CHIỀU

4. Dòng chảy trong toàn miền phải là dòng xiết, mặt cắt dọc của đường dòng không được có đoạn chảy bao quanh bậc lồi và có độ cong bằng hoặc lớn hơn độ cong của tia dòng rơi tự do, vì nếu vậy thì dòng chảy không còn bị đáy điều khiển nữa.

II. T. TOÁN THỦY LỰC CHO CÁC MŨI PHUN PHÁT TÁN

Giải các bài toán:

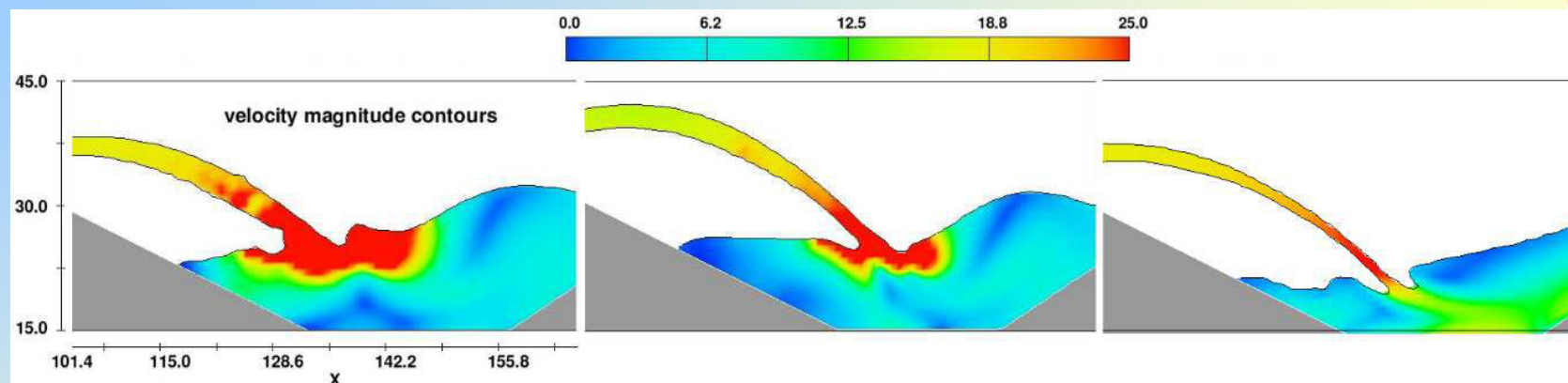
- 1. Xác định mặt bằng các đường dòng mặt*
- 2. Xác định mặt cắt dọc của đường dòng biên.*
- 3. Chuyển từ tọa độ mặt tự do sang tọa độ đáy.*
- 4. Xác định vết của làn nước rơi và chiều sâu hố xói*
- 5. Hiệu ứng đầu mút và cách khắc phục.*



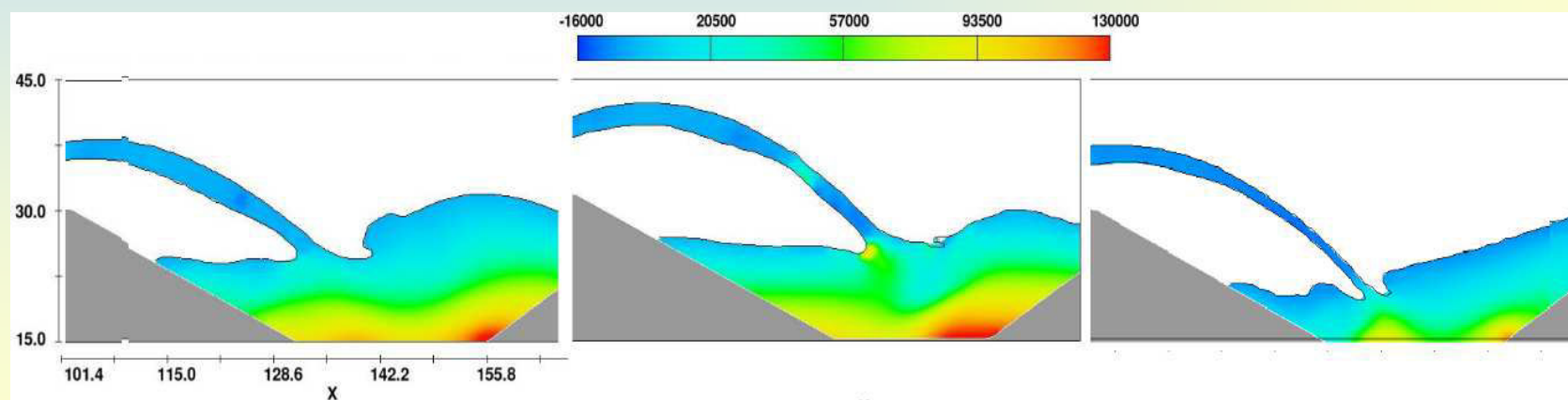
III. TÍNH TOÁN MŨI PHUN XOẮN

- + Loại này dùng khi yêu cầu phóng dòng chảy từ trực dốc nước dưới một góc với góc mở rộng trên mặt bằng α_p và tỉ lệ chiều rộng $B/b = \lambda$. Cũng như trên, ta xuất phát từ đường dòng biên và mặt cắt dọc
- + Mặt bằng của đường dòng biên cần phải thỏa mãn điều kiện nối tiếp trơn với dốc nước.
- + Cách tính toán xác định mặt tự do và mặt đáy mũi phun tiến hành như đối với mũi phun phát tán.
- + Phương pháp tương tự cũng sử dụng để tính các kết cấu điều khiển đường xoắn, các đoạn chuyển tiếp v.v...

Lựa chọn góc hắt mũi phun hợp lý



Tỷ lệ trộn khí trong hố xói ứng với góc hắt 20° , 30° và 10°



Phân bố áp suất trong hố xói ứng với góc hắt 20° , 30° và 10°

HẾT CHƯƠNG 5!



TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI
Bộ môn: THỦY CÔNG



Bài giảng: TÍNH TOÁN THỦY LỰC
CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

Chương 6:
NỐI TIẾP VÀ TIÊU NẮNG HẠ LƯU
CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



Chương 6: NỐI TIẾP VÀ TIÊU NĂNG HẠ LƯU CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC



§6-1. TỔNG QUÁT.

§6-2. CÁC DẠNG CƠ BẢN CỦA NỐI TIẾP HẠ LƯU CTTN.

§6-3. TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY ĐÁY.

§6-4. TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY MẶT.

§6-5. TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY PHÓNG XA.

§6-6. TIÊU NĂNG PHÒNG XÓI CỐNG VÙNG TRIỀU.

§6-7. QUY TRÌNH TÍNH TOÁN THỦY LỰC NỐI TIẾP HL.



§6-1: TỔNG QUÁT

I. ĐẶC ĐIỂM CỦA DÒNG CHẢY HẠ LƯU CT TIÊU NĂNG

- Có lưu tốc lớn và phân bố không đều trên mặt cắt ngang;
- Lưu lượng, MN hạ lưu biến đổi trong một phạm vi rộng;
- Mạch động áp lực, lưu tốc diễn ra mạnh mẽ ở ngay sau CTTN,
- Dòng chảy mở rộng không đều ở hạ lưu có thể gây ra dòng chảy xiên, sóng xiên, dòng chảy ngoằn ngoèo bất lợi.

II. NHIỆM VỤ TÍNH TOÁN NỐI TIẾP VÀ TIÊU NĂNG

- Chọn nối tiếp hợp lý, phù hợp với tự nhiên và bố trí chung;
- Xác định các kích thước của bộ phận tiêu năng;
- Đảm bảo ổn định và độ bền cho công trình tiêu năng.

§6-1: TỔNG QUÁT

III. CÁC PP TÍNH TOÁN, NGHIÊN CỨU VỀ TIÊU NĂNG

- a) Phương pháp phân tích lý luận.
- b) Phương pháp thí nghiệm mô hình.
- c) Phương pháp nghiên cứu thực địa (nghiên cứu trên nguyên hình).





I. NỐI TIẾP CHẢY ĐÁY

1) Nguyên lý

- Dòng chủ lưu ở sát đáy (V_{\max} ở gần đáy) và khu xoáy cuộn ở trên mặt.
- Tạo nước nhảy, nếu là nước nhảy hoàn chỉnh có thể tiêu hao (70-80)% năng lượng thừa.

2) Biện pháp công trình

- Để tạo ra nước nhảy ngập sau chân công trình: $h_b > h_c''$ (6.1)
- Biện pháp: đào bể, xây tường, hoặc làm bể - tường kết hợp (hình 6.1a,b,c). Các thiết bị tiêu năng phụ như mố, ngưỡng, dầm ở bể tiêu năng.



3) Ưu, nhược điểm của nổi tiếp chảy đáy

a) Ưu điểm

- Khả năng tiêu hao năng lượng tốt;
- Dòng chảy hạ lưu sớm trở về trạng thái bình thường.

b) Nhược điểm

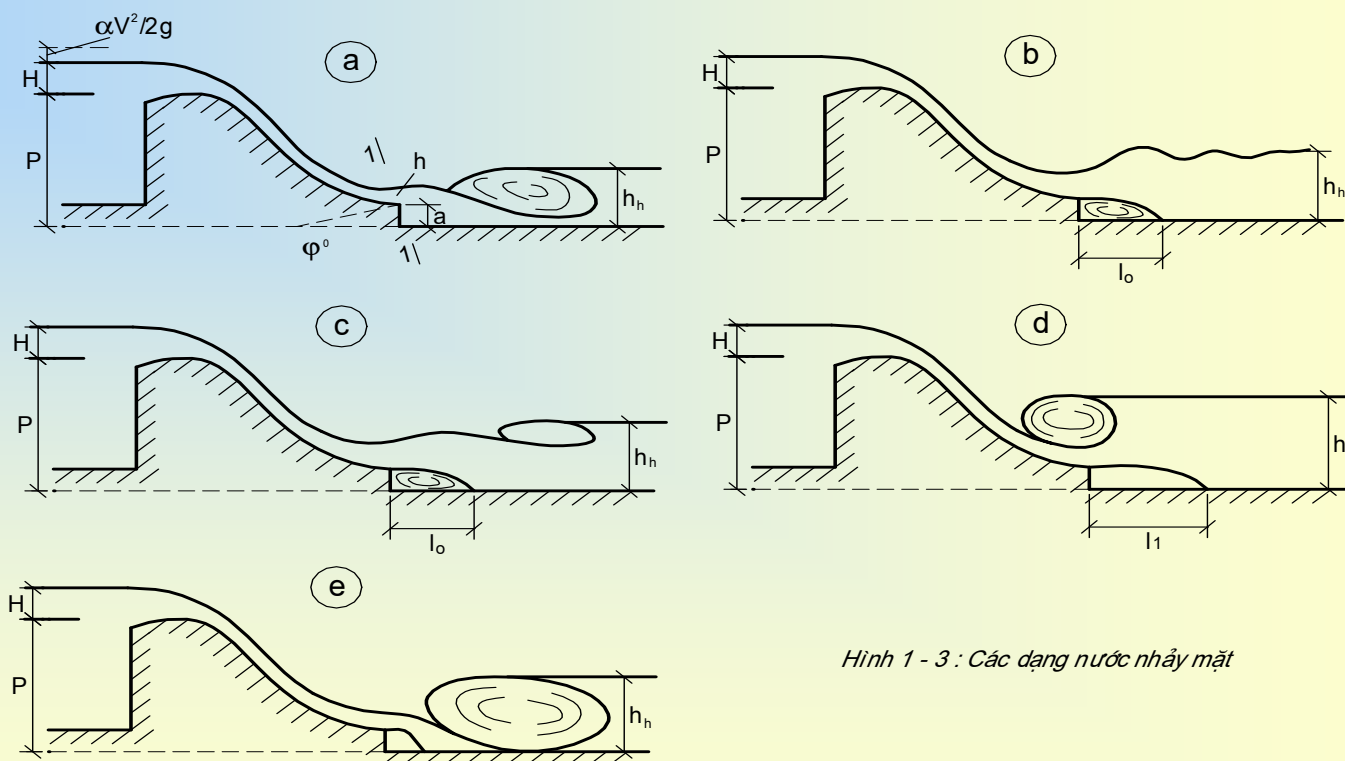
- Do dòng chủ lưu sát đáy có vận tốc lớn nên kết cấu bản đáy bể tiêu năng phải kiên cố, khối lượng lớn;
- Vật trôi nổi có thể va chạm làm hư hỏng bộ phận tiêu năng (đáy, thành bên bể, tường tiêu năng).

4) Điều kiện sử dụng: Chênh lệch cột nước thượng hạ lưu không cao, nền hạ lưu không phải là đá rắn chắc (đá gốc).

II. NỐI TIẾP CHẢY MẶT

1) Nguyên lý

- Dòng chủ lưu ở trên mặt và khu xoáy cuộn ở đáy.
- Mặt nước sau công trình có dao động mạnh hình sóng tắt dần.



Hình 1 - 3 : Các dạng nước nhảy mặt

Hình 6-3. Các biện pháp tiêu năng chảy mặt.

- a) Chảy đáy, b) Chảy mặt không ngập, c) Chảy mặt sóng tại chỗ, d) Chảy mặt ngập, e) Chảy đáy hồi phục.



2) Biện pháp công trình

- Tạo ra một bậc đứng có chiều cao $a < h_h$ và $a \geq a_{\min}$.
- Chiều cao bậc a có quan hệ với các trạng thái chảy mặt khác nhau cũng như kích thước khu xoáy ở đáy và hiệu quả tiêu năng nói chung.
- Trạng thái mong muốn nhất ở hình thức này là chảy mặt không ngập. Ở trạng thái này, khu xoáy cuộn ở đáy có kích thước lớn và đạt được hiệu quả tiêu năng cao.



3) Ưu, nhược điểm của nối tiếp chảy mặt

a) Ưu điểm: Hiệu quả tiêu năng cao; Gia cố đáy lòng dẫn hạ lưu không cần kiên cố như sơ đồ nối tiếp chảy đáy; Dễ tháo vật trôi.

b) Nhược điểm: Mực nước hạ lưu dao động: gây ảnh hưởng bất lợi cho các hạng mục CT khác; có thể gây xói lở bờ ở hạ lưu; trạng thái nối tiếp sẽ không ổn định.

4) Điều kiện sử dụng:

- Thường áp dụng đối với các CTTN có MN hạ lưu ít thay đổi.
- CTTN cần làm tường ngăn dòng với các hạng mục khác.
- CTTN có địa chất nền hạ lưu là đá và chênh lệch cột nước không cao.

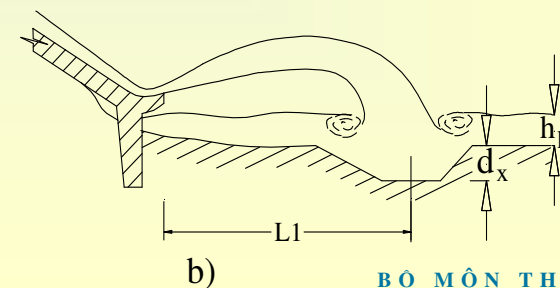
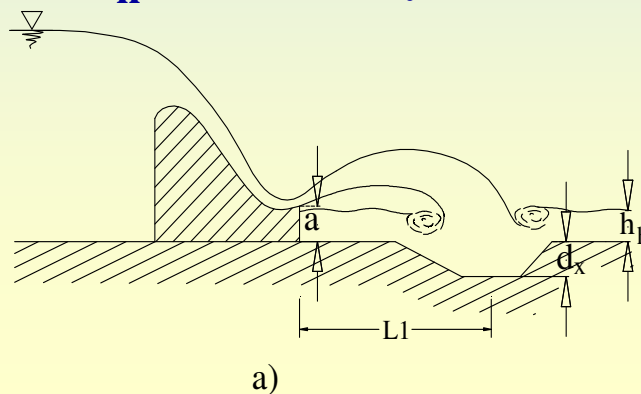
III. NỐI TIẾP BẰNG CHẢY PHÓNG XA

1) Nguyên lý

- Dòng chảy ở sau CTTN phun vào không khí và rơi xuống hạ.
- Năng lượng dòng chảy được tiêu hao bằng ma sát với không khí; bằng ma sát nội bộ dòng chảy, cũng như ma sát với đáy và bờ lòng dẫn hạ lưu.
- Khi cột nước hạ lưu (h_h) nhỏ sẽ tạo hố xói sâu.

Hình 6.4. Tiêu năng phóng xa sau CTTN

- a) Sau đập tràn;
b) Sau dốc nước.*





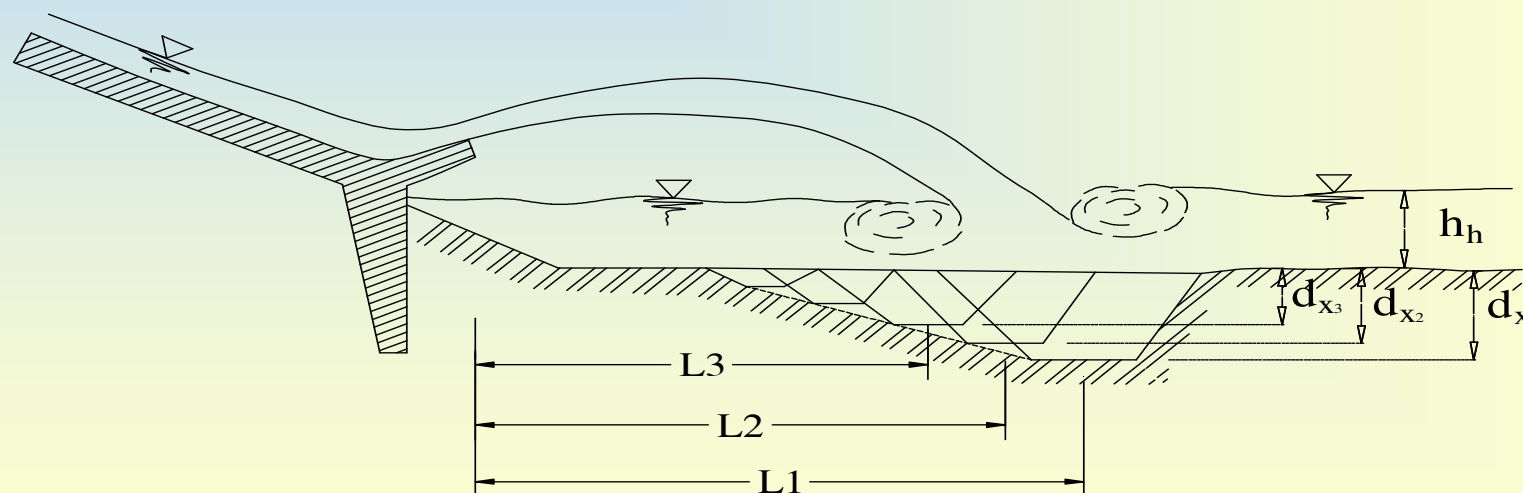
2) Biện pháp công trình

a) Làm mũi phun ở cuối CTTN

- Cao trình mũi phun cần chọn cao hơn MN max ở hạ lưu.
- Góc nghiêng của mũi phun chọn theo điều kiện có lợi nhất về tiêu năng, tức tỷ lệ d_x/L_p là nhỏ nhất.
- Hình thức mũi phun: Mũi phun hình trụ; Mũi phun hình trụ có các răng, mố; Mũi phun chữ nhật, vát, lệch; Mũi phun phát tán (mũi phun mở rộng trên mặt bằng hoặc khuyếch tán theo phương đứng); Mũi phun xoắn hướng làn nước về một phía; Mũi phun thu hẹp; Mũi phun 2 tầng...

b) Tạo trước hố xói ở hạ lưu

- Tạo đủ độ sâu nước HL để phòng ngừa sự cố xung vỡ gây ra.
- Hố xói hoàn chỉnh được tạo ra theo đường bao hố xói (tính d_x , L_x với nhiều cấp lưu lượng khác nhau Q_{\min} đến Q_{\max}).



Hình 6.5. Đường bao hố xói sau mũi phun.

- Chú ý việc tạo hố xói mới để đảm bảo độ sâu tiêu năng.



3) Ưu, nhược điểm của hình thức tiêu năng phóng xa

a) Ưu điểm: Độ an toàn cao; Khối lượng công trình gia cố hạ lưu nhỏ; Tháo các vật trôi không ảnh hưởng đến an toàn của công trình tiêu năng.

b) Nhược điểm: Tạo ra sương mù, gây ẩm ướt; Nền không phải là đá xử lý tốt kém, độ an toàn kém; Với các mũi phun có mô phân dòng, xẻ rãnh thì cần phải phòng khí thực.

4) Điều kiện sử dụng:

Dùng với công trình có cột nước công tác vừa và lớn, địa chất nền hạ lưu là đá.

IV. NỐI TIẾP BẰNG HỖN HỢP DÒNG CHẢY

- Xả mặt và xả đáy kết hợp khi cột nước công tác lớn.
- Chống xâm thực, bảo vệ lòng dẫn nơi 2 luồng chảy gặp nhau.
- Trong thiết kế CTTN, lựa chọn nối tiếp và tiêu năng phù hợp.

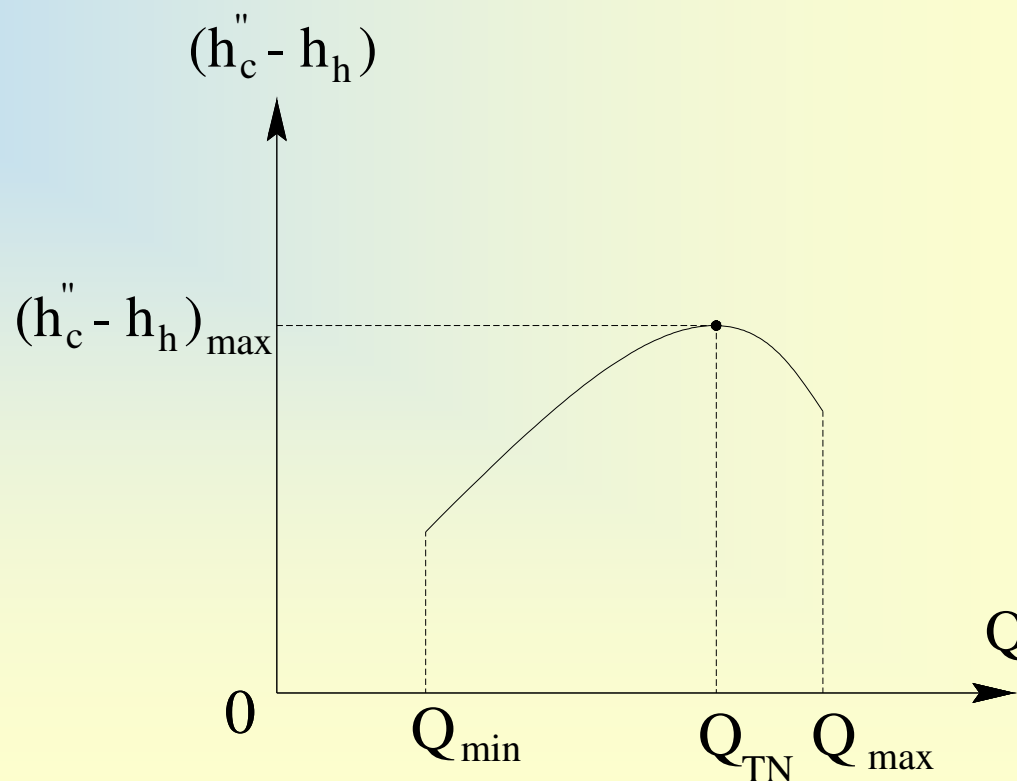


*Hình 6.6. Tiêu năng bằng dòng chảy hỗn hợp (2 tầng)
a) Ở đập bê tông trọng lực; b) Ở đập vòm.*

§6-3: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY ĐÁY

I. LỰA CHỌN LƯU LƯỢNG TÍNH TOÁN TIÊU NĂNG

- CTTN làm việc với các cấp lưu lượng từ Q_{\min} đến Q_{\max} .
- Cấp lưu lượng nào cho $(h_c'' - h_h)$ lớn nhất là Q_{TN} .
- Rất nhiều trường hợp tính toán trong thực tế có đường quan hệ là đồng biến, khi đó trị số Q_{TN} sẽ lấy giá trị Q_{\max} (ứng với lũ thiết kế).



Hình 6.7. Quan hệ $(h_c'' - h_h) \sim Q$.

II. TÍNH TOÁN KÍCH THƯỚC CÔNG TRÌNH TIÊU NĂNG

1) Tính toán chiều sâu đào bể

$$h_b = d + h_h + \Delta Z \geq \sigma h_c'' \quad (6.2)$$

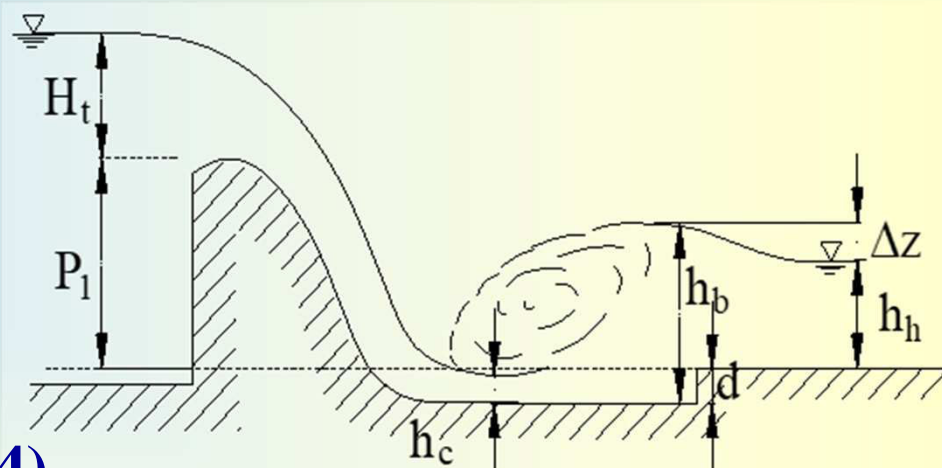
$$\Rightarrow d = \sigma h_c'' - h_h - \Delta Z \quad (6.3)$$

(σ : hệ số ngập, $\sigma = 1,05 \div 1,1$).

$$h_c = \frac{q}{\varphi \sqrt{2g(E_0 - h_c)}} \quad (6.4)$$

$$h_c'' = 0,5h_c \left(\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{gh_c^3}} - 1 \right) \quad (6.5)$$

$$E_0 = H_t + \frac{\alpha V_0^2}{2g} + P_1 + d \quad (6.6)$$



$$E_0 = h_{cd} + \frac{\alpha V_{cd}^2}{2g} + P_2 + d \quad (6.7)$$

$$\Delta Z = \frac{q^2}{\varphi \cdot 2gh_h^2} - \frac{\alpha q^2}{2gh_b^2} \quad (6.8)$$



§6-3: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY ĐÁY

II. TÍNH TOÁN KÍCH THƯỚC CÔNG TRÌNH TIÊU NĂNG

2) Tính toán chiều dài bể

$$L_b = L_1 + L_{nn} \quad (6.19)$$

L_b – chiều dài bể tiêu năng;

L_1 – chiều dài từ chân đập đến vị trí mặt cắt co hẹp c-c ở đầu bể;

L_{nn} – chiều dài nước nhảy ngập trong bể (từ mặt cắt co hẹp c-c đến cuối bể);

$$L_1 = L_r - S \quad (6.20) \quad L_{nn} = \beta L_n \quad (\text{trị số } \beta = 0,7 \div 0,8)$$

L_n – chiều dài nước nhảy hoàn chỉnh được tính theo các công thức thủy lực;

L_r – chiều dài nước rơi, từ mặt cắt đầu bậc thụt đến vị trí mặt cắt co hẹp;

S – hình chiếu trên phương ngang của đoạn bậc nghiêng trước bể.



§6-3: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY ĐÁY

II. TÍNH TOÁN KÍCH THƯỚC CÔNG TRÌNH TIÊU NẮNG

3) Tính toán chiều dài sân sau

$$L_s = K \sqrt{q} \sqrt{\Delta H} , (m) \quad (6.24)$$

ΔH – chênh lệch mực nước thượng hạ lưu (m);

q – lưu lượng đơn vị ở cuối bể tiêu năng ($m^3/s.m$);

K – hệ số phụ thuộc vào địa chất nền lòng dẫn hạ lưu:

Nền cát mịn, cát pha: $K = 10 \div 12$;

Nền cát thô, đất có tính dính: $K = 8 \div 9$;

Nền đất sét cứng: $K = 6 \div 7$.

Công thức (6.24) sử dụng trong phạm vi $\sqrt{q} \sqrt{\Delta H} = 1 \div 9$.



§6-3: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY ĐÁY

III. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH CỦA TẦM TIÊU NĂNG

1. Điều kiện chống đẩy nổi: $|G_1| > n_c K_n \cdot |P|$ (6.29)

*n_c và K_n - hệ số tổ hợp tải trọng và hệ số tin cậy;
 G_1 - trọng lượng của tấm tính theo dung trọng đẩy nổi;
 P - trị số lớn nhất của lực đẩy nổi.*

2. Điều kiện chống quay (lật): $G_1 \cdot L/2 > n_c K_n \cdot M$ (6.30)

M - momen lớn nhất lực đẩy nổi, lấy với mép HL tấm.

3. Điều kiện chống trượt ngang: $(G_1 - P) \cdot f > n_c K_n \cdot Q$ (6.31)

*Q - tải trọng ngang lớn nhất (khi có các mố tiêu năng);
 f - hệ số ma sát của tấm trên lớp đệm.*

§6-4: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY MẶT

I. TÍNH TOÁN BẬC THỤT CUỐI CTTN

1) Chiều cao bậc

a) Điều kiện tối thiểu

Để không chảy đáy hồi phục: $a > a_{\min}$. (6.32)

- Khi góc $\alpha = 0$, theo Skladnev: $a_{\min} = 2,7.h_k - 4,32.h$ (6.33)

- Khi $0 < \alpha < 12^\circ$, theo Stephan: $a_{\min} = (4,05\sqrt[3]{Fr_c} - \eta)h$ (6.34)

h_k - độ sâu phân giới; h - chiều dày lớp nước trên mũi bậc;

$Fr_c = V_1^2/gh$, V_1 - lưu tốc trên mũi; $\eta = 0,4\alpha + 8,4$ (α tính bằng độ).

- Để dòng chảy sau bậc được ổn định: $a_{\min} = 0,2P$; P là chiều cao của ngưỡng tràn tính đến đáy kênh hạ lưu.

- Theo Viện nghiên cứu KHTL Nam Kinh: $a_{\min} = 1,86h^{1,75} / h_k^{0,75}$

§6-4: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY MẶT

b) Xác định a để đảm bảo chảy mặt không ngập

Cần thỏa mãn điều kiện: $h_1 < h_h < h_2$. (6.36)

h_h - cột nước hạ lưu; h_1 - độ sâu phân giới thứ nhất; h_2 - độ sâu phân giới thứ hai.

Trị số h_1 xác định theo công thức sau:

- Theo Astafitрева: $h_1 = 0,82a + \left(2,44 - 2\frac{a}{P}\right)h_k$ (6.37)

- Khi $a/P < 0,2$: $h_1 = 0,82a + \left(3,44 - 7\frac{a}{P}\right)h_k$ (6.38)

Trị số h_2 xác định theo công thức:

$$h_2 = 1,22a + \left(2,5 - 2,55\frac{a}{P}\right)h_k \quad (6.39)$$



§6-4: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY MẶT

I. TÍNH TOÁN BẬC THỤT CUỐI CTTN

2) Góc hắt ở đỉnh bậc

Để tránh chuyển sang chảy phóng xạ, chọn trị số góc hắt α nhỏ, $\alpha = 10^\circ \div 15^\circ$ là hợp lý hoặc α bằng không.

3) Bán kính cong ngược

a) Đập có cột nước vừa và lớn: $R = 10 \div 25$ (m).

b) Đập có cột nước thấp:

$$R = K_1 \left(\frac{h}{h_k} - K_2 \right) P \quad (6.40)$$

P - chiều cao đập tính đến đáy hạ lưu;

K_1, K_2 - các hệ số.

Khi $a/P = 0,3$, lấy $K_1 = 4,0$; $K_2 = 0,36$;

Khi $a/P = 0,5$, lấy $K_1 = 3,6$; $K_2 = 0,43$.

a là chiều cao bậc. Công thức (6.40) phù hợp với $\alpha \geq 10^\circ$.

§6-4: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY MẶT

II. TÍNH TOÁN XÓI HẠ LƯU

1) Chiều sâu hố xói: Với nền mềm và sa thạch, Viện NC Thủy lợi Trường Giang đề nghị: $d_x = K_3 K_4 q^{0,5} z^{0,22} - h_h (6.41)$

d_x - chiều sâu hố xói (m); q - lưu lượng đơn vị ($m^3/s.m$);

z - chênh lệch mực nước thượng – hạ lưu (m); h_h - độ sâu nước hạ lưu (m);

K_3 - hệ số phụ thuộc đất nền (với đất mềm $K_3 = 3,3$; với sa thạch $K_3 = 1,35$).

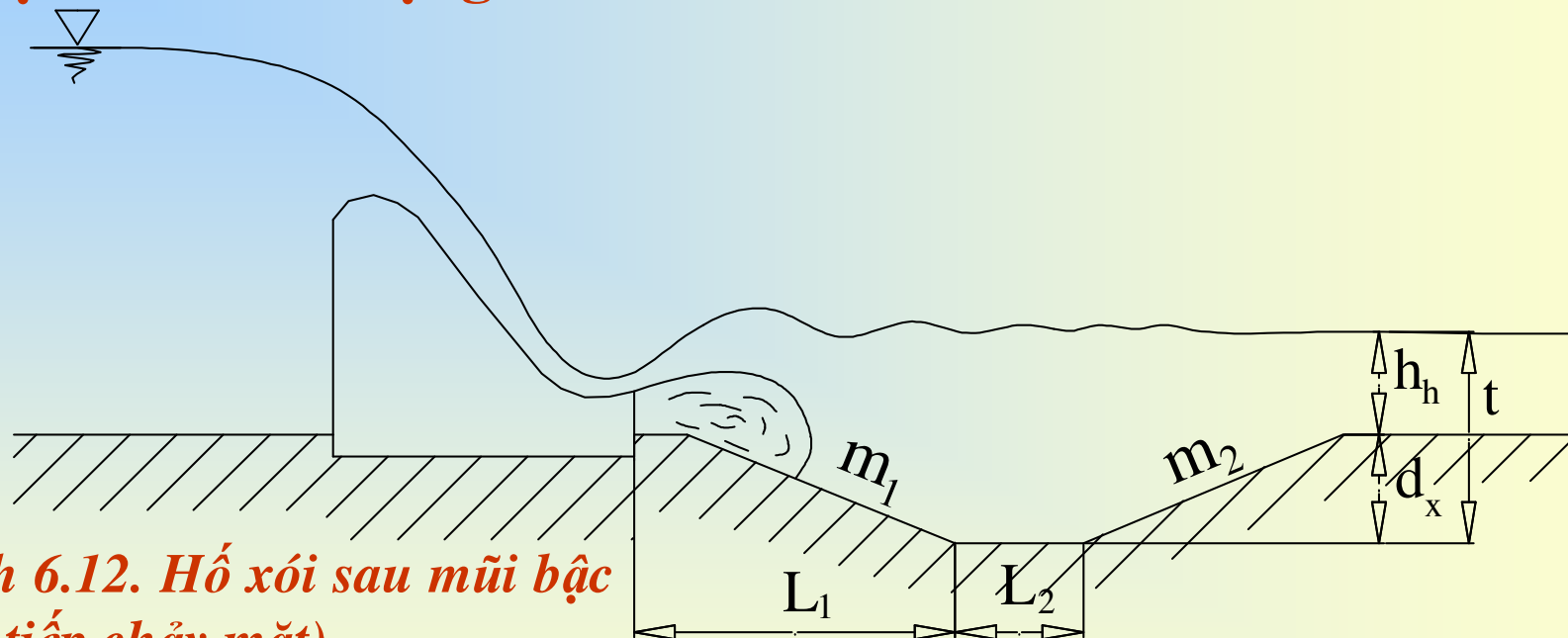
K_4 - Hệ số phụ thuộc vào trạng thái dòng chảy và loại nền, bảng 6.1.

Bảng 6.1. Giá trị hệ số K_4 trong công thức (6.41)

Trạng thái dòng chảy	Nền đất đá	Nền mềm
Chảy đáy	0,18	0,70
Chảy mặt không ngập	0,59	0,79
Chảy mặt dạng sóng	0,82	0,91

§6-4: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY MẶT

2) Vị trí và hình dạng hồ xói:



Hình 6.12. Hồ xói sau mũi bậc
(nối tiếp chảy mặt)

Bảng 6.2. Kích thước hồ xói trên hình 6.12

Trạng thái dòng chảy	m_1	m_2	L_1/t	L_2/t
Chảy mặt không ngập	3-6	4-8	2-4	0,9-1,2
Chảy mặt ngập	2-4,5	4-8	2-2,5	0,9-1,1

§6-5: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY PHÓNG XA

I. TÍNH TOÁN CHIỀU SÂU HỒ XÓI

1) Khi nền hạ lưu là đất dính:

$$d_x = t - h_h, \quad t - \text{độ sâu nước đến đáy hồ xói.}$$

$$t = \left(\frac{8,3V_r b_0}{V_{kx}} - 7,5t_0 \right) \cdot \frac{\sin \beta_1}{1 - 0,175 \cot g \beta_1} + 0,25h_{kx}$$

V_{KX} - lưu tốc không xói ở đáy hồ;

h_{KX} - chiều sâu không xói ở HL;

β_1 - góc tới của tia nước tại MNHL;

V_r - lưu tốc tia dòng tại MNHL;

t_0 - chiều dày tia tại MNHL, $t_0(b_0) = 0,8q/V_r$;

q - lưu lượng đơn vị ở mũi phun.

§6-5: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY PHÓNG XA

I. TÍNH TOÁN CHIỀU SÂU HỒ XÓI

2) Khi nền hạ lưu là đất không dính:

CTTN có cột nước không cao, góc của làn nước rơi $\alpha_1 > 30^\circ$, áp dụng công thức của Mikhailep:

$$d_x = 4,8(\sin\alpha_1 + 0,33.\cos\beta_1)\left[\frac{Fr_d^{2/3}}{k(h_h/d_{95})^{1/3}} - 1\right]b_0; \quad Fr_d = \frac{V_r^2}{gd_{95}}$$

V_r : lưu tốc của làn nước rơi xuống đến cao trình nước hạ lưu; d_{95} : đường kính mắt sàng cho lọt 95%; h_h : cột nước hạ lưu; k : hệ số (khi $h_h/d_{95} > 10$ thì $k = 1,12$; khi $h_h/d_{95} = 10$ thì $k = 1,26$; khi $h_h/d_{95} < 10$ thì $k = 1,32$); b_0 : chiều dày của làn nước tại MNHL: $b_0 = 0,8 q/V_r$; q : lưu lượng đơn vị cuối mũi phun.

§6-5: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY PHÓNG XA

I. TÍNH TOÁN CHIỀU SÂU HỒ XÓI

3) Khi nền hạ lưu là đá nứt nẻ mạnh:

Trong trường hợp hàm khí yếu, khi tính toán sơ bộ có thể dùng công thức của Xalaviova:

$$t = (0,1 + 0,45\sqrt{Fr_m})\sqrt{Fr_m} \cdot \sqrt[4]{h_h / d} h_m$$

Fr_m : số Frut của dòng chảy ở cuối mũi phun: $Fr_m = V_m^2 / (gh_m)$;

V_m : lưu tốc bình quân của dòng chảy ở cuối mũi phun;

H_m : độ sâu nước trên mũi;

h_h : độ sâu nước hạ lưu;

d : đường kính tương đương của phân khối đá nền.

§6-5: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY PHÓNG XA

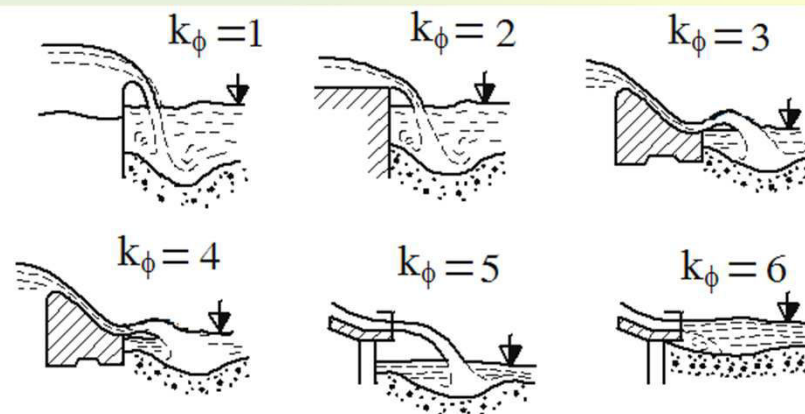
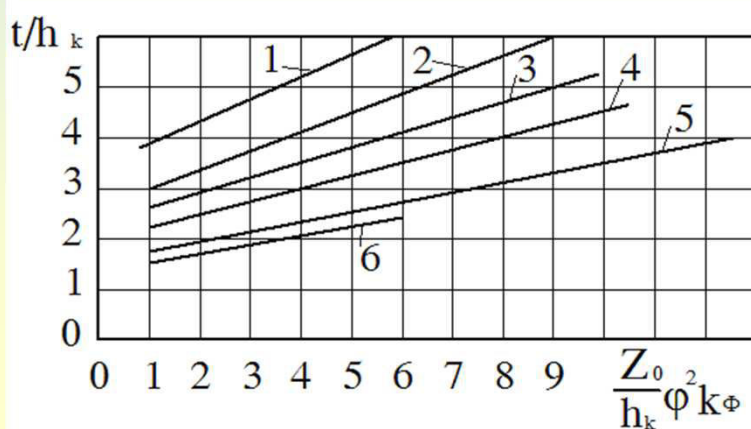
I. TÍNH TOÁN CHIỀU SÂU HỒ XÓI

4) Khi nền là đất hạt mịn và lưu lượng trên mũi không lớn:

$q < 15 \div 30 \text{ m}^3/\text{sm}$, áp dụng công thức Xtudennhitrnhicóp:

$$t = K_{\Phi} \left(3,4 + 0,45 \frac{Z_0}{h_k} \varphi^2 \cdot K_a \right) h_{kx}$$

K_a : hệ số hàm khí (khi $Fr_m < 35$, $K_a = 1$, khi $Fr_m > 35$, $K_a = 0,8 \div 0,9$).



§6-5: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY PHÓNG XA

I. TÍNH TOÁN CHIỀU SÂU HỒ XÓI

5) Khi nền hạ lưu là đá tốt:

Theo quy phạm thiết kế tràn xả lũ SDJ 341-89 của Trung Quốc:

$$d_x = k \cdot q^{1/2} Z_0^{1/4} - h_h \quad (6.61)$$

q: lưu lượng đơn vị tại mặt cắt cuối mũi phun ($m^3/s.m$);

Z₀: chênh lệch mực nước TL-HL có kể tới lưu tốc tới gần (m);

h_h: chiều sâu nước trong kênh hạ lưu (m);

k: hệ số xói, phụ thuộc vào đặc điểm của nền đá:

- Nền đá cứng hoàn chỉnh: $k = 0,9 \div 1,2$;
- Nền đá hoàn chỉnh nhưng độ cứng nhỏ: $k = 1,2 \div 1,5$;
- Nền đá mềm yếu nát vụn, vết nứt phát triển: $k = 1,5 \div 2,0$.

II. TÍNH TOÁN CHIỀU DÀI NƯỚC RƠI

1) Khoảng cách ngang từ cuối mũi phun đến vị trí tâm làn nước rơi tại cao trình mực nước hạ lưu:

Theo quy phạm thiết kế tràn xả lũ SDJ 341-89 của Trung Quốc:

$$L_p = K_a Z_m \varphi^2 \sin 2\alpha \left[1 + \sqrt{1 + \left(\frac{Z_0}{Z_m} - 1 \right) \frac{1}{\varphi^2 \sin^2 \alpha}} \right] \quad (6.62)$$

$Z_m = MNTL - Z_{mũiphun}$; K_a : hệ số hàm khí (khi $Fr_m < 35$, $K_a = 1$, khi $Fr_m > 35$, $K_a = 0,8 \div 0,9$); φ : hệ số lưu tốc: $\varphi = V_m / \sqrt{2gZ_m}$; V_m : lưu tốc tại mũi phun; α : góc nghiêng mũi phun và phương ngang; Z_0 : cột nước toàn phần, có tính đến lưu tốc tới gần (xem hình 6.13).

§6-5: TÍNH TOÁN NỐI TIẾP CHẢY PHÓNG XA

II. TÍNH TOÁN CHIỀU DÀI NƯỚC RƠI

2) Góc đổ của luồng chảy vào mặt nước hạ lưu:

Theo quy phạm thiết kế tràn xả lũ SDJ 341-89 của Trung Quốc:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{2g(0,5h_m \cos \alpha + a - h_h)}{V_m^2 \cos^2 \alpha}} \quad (6.63)$$

h_m - độ sâu nước ở mặt cắt cuối mũi phun;

$a = Z_m - Z_{\text{đáy}}$ lòng dẫn hạ lưu; h_h - độ sâu nước hạ lưu.

3) Khoảng cách ngang từ cuối mũi phun đến tâm đáy hố xói:

$$L_1 = L_p + t \cdot \cot \beta_1, \quad (t \text{ cột nước tính đến đáy hố xói}) \quad (6.64)$$

$$4) \text{ Chiều rộng đáy hố xói: } b_x = 2,5 \cdot h_k \quad (h_k \text{ ở kênh HL}) \quad (6.65)$$



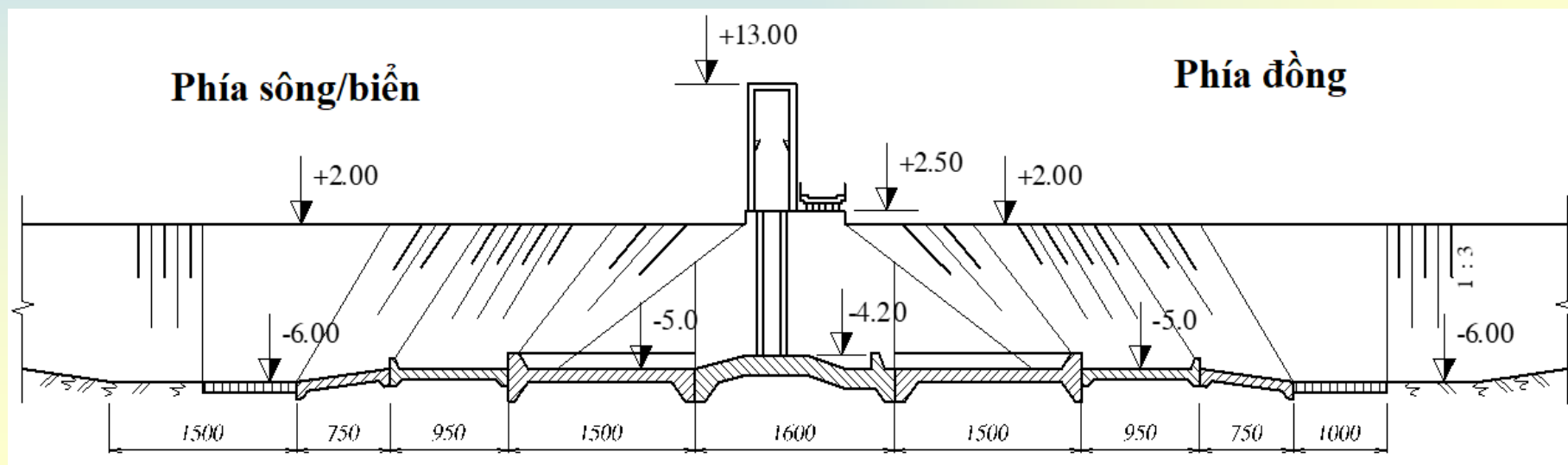
I. ĐẶC ĐIỂM LÀM VIỆC CỦA CÁC CÔNG VÙNG TRIỀU

- Xây dựng dưới đê biển, cửa sông chịu tác động của thủy triều.
- Công theo sơ đồ công lộ thiên, thường là van phẳng tự động.
- Đặc điểm thủy lực:
 - + Z_t , Z_h thường xuyên thay đổi, chế độ chảy qua công không ổn định, xói hạ lưu cần phải xét từ cả 2 phía: Chênh lệch Z_t , Z_h lớn và nhỏ,
 - + Dòng chảy ở hạ lưu khuếch tán không đều,
 - + Tổng bề rộng công (Σb_i) nhỏ hơn nhiều so với bề rộng kênh hạ lưu,
 - + Mạch động lưu tốc và áp lực trong dòng chảy ở hạ lưu công lớn,
 - + Phần lớn các công đặt ở trên nền mềm yếu và phức tạp.

II. CÁC BIỆN PHÁP PHÒNG CHỐNG XÓI HẠ LƯU CÔNG

1) Giải pháp thiết kế hệ thống tiêu năng phòng xói sau cống:

Dùng hệ thống lưới (đặt trên ngưỡng) và gờ (đặt ngay sau ngưỡng) tạo thành hệ thống liên hoàn lưới - gờ - ngưỡng - sân sau - hố phòng xói.



Hình 6.19. Cắt dọc cống Láng Thét.



II. CÁC BIỆN PHÁP PHÒNG CHỐNG XÓI HẠ LƯU CÔNG

2) Giải pháp gia cố hạ lưu các cống đã bị xói trong thực tế:

- Đổ đá lấp đầy phần hố xói đã hình thành;
- Lát trên mặt khối đá mới đổ bằng một lớp kết cấu mỏng mềm để bảo vệ;
- Khi điều kiện địa hình cho phép thì việc bố trí hố xói dự phòng ở phía sau sân sau là hợp lý;
- Cống làm việc 2 chiều thì bố trí kết cấu nối tiếp 2 phía là như nhau.



- 1) Chọn hình thức tiêu năng, xác định lưu lượng đơn vị tính toán.**
- 2) Xác định chế độ (hình thức) nối tiếp của dòng chảy.**
- 3) Kiểm tra khí thực cho các kết cấu đã định, chính xác hóa lại kích thước và đường biên của các bộ phận kết cấu theo điều kiện an toàn khí thực.**
- 4) Xác định tải trọng tác dụng lên các mô tiêu năng, tường đáy bể tiêu năng, xác định chiều dày của các bộ phận đó.**
- 5) Xác định chiều sâu xói cục bộ, kết cấu và kích thước của sân sau.**



- 6) Đánh giá khả năng xói tổng thể lòng dẫn hạ lưu và ảnh hưởng của nó đến mực nước tính toán tại tuyến công trình.
- 7) Thực hiện các tính toán thủy lực bổ sung để chính xác hóa kết cấu, vị trí.
- 8) Lập lại việc tính toán tương tự cho 1 - 2 phương án nối tiếp, so sánh, lựa chọn.
- 9) Thực hiện việc tính toán bổ sung cho phương án được chọn.

Hết chương 6!