

chính (kênh chẳng hạn) mà là khu bãi và như thế dòng chảy ra khỏi bể không theo một phương dọc mà theo cả ba phương (phương dọc và hai bên) dẫn đến chế độ chảy ngập có thể không được thiết lập. Nghĩa là chiều sâu bể tiêu năng tính toán khác với chiều sâu bể yêu cầu.

Tóm lại: Chiều sâu bể là thông số quan trọng nhất của bể tiêu năng. Lựa chọn phương pháp thích hợp nào để xác định chiều sâu bể là việc quan trọng. Mặt khác cần tránh tình trạng chiều sâu bể tính toán khác với chiều sâu thực cần, vì đó là một nguyên nhân gây xói ở hạ lưu nhiều công trình thủy lợi.

III. TIÊU NĂNG DÒNG MẶT

3.1. Khái niệm

Dòng chảy của hình thức tiêu năng này ở trạng thái chảy mặt. Kinh nghiệm cho biết, hiệu quả không kém hơn nhiều, nhưng chiều dài sâu sau ngắn hơn, chiều dày của sân sau cũng bé hơn.

Điều kiện ứng dụng của tiêu năng dòng mặt, dòng phễu là chiều sâu mực nước hạ lưu ổn định và lớn hơn độ sâu liên hiệp thứ hai ($h_h > h''_c$); dùng với lưu lượng lớn nhưng chênh lệch đầu nước thượng hạ lưu không lớn, bờ ở hạ lưu có khả năng ổn định, chống xói tốt.

Từ thực tế sử dụng hình thức tiêu năng dòng mặt và dòng phễu cho thấy chúng có nhược điểm:

- Tiêu năng dòng mặt gây trở ngại cho thuyền bè đi lại ở hạ lưu và đe dọa sự ổn định của bờ, dễ sinh nước nhảy phóng xa, sân sau làm việc với chế độ thay đổi liên tục.

- Tiêu năng dòng phễu là kết quả nghiên cứu thực nghiệm, loại này yêu cầu về mực nước hạ lưu không khắt khe như dòng mặt, yêu cầu phòng xói lở bờ cũng không cao.

3.2. Bố trí và tính toán tiêu năng dòng mặt

1. Nguyên tắc bố trí

Dựa trên các điều kiện thủy văn, thủy lực, địa hình, địa chất quyết định hình dạng, kích thước của bậc mũi phun sao cho đảm bảo hiệu quả tiêu năng, xung vỗ hạ lưu là nhỏ nhất và có giải pháp hữu hiệu bảo vệ hạ lưu trước những bất lợi không tránh được.

2. Chiều cao nhỏ nhất của bậc khi tràn không có cửa van

Khi chọn chiều cao bậc để có thể tạo dòng mặt, cần thỏa mãn các yêu cầu:

- Không có dòng phun với lưu lượng nhỏ nhất.
- Không có dòng hồi lưu với lưu lượng lớn nhất.
- Chiều cao bậc lớn hơn chiều cao nhỏ nhất ($a_{\min}$) tính theo (1-26), hoặc (1-27) hoặc theo kết quả của Viện nghiên cứu Khoa học Nam Kinh (Trung Quốc):

$$a_{\min} = \frac{1,86h^{1,75}}{h_k^{0,75}} \quad (2-30)$$

Trong đó:

h_k - chiều sâu phân giới;

h - chiều sâu lớn nước trên mũi bậc,

3) Chiều cao bậc khi tràn có cửa van

Nguyên tắc thiết kế là căn cứ vào chiều sâu mực nước hạ lưu h_h :

+ h_h phải đảm bảo trong suốt quá trình vận hành sao cho với mọi cấp lưu lượng đều có chế độ dòng mặt.

+ Khi h_h nhỏ người ta chọn góc nghiêng ở đỉnh bậc sao cho hợp lý.

4) Góc nghiêng ở đỉnh bậc θ

Công trình tiêu năng dòng mặt, đỉnh bậc thường nằm ngang. Đôi khi cũng thiết kế bậc có góc nghiêng nhỏ. Theo viện nghiên cứu Thủy lợi, Thủy điện Quảng Tây - Trung Quốc: $\theta = 10^\circ \div 15^\circ$.

5) Bán kính cong ngược và chiều dài bậc

Đối với đập có cột trung bình và lớn, chọn bán kính cong ngược bậc $R = 10 \div 25m$, với đập nhỏ và vừa thì chọn $R = 5 \div 12m$. Thực nghiệm đã chỉ ra rằng với góc nghiêng nhất định, bán kính cong ngược càng lớn thì khả năng khống chế của bậc càng tốt, nhưng mực nước ngay sau đập cao, vì vậy khối lượng đập lớn. Ngược lại bán kính cong ngược nhỏ, khối lượng đầu tư vào công trình ít.

Nghiên cứu đập cột nước thấp, Viện nghiên cứu Thủy lợi, Thủy điện Quảng Tây đã đề ra công thức kinh nghiệm thể hiện mối quan hệ giữa bán kính cong ngược R và lưu lượng đơn vị giới hạn:

$$R = \left[K \left(\frac{h}{h_k} - b \right) \right] P \quad (2-31)$$

Trong đó : p - chiều cao đập;

K, b - các hệ số.

- Khi $\frac{a}{p} = 0,3$ lấy $K = 4,0$; $b = 0,36$;

- Khi $\frac{a}{p} = 0,5$ lấy $K = 3,6$; $b = 0,43$.

Với: a - chiều cao bậc;

Công thức (2-31) được lập khi $\theta \geq 10^\circ$.

Chiều dài bậc: $L = R \sin \theta$. Chiều dài bậc càng lớn thì yêu cầu h_h càng lớn.

3.3. Tiêu năng dòng phễu

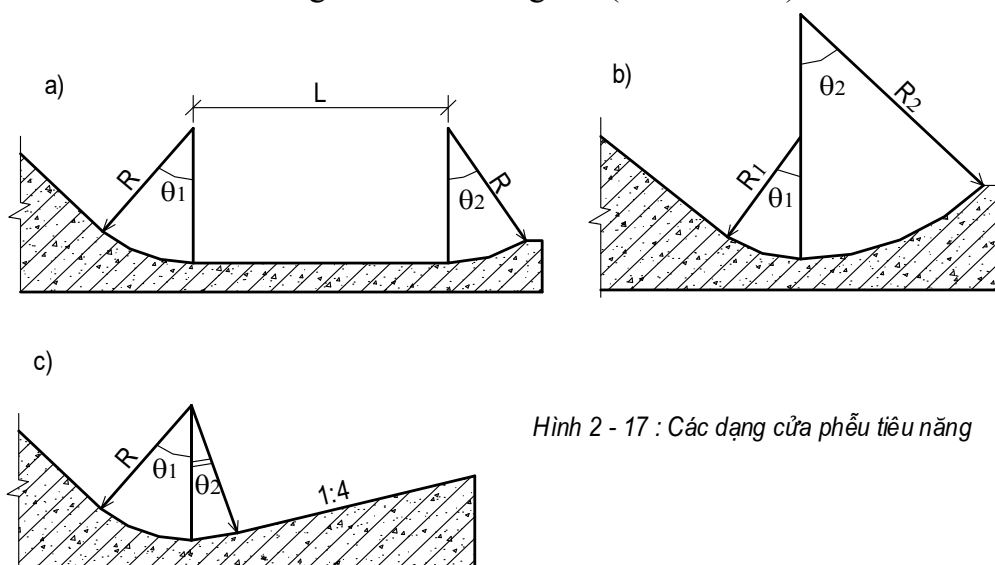
Khi bán kính cong ngược lớn, dòng mặt sẽ chuyển thành dòng phễu và tương ứng ta có tiêu năng dòng phễu. So với tiêu năng dòng mặt, tiêu năng dòng phễu có hiệu quả tốt hơn và được ứng dụng ở những nơi có lưu lượng lớn h_h lớn.

1. Cấu tạo của phễu tiêu năng

Phễu tiêu năng có các hình thức: Phễu tiêu năng có bậc dạng liên tục; phễu tiêu năng có mũi bậc dạng răng cưa; phễu tiêu năng có ngưỡng bậc lệch (ở các cao độ khác nhau).

Hình dạng kết cấu phễu tiêu năng có các loại [6]:

- Phễu có đoạn nằm ngang (hình 2-17a) từ đó năng lượng dòng chảy được tiêu hao một phần trước khi xuống hạ lưu.
- Phễu có các đoạn cong (hình 2-17b), loại này giảm nhỏ góc phóng của dòng chảy, giảm được mức độ xô động ở hạ lưu.
- Phễu có đoạn cong và đoạn dốc ngược (hình 2 - 17c).



Hình 2 - 17 : Các dạng cửa phễu tiêu năng

- Phễu có ngưỡng bậc không liên tục và ở ngưỡng cuối phễu bố trí các mũi phóng có các cao trình khác nhau. Đây là hình thức có hiệu quả tiêu năng cao, nhanh chóng ổn định mực nước hạ lưu nhưng cần chú ý hiện tượng khí thực.

2. Tính toán dòng phễu

Tính toán dòng phễu rất phức tạp, các vấn đề nghiên cứu chủ yếu bằng con đường thực nghiệm. Các nghiên cứu đã đưa ra hàng loạt công thức kinh nghiệm. Viện nghiên cứu Thủy lợi, Thủy điện - Tây Bắc (Trung quốc) [6] đã đưa ra:

$$\frac{h_2}{h_1 F_{r1}} = 1,5 + 0,3 \frac{R(1 - \cos \theta)}{h_k} \quad (2-32)$$

$$\frac{h_h}{h_1 F_{r1}} = 1,3 + 0,3 \frac{R(1 - \cos \theta)}{h_k} \quad (2-33)$$

Hình (2-18a) thể hiện quan hệ giữa h_2/H ; h_b/H hình (2-18b) thể hiện quan hệ $\frac{h_b}{H}$;

$\frac{h_s}{H}$ theo các tham số $\frac{q}{\sqrt{g} \cdot H^{\frac{3}{2}}}$ và $\frac{H}{R}$ của dòng phễu ổn định để tính toán tiêu năng dòng phễu.

Trong đó: h_s - chiều cao sóng của dòng phễu ổn định;

H - cột nước thượng lưu so với đáy hạ lưu;

q - lưu lượng đơn vị;

h_k - độ sâu phân giới;

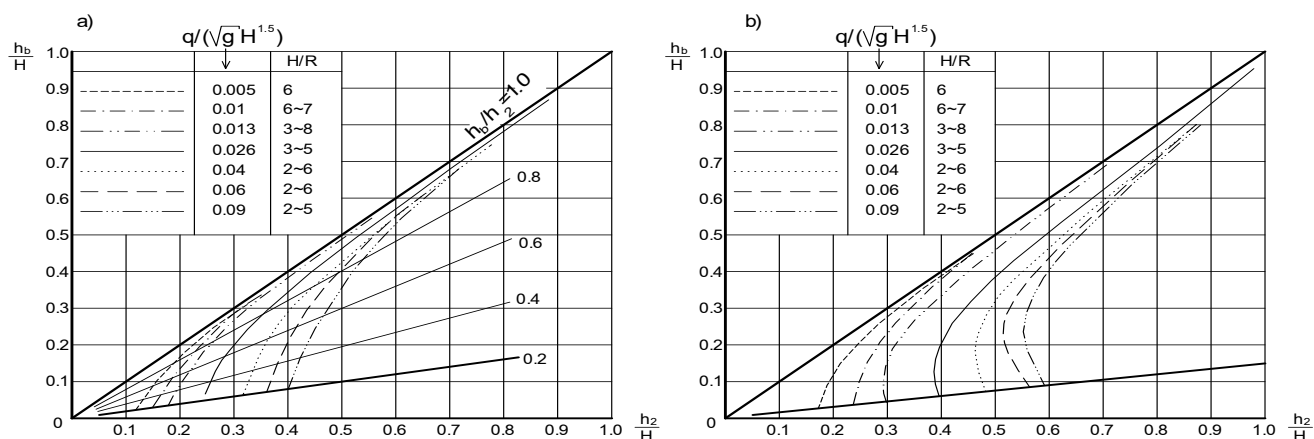
h_1, h_2 - độ sâu liên hiệp trước và sau nước nhảy trong phễu;

θ - góc nghiêng của mũi bậc;

R - bán kính cong ngược;

F_{r1} - trị số Froud tính tại mặt cắt có h_1 ;

h_b - chiều sâu mực nước trong phễu.



Hình 2 - 18 : Quan hệ giữa các thông số trong dòng phễu

3.4. Phòng chống xói ở hạ lưu

Tiêu năng dòng mặt, dòng phễu là hình thức tiêu năng ứng với cột nước thấp. Sự hình thành các xoáy cuộn đã cuốn đá gây ra va đập vào mũi bậc và ở mũi bậc có thể xuất hiện khí thực. Hình thức tiêu năng này tạo ra hố xói ngay chân công trình, cần xác định hố xói và đề xuất biện pháp phòng chống xói.

1. Chiều sâu hố xói

Xói theo dòng mặt, dòng phễu là khá phức tạp không có công thức tính chính xác:

- Công thức tham khảo có dạng:

$$T = 0,83 q^{0,67} (Z/d_{50})^{0,18} \quad (2-34)$$

Trong đó:

T - chiều sâu hố xói tính từ mực nước hạ lưu;

Z - chênh lệch mực nước thượng hạ lưu;

q - lưu lượng đơn vị;

d_{50} - đường kính trung bình của hạt ở lòng sông.

- Với tiêu năng dòng mặt:

$$T = Kq^{0,5} Z^{0,25} \cdot \sqrt{\frac{h_{gh1}}{V_{01}}} \quad (2-35)$$

Trong đó:

h_{gh1} - độ sâu giới hạn thứ nhất;

v_{01} - tốc độ bắt đầu chuyển động của hạt;

K - hệ số thể hiện mối liên quan đến lưu lượng đơn vị. Quan hệ $q \sim K$ với các v_{01} khác nhau đã được lập.

$$v_{01} = 2,1 \cdot \sqrt{g \left(\frac{\gamma_a - \gamma}{\gamma} \right) d \left(\frac{h_h}{d} \right)^{0,16}} \quad (2-36)$$

với: γ_a - dung trọng hạt;

γ - dung trọng của nước;

d - đường kính hạt;

h_h - mực nước hạ lưu.

Khoảng cách từ cuối bậc đến điểm sâu nhất là:

$$L = 3q (d_x/d_{50})^{0,095} \quad (2-37)$$

Với: d_x - chiều sâu hố xói tính từ nền hạ lưu:

- Theo hình (2-19) ta có phương trình hình học:

$$T = d_x + h_h$$

- Viện nghiên cứu Thủy lợi Trường Giang (Trung Quốc) đưa ra công thức tính chiều sâu hố xói trên nền mềm và sa thạch:

$$T = \varphi K q^{0,5} Z^{0,22} \quad (2-38)$$

Trong đó: K - hệ số địa chất: với đất mềm $K = 3,3$; với sa thạch $K = 1,35$

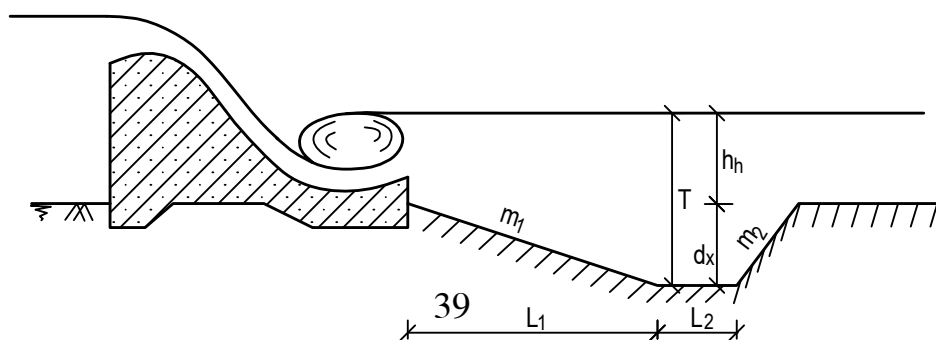
φ - hệ số phụ thuộc vào trạng thái dòng chảy theo bảng 2-2.

Bảng 2-2: Hệ số trạng thái dòng chảy mặt

Loại nền	Nền đất đá	Nền mềm
Trạng thái dòng chảy		
Dòng chảy đáy	0,18	0,7
Dòng mặt không ngập	0,59	0,79
Dòng chảy mặt sóng	0,82	0,91

2. Hình dạng hố xói

Hình dạng hố xói như hình (2-19). Độ dốc mái thượng lưu m_1 , mái hạ lưu m_2 , chiều rộng đáy hố xói L_2 , khoảng cách từ chân đập đến vị trí bắt đầu có chiều sâu hố xói lớn nhất là L_1 .



Hình 2 - 19 : Hố xói sau mũi bậc

Kích thước hố xói dòng mặt như bảng 2 - 3

Bảng 2 – 3: Kích thước hố xói dòng mặt

Đặc trưng Trạng thái	m ₁	m ₂	L ₁ /T	L ₂ /T
Dòng mặt không ngập	3 ÷ 6	4 ÷ 8	2 ÷ 4	0,9 ÷ 1,2
Dòng mặt ngập	2 ÷ 4,5	4 ÷ 8	2 ÷ 2,5	0,9 ÷ 1,1

3. Biện pháp công trình phòng xói sau chân bậc:

a) Tạo tường hướng dòng ở hạ lưu với chiều dài L sao cho $L \geq 1,4 L'$

Với L' là khoảng cách từ mũi bậc đến điểm cao nhất của mực nước hạ lưu. Có thể tính L' theo công thức:

$$L' = \frac{3,86h_k}{h} - 1,46(h_h - h) \quad (2-39)$$

Với h – chiều sâu dòng chảy trên mũi bậc.

Mặt khác khi thiết kế tường cần chọn góc mở và chiều cao thích hợp.

b) Gia cố sau bậc

Sau bậc có thể gia cố một đoạn từ 20 ÷ 40 mét và có thể xây tường phân dòng trên mũi bậc.

c) Gia cố bờ:

Do ảnh hưởng của sóng phía hạ lưu cần gia cố bờ bằng các kết cấu thích hợp.

IV. TIÊU NĂNG PHÓNG XA

4.1. Khái niệm về tiêu năng phóng xa

Đây là hình thức lợi dụng ma sát với không khí để tiêu hao một phần năng lượng, phần còn lại sẽ được tiêu tán bởi lớp đệm nước hạ lưu. Nó được dùng khá phổ biến ở hạ lưu công trình thủy lợi và ít có sự cố làm mất an toàn. Điều kiện để thực hiện được hình thức tiêu năng phóng xa là: đỉnh mũi phun phải cao hơn mực nước lớn nhất hạ lưu, chiều cao cột nước trước đập đủ lớn để tạo dòng phun phóng xa để không ảnh hưởng bất lợi đến công trình, cột nước hạ lưu (h_h) cũng đủ lớn để chiều sâu hố xói (d_x) không lớn quá.

Hình thức này thường dùng với công trình có cột nước trung bình và lớn. Ở Trung Quốc, người ta áp dụng cả với cột nước vừa và nhỏ, công trình đặt trên nền mềm.

Tuy vậy hình thức này cũng có những hạn chế nhất định:

1. Hồ xói do dòng phun tạo ra, có thể hạ thấp mực nước hạ lưu làm ảnh hưởng đến các yêu cầu dùng nước phía hạ lưu công trình.
2. Xung kích của dòng phun tạo thành dòng cuộn ngược hoặc sóng vỗ mái đập.
3. Ổ mũi phun có thể xảy ra khí thực.
4. Dòng phun tạo ra sương mù ảnh hưởng đến giao thông và môi trường sống nói chung.

4.2. Tính toán các thông số của tiêu năng phóng xa

1. Chiều dài phóng xa: Chiều dài phóng xa là khoảng cách theo phương ngang từ mũi phun đến trung tâm dòng nước tại đáy kênh hạ lưu (L_p) hoặc đến mực nước hạ lưu (L_1).

Công thức lý luận chung nhất là (1-56). Tuy nhiên chiều dài phóng xa, chỉ có thể xác định bằng những công thức kinh nghiệm [1].

$$L = 2\varphi^2 \delta \cdot S \cos \alpha_0 \left[\sin \alpha_0 + \sqrt{\sin^2 \alpha_0 + \frac{h \cos \alpha_0 + 2S(1 - \delta)}{2 \cdot \varphi^2 \cdot \delta \cdot S}} \right] \quad (2-40)$$

Trong đó: φ là hệ số kể đến tổn thất cột nước;

$$\delta = \frac{S_1}{S};$$

S_1 – chênh lệch cao độ giữa mực nước thượng lưu và mũi phun (hình 2-20).

S – chênh lệch cao độ giữa mực nước thượng lưu với đáy kênh hạ lưu.

h – chiều sâu dòng nước trên mũi phun.

α_0 – góc nghiêng của mũi phun.

$$\text{Hoặc công thức: } L = L_1 + \frac{h_h + d_x}{\operatorname{tg} \theta} \quad (2-41)$$

$$\text{Với: } L_1 = K_a \frac{V_1^2 \cos \alpha_0}{g} \left(\sin \alpha_0 + \sqrt{\sin^2 \alpha_0 + \frac{2g \cdot Z_2}{V_1^2}} \right) \quad (2-42)$$

$$Z_2 = \frac{h \cos \alpha_0}{2} + P, \text{ (m);}$$

Trong đó:

P – chiều cao mũi bậc so với MNHL, (m);

K_a – hệ số kể đến hàm khí;

$K_a = 1$ khi $F_r < 35$;

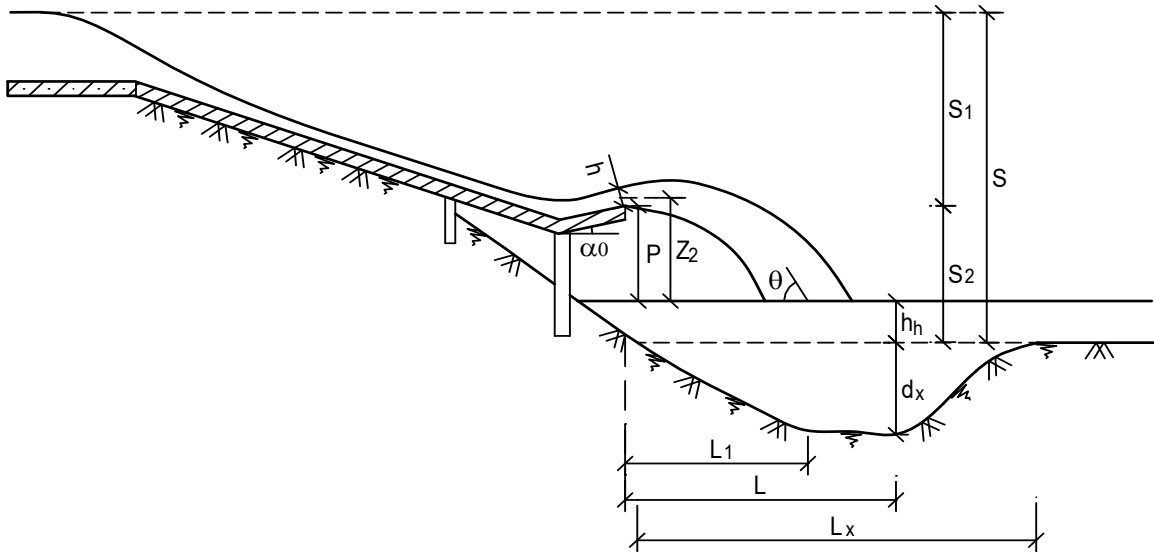
$K_a = 0,8 \div 0,9$ khi $F_r > 35$;

v_1 – lưu tốc dòng chảy ở mũi phun;

θ – góc nghiêng của mũi phun.

Hoặc công thức [7]:

$$L_p = 2\varphi^2 H_0 \sqrt{1 - i_m^2} \left(\sqrt{i_m^2 + \frac{S_2 + 0,5h}{\varphi^3 H_0}} + i_m \right) \quad (2-43)$$



Hình 2 - 20 : Tiêu năng phóng xa và các thông số cơ bản

Trong đó:

φ – hệ số lưu tốc (cần lưu ý: giá trị của φ trong 2-43 khác với giá trị của φ trong 2-40);

i_m – độ dốc mũi phun;

S_2 – khoảng cách từ mũi phun đến đáy kênh hạ lưu;

$H_0 = E_0 - S_2 - 0,5h$;

E_0 – năng lượng toàn phần của dòng chảy tại mũi phun lấy với đáy kênh hạ lưu.

2) Góc nghiêng của dòng phun tại vị trí rơi xuống mực nước hạ lưu

$$\tan \theta = \sqrt{\tan^2 \alpha_0 + \frac{2gZ_2}{V_1^2 \cos^2 \alpha_0}} \quad (2-44)$$

3) Chiều sâu hố xói

a) Coi chiều sâu hố xói bằng chiều sâu của bể tiêu năng

$$d_x = \sigma h''_c - h_h \quad (2-45)$$

Với: σ – hệ số ngập $\sigma = 1,05 \div 1,1$;

h''_c – độ sâu liên hiệp với độ sâu h_c tại mặt cắt co hẹp ở đáy hố sâu.

b) Theo A.N Patrasep: d_x của đất không dính là:

$$d_x = 3,9 \cdot q^{0,5} \left(\frac{Z_0}{d_{90}} \right)^{0,25} - h_h \quad (2-46)$$

Trong đó:

q – lưu lượng đơn vị;

$Z_0 = E_0 - h_h$ – năng lượng toàn phần của dòng chảy lấy đối với mực nước hạ lưu;

D_{90} – đường kính của hạt mà trọng lượng của các hạt không lớn nó chiếm 90%.

c) Theo Damarin:

$$dx = \frac{N \cdot q \sin \theta}{\sqrt{V' \cdot V_{cp}}} - h_h \quad (2-47)$$

Trong đó:

V' – vận tốc dòng phun tại nơi gặp mực nước hạ lưu;

V_{cp} – vận tốc cho phép không xói của đất nền;

θ – góc nghiêng của dòng phun khi gặp mực nước hạ lưu;

N – lấy số phụ thuộc vào chiều cao mũi phun so với mực nước hạ lưu p và N được lấy theo bảng (2-4)

Bảng 2 - 4: Hệ số N

P (m)	2	3	4	5	6	7	8
N	4,3	4,6	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8

d) Theo M.X. Vuzgô:

$$d_x = K_a \cdot K \cdot \sqrt{q \cdot \sqrt{P + \frac{\alpha \cdot V_1^2}{2 \cdot g}}} - h_h \quad (2-48)$$

Trong đó: q - lưu lượng đơn vị ($m^3/s.m$);

K_a – hệ số kể đến hàm khí (theo bảng 2-5);

K – hệ số xói lở nếu $V_{cp} > 0,71 \frac{q}{h_c^{1/3}}$ thì $K = 1,34$. Nếu $V_{cp} < 0,71 \frac{q}{h_c^{1/3}}$ thì K lấy theo

bảng (2-6);

V_{cp} – lưu tốc cho phép với loại đất nền tính toán;

P – chiều cao mũi phun so với mực nước hạ lưu;

$h_c^{1/3}$ - độ sâu liên hiệp với h_c tính tại mặt cắt co hẹp ở cao trình mực nước hạ lưu.

Bảng 2- 5: Trị số của hệ số K_a

Chiều sâu h_1 (m)	Khi lưu tốc V_1 (m/s)				
	5	10	15	20	25
0.2	0.7	0.64	0.62	0.61	0.60
0.5	0.88	0.71	0.66	0.63	0.62
0.7	1.0	0.90	0.70	0.66	0.64

Bảng 2- 6: Trị số của hệ số K

Loại đất	Trị số K khi góc θ (độ)					
	0	12	25	40	60	90

Rất yếu	1.4	1.8	2.4	2.8	3.3	4.5
Chắc	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.3

4) Chiều dài hố xói:

Chiều dài hố xói có thể tính bằng chiều dài bể tiêu năng hoặc tính theo:

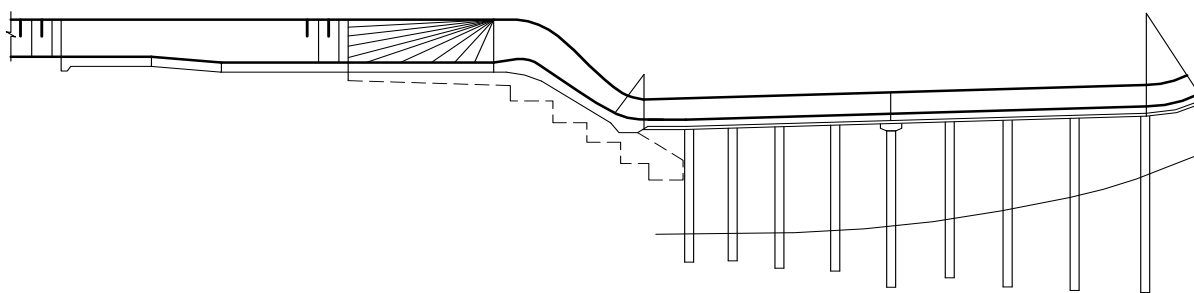
$$L_x = 2h_k + 4,5 d_x \quad (2-49)$$

Với quan điểm cho rằng hố xói có dạng hình thang: đáy có chiều rộng bằng $2h_k$, mái thượng lưu $m_1 = 3$, mái hạ lưu $m_2 = 1,5$.

Trong tính toán hố xói ở tiêu năng phóng xa ta phải chọn góc mũi phun α_0 hợp lý sao cho giá trị d_x/L là nhỏ nhất. Mặt khác phải tính với nhiều cấp lưu lượng khác nhau để vẽ được đường bao hố xói.

4.3. Một số hình thức kết cấu tiêu năng phóng xa

1) Máng phun trên nền mềm: (Hình 2-21)



Hình 2 - 21 : Cắt dọc máng phun trên nền mềm

Hình thức máng phun trên nền mềm [6] có hai kiểu chính:

- Sau tràn là máng dẫn đặt trên cọc. Chiều sâu cắm cọc bằng độ sâu lớn nhất hố xói.
- Sau tràn là dốc nước, cuối dốc nước là mũi phun.

Tổng kết hai kiểu này, tỉnh Sơn Tây (Trung Quốc) nhận thấy: So với dùng các kiểu khác tiết kiệm 16,6% ÷ 60% khối lượng công trình, 23% ÷ 54% kinh phí.

Theo dõi quá trình vận hành của các công trình kiểu tràn máng phun rút ra nhận xét: Góc nghiêng của mũi phun $\alpha_0 \approx 30^\circ$ là thích hợp nhất, trên mũi phun có thể bố trí các rãnh phân dòng (dạng răng cưa), giảm được chiều sâu hố xói nhưng cần chú ý tới hiện tượng xâm thực do khí thực, khi lưu lượng tháo nhỏ trên máng có thể xuất hiện nước nhảy.

2) Máng phun dạng thu hẹp

a) Ưu điểm của máng phun dạng thu hẹp

Cuối mũi phun có thể mở rộng để khuếch tán tốt, nhưng cũng có thể thu hẹp để tăng cường khuếch tán theo phương đứng, tăng diện tiếp xúc không khí với nước, thúc đẩy trọng khí, khuếch đại dòng phun lao vào mặt nước, giảm nhỏ xung kích trên một đơn vị diện tích dòng sông hạ lưu, giảm hiện tượng xung vỗ.

Ví dụ: Trần xả lũ Almendra (Tây Ban Nha) xây dựng năm 1970, chiều rộng ngưỡng tràn 15m, chiều rộng đường dẫn 5m, chiều rộng mũi phun 2,5m, lưu lượng đơn vị ở mũi phun là $600\text{m}^3/\text{s.m}$ và lưu tốc đạt tới 40m/s.

b) *Đặc điểm dòng chảy:*

So với dòng chảy trong máng có bề rộng không đổi, dòng chảy qua máng phun thu hẹp có những đặc điểm khác:

- Lưu tốc ra khỏi mũi phun lớn hơn;
- Chiều dài phun xa lớn hơn;
- Dòng chảy khi gặp nước hạ lưu tản ra theo cả hai phương ngang và đứng.
- Lựa chọn số Froude $Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}}$ có quan hệ với mức độ thu hẹp $\beta = \frac{B_1}{B}$ (hình 2-

22)

- Lựa chọn 2 giá trị này thích hợp sẽ đạt được trạng thái khuếch tán theo chiều dọc tốt nhất, nếu hai đại lượng này không phù hợp sẽ xuất hiện dòng chảy không bình thường.

Khi $\sqrt{Fr} < 3,3$ có khả năng xuất hiện nước nhảy, có khuếch tán dọc khá.

Khi $\sqrt{Fr} > 10$ có thể xuất hiện sóng xung kích.

Khi $3,3 \leq \sqrt{Fr} \leq 4,5$ có khuếch tán dọc, nhưng trạng thái dòng chảy chưa tốt lắm.

Khi $4,5 \leq \sqrt{Fr} \leq 10$ có dòng chảy thuận hơn.

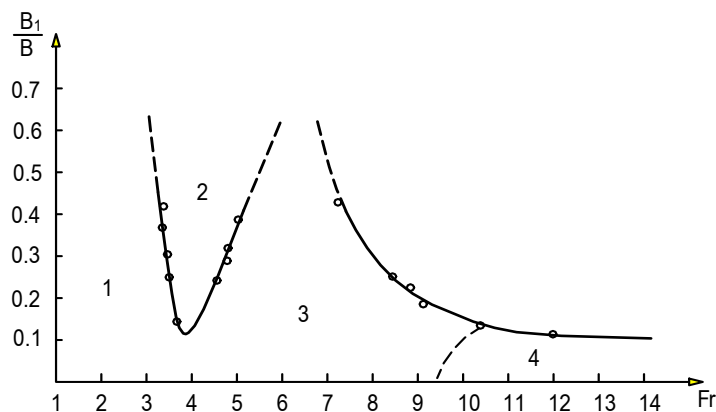
Tiêu chuẩn để chọn cặp $\sqrt{Fr} \sim \beta$ là không chế không cho xuất hiện nước nhảy và sóng xung kích nghiêm trọng.

c) *Đặc tính tiêu năng:*

Từ thực nghiệm chỉ ra rằng: Khi B_1/B càng nhỏ thì vị trí sâu nhất của hố xói càng xa mũi phun và phạm vi hố xói càng nhỏ. Khi β tăng thì $T_{\max}/H$ cũng tăng (với H – chênh lệch mực nước thượng hạ lưu, $T_{\max}$ – chiều sâu lớn nhất của hố xói tính từ mặt nước hạ lưu).

- Khi lưu lượng tăng thì $T_{\max}/L_{\max}$ giảm như vậy khi lưu lượng lớn thì hiệu quả tiêu năng của khe hẹp càng lớn.

- So sánh giữa loại dòng phun thu hẹp và dòng phun không thu hẹp thấy chiều sâu tương đối $T_{\max}/H$ ở mũi phun có thu hẹp giảm nhỏ 40%.



Hình 2 - 22 Quan hệ $Fr \sim \beta = B_1/B$

d) Chiều sâu hố xói:

Trong trường hợp dùng mũi phun có thu hẹp, Viện nghiên cứu Thủy lợi, Thủy điện Trung Quốc đã đề xuất:

$$T_{\max} = K_1 \cdot K_2 \frac{Q}{A} P^{m/2} \quad (2-50)$$

Trong đó:

K_1 – hệ số phụ thuộc địa chất;

K_2 – hệ số phụ thuộc vào dòng chảy;

Q – lưu lượng xả;

A – tổng diện tích nước vào;

p – chiều cao mũi phun so với mực nước hạ lưu;

m – hệ số.

e) Cấu tạo một số bộ phận:

+ Góc phóng α_0 : Cần chọn sao cho hợp lý thông thường chọn $\alpha_0 = 0$

+ Mức độ thu hẹp β chọn tùy theo p . Nghiên cứu đã chỉ ra rằng: β càng nhỏ thì hiệu quả tiêu năng càng tăng, nhưng áp lực nước vào thành bên cũng tăng.

+ Về chiều dài đoạn thu hẹp l , thực nghiệm đã chỉ ra l phụ thuộc vào β và nên chọn l lớn hơn $3B$, với B là bề rộng của máng dẫn trước khi thu hẹp.

+ Thành bên: Dạng thành bên chọn sao cho sóng xung kích (sinh ra do thu hẹp) gặp nhau ở cuối thu hẹp. Có 3 dạng thành bên: Dạng bán kính cong trong, dạng thẳng, dạng bán kính cong ngoài.

Chiều cao thành bên: Xác định theo đường mực nước. Khi quyết định độ cao của thành phải xét đến điểm giao của sóng xung kích, áp lực vào thành bên.

3) Máng phun có tường phân dòng dạng hình nêm:

Đây là hình thức máng phun, ở gần mũi phun dòng chảy được chia dòng dạng hình nêm. Dòng chảy qua các khe được thu hẹp dần. Đến mũi phun các dòng co hẹp khuyếch tán theo phương đứng phun vào không khí, khả năng trộn khí tăng lên. Tại khu vực có dòng hình nêm chiều cao của tia nước tăng gấp 3 ÷ 4 lần và áp lực nước lên mặt công trình tăng lên.

Qua kết quả nghiên cứu ở Trung Quốc, khi có bố trí nêm chia dòng thì hố xói giảm đi nhiều.

Khả năng trộn khí của dòng hình nêm tăng lên vì:

- Dòng chảy trong vùng nêm bị ép nên tăng khả năng khuyếch tán theo chiều vuông góc.
- Diện tích mặt tiếp xúc của dòng sau nêm tăng lên nhiều.
- Quá trình tiếp xúc với không khí, dòng chảy hình nêm phát triển rồi mạnh mẽ nên khi ra khỏi khu vực co hẹp mức độ thẩm khí tăng lên

Hình dạng dòng nêm thể hiện qua các tham số:

- Mức độ co hẹp β ;
- Góc mở của nôm θ_1 ;
- Hệ số đặc trưng $M = \frac{L}{H_c}$, với L là khoảng cách ngang từ chỗ nôm bắt đầu mở

rộng đến vị trí cao nhất của tường và H_c là cột nước thiết kế.

Kinh nghiệm thiết kế của Trung Quốc thường chọn $\beta = 0,5 \div 0,7$; $\theta = 19^\circ \div 20^\circ$; $M = 0,85$

4) Các hình thức khác của tiêu năng phóng xa

Ngoài những hình thức đã nêu ở trên, tiêu năng phóng xa còn có các hình thức sau:

- Mũi phun có bề rộng không đổi hoặc mở rộng.
- Mũi phun có hình thức liên tục hoặc mũi phun lệch hình chữ nhật hoặc mũi phun lệch hình thang.
- Mũi phun nhiều tầng, mỗi tầng đặt ở một độ cao.
- Mũi phun có kết hợp xả mặt với xả đáy.

Việc lựa chọn hình thức tiêu năng phóng xa cần thông qua phân tích các điều kiện tự nhiên (địa hình, địa chất, dòng chảy lũ), yêu cầu kỹ thuật và quy mô công trình, điều kiện kinh tế - kỹ thuật và đôi khi phải thông qua thí nghiệm mô hình thủy lực.

V. CÁC THIẾT BỊ TIÊU NĂNG PHỤ

Trong nối tiếp và tiêu năng ở hạ lưu các công trình thủy lợi, nhất là với dòng chảy có lưu tốc cao, để tăng cường hiệu quả tiêu hao năng lượng thừa, chúng ta còn sử dụng các thiết bị tiêu năng phụ. Tuy nhiên trong thiết kế cũng cần phải chú ý tới các hiện tượng xâm thực do khí thực hoặc mài mòn xảy ra xung quanh các thiết bị tiêu năng phụ, hiện tượng các vật nổi va đập vào các thiết bị này. Đôi khi cần phải qua thí nghiệm mô hình để chọn hình dáng, kích thước và bố trí thiết bị tiêu năng phụ cho hợp lý.

Các thiết bị tiêu năng phụ có thể chia ra:

- Loại mố nhám dùng trong lòng máng dẫn.
- Loại mố tiêu năng dùng ở bề hoặc ngưỡng tiêu năng.
- Loại tường phân dòng.

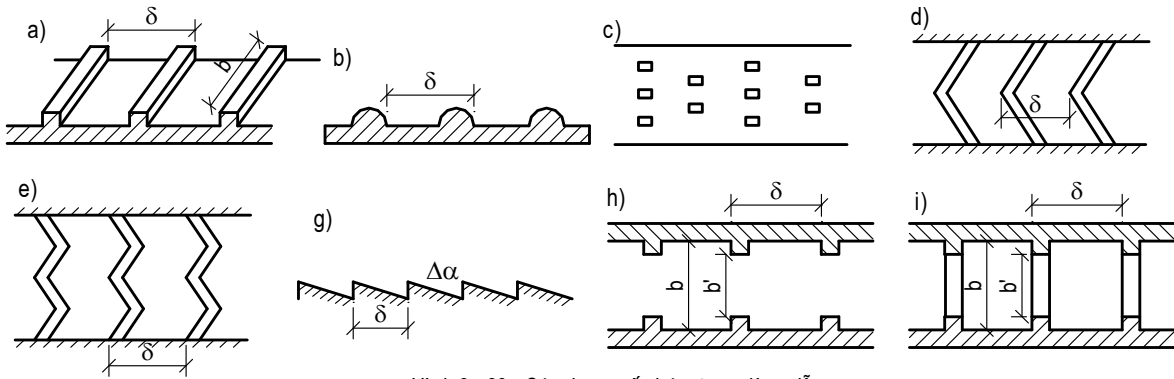
5.1. Mố nhám dùng trong lòng máng dẫn

Mố nhám nhân tạo dùng trong lòng máng dẫn là các vật cản có hình dạng, kích thước rất khác nhau, thường đặt ở đáy và có khi đặt hai bên thành máng.

1. Loại mố nhám ở đáy có các kiểu :

- Kiểu mố nhám bằng dầm chữ nhật đặt thẳng góc với dòng chảy (hình 2-23a).
- Mố nhám bằng các dầm nửa tròn đặt thẳng góc với dòng chảy (hình 2-23b).

- Mố nhám quân cờ đặt ở đáy theo hình bàn cờ (hình 2-23c).
- Mố nhám chữ V ngược dòng (hình 2-23d).
- Mố nhám hình W (hình 2-23e).
- Mố nhám răng cưa đặt xuôi dòng (hình 2-23g) hoặc ngược dòng.



Hình 2 - 23 : Các dạng mố nhám trong lòng dẫn

2. Kiểu mố nhám đặt hai bên thành bờ (hình 2-23h).

3. Kiểu mố nhám ở đáy và cả hai bên thành bờ (hình 2-23i).

Việc tính toán thủy lực cho máng có độ nhám gia cường trong điều kiện dòng đều vẫn dùng các công thức chung, chỉ có khác là dùng hệ số Sêdi (C_{gc}), hệ số sức cản của Đácxy (λ_{gc}) và độ nhám gia cường (n_{gc}) tương ứng với từng loại, từng kiểu mố nhám.

Khi tính toán thủy lực cho dốc nước có mố nhám gia cường trong điều kiện dòng đều, người ta vẫn áp dụng công thức Sêdi:

$$v = C_{gc} \sqrt{Ri} = \sqrt{\frac{8g}{\lambda_{gc}}} \sqrt{Ri} = \sqrt{\frac{1}{n_{gc}}} \sqrt{Ri} \quad \text{với } C_{gc} = \frac{1}{n_{gc}} \quad (2-51)$$

Trong đó các hệ số Sêdi (C_{gc}), hệ số sức cản Đácxy (λ_{gc}) là tính cho trường hợp dốc nước có bố trí nhám nhân tạo.

Thông qua kết quả thí nghiệm, các nhà nghiên cứu đã đề xuất nhiều công thức tính toán. Dưới đây xin giới thiệu một vài công thức được ứng dụng rộng rãi.

Công thức Picalóp: Áp dụng cho mố nhám hình 2-23a, b, c, d, e (riêng loại như hình 2-23e chỉ áp dụng cho loại có mũi nhọn đặt xuôi dòng).

$$1000.n_{gc} = (a^* - b^*\sigma^* + c^*\beta)S \quad (2-52)$$

Trong đó : $\sigma^* = \frac{h}{\Delta}$ - độ nhám tương đối

$\beta = \frac{b}{h}$; bề rộng tương đối;

h – chiều sâu của nước trên mố nhám;

Δ - chiều cao của mố nhám;

i – độ dốc lòng dẫn.

b – bề rộng của dốc nước tiết diện chữ nhật.

a^* , b^* , c^* , S - các hệ số lấy ở bảng 2 - 7.

Bảng 2-7: Trị số a^* , b^* , c^* , S trong công thức 2-52

Kiểu mô nhám	a^*	b^*	c^*	S ứng với độ dốc $i\%$				Phạm vi sử dụng	
				4 ÷ 6	10	15	20	σ^*	β
2-23a	47,48	1,17	0,075	0,9	1,1	1,0	0,9	2,5÷8	1÷12
2-23b	50,49	3,26	0,21	0,9	1,1	1,0	0,9	1,5÷7	1÷12
2-23c	52,0	5,1	-0,8	1	1,0	1,0	1,0	2÷5	1÷8
2-23d	85,77	3,85	-0,8	0,75	0,9	1,0	1,0	3,5÷8	1÷6
2-23e xuôi dòng	116,1	6,1	-1,2	0,75	0,8	1,0	1,0	5÷12	1÷12

Công thức Aivadian: Áp dụng cho mô nhám hình 2-23a, d, c

$$\gamma_{gc} = M + 2i2 + N \cdot \lg\left(\frac{1}{\sigma^*} \cdot \frac{b}{x} \cdot \frac{1}{\sqrt{F_r}}\right) \quad (2-53)$$

Công thức (2-53) ứng dụng trong điều kiện $\delta = 7\Delta$ và $\sigma^* \geq 3$, trong đó M , N lấy theo bảng 2-8, x là chu vi ướt.

Bảng 2-8: trị số M , N trong công thức (2-53)

Kiểu mô nhám	M	N
2-23a	0,050	14
2-23d	0,056	16
2-23e dạng xuôi dòng	0,065	23
2-23e dạng ngược dòng	0,070	20

Công thức Damarin: Áp dụng cho mô nhám hình 2-23g:

$$1000n_{gc} = A - B\sigma^* + 10 \sqrt[3]{\beta} \quad (2-54)$$

Công thức (2-54) ứng dụng trong điều kiện $B = 0,67$ khi mô răng cưa đặt xuôi dòng và $B = 1,33$ khi mô răng cưa đặt ngược dòng. Hệ số A lấy ở bảng 2-9

Bảng 2-9: Trị số A trong công thức (2-54)

Loại răng	$i\%$	6	9	12
Xuôi dòng	Trị số A	19	21	22
Ngược dòng		33	36	38

Công thức Phancovich: Áp dụng cho mô nhám hình 2-23h:

$$1000n_{gc} = \frac{r}{\varepsilon} + \frac{s}{\sqrt{\beta'}} - t \quad (2-55)$$

Trong đó: $\beta' = \frac{b'}{h}$; $\varepsilon = \frac{b}{b'}$

Các hệ số r, t, s lấy ở bảng 2-10.

Công thức Phancovich áp dụng cho mô nhám hình 2-23i:

$$1000n_{gc} = \frac{r}{\varepsilon} - s\sqrt{\sigma^2 - t'^2} \quad (2-56)$$

Các hệ số r', t', s' cũng lấy ở bảng 2-10.

Bảng 2-10: Các trị số r, t, s, r', t', s' trong công thức (2-25 và 2-26)

i%	r	s	t	r'	s'	t'
6	121	37,1	122	147	18,8	85
10	131	31,2	134	155	28,2	73
15	130	61,5	131	251	32,0	165

Các công thức (2-52), (2-54), (2-56) áp dụng với điều kiện $\delta = 8\Delta$. Riêng mô nhám dạng hình quân cờ (hình 2-23c) thì dùng với $\delta = 4\Delta$ và $\beta = \frac{b-m\Delta}{h+\Delta}$, (với m- số mô (quân cờ) trong một hàng, δ -khoảng cách giữa hai hàng mô).

Qua các công thức từ (2-52) ÷ (2-56) và mối liên hệ giữa vận tốc với các đại lượng C_{gc} , λ_{gc} , n_{gc} biểu thị qua công thức Sêdi cho thấy vận tốc dòng chảy xiết trên dốc nước chịu ảnh hưởng của các thông số đặc trưng của mô nhám như: Loại mô nhám, độ nhám tương đối (H/Δ), bề rộng tương đối của dốc nước (B/H), độ sâu dòng chảy H trên mô nhám, khoảng cách δ giữa 2 hàng nhám liền kề.

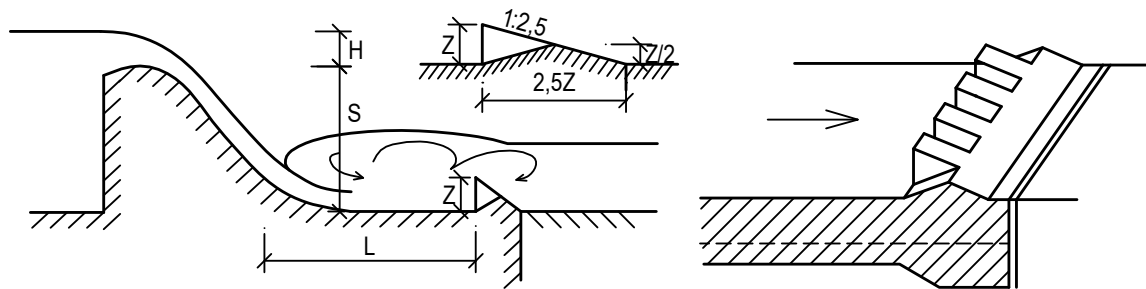
Từ công thức xác định trị số Froude của dốc nước có tiết diện chữ nhật bề rộng không đổi $Fr = \frac{V^2}{g h}$ cũng có thể nói rằng, khi bố trí mô nhám nhân tạo trên dốc nước, các thông số như: H, B, Δ , δ ảnh hưởng đến mức độ xiết của dòng chảy trên dốc nước.

5.2- Mô tiêu năng dùng ở bể hoặc ngưỡng tiêu năng

Mô tiêu năng ở ngưỡng được bố trí liên tục hoặc lệch gọi là ngưỡng răng. Mục đích bố trí chúng là để một mặt giữ ổn định nước chảy trong bể, mặt khác hướng dòng chảy lên bề tránh xói lở lòng dẫn sau ngưỡng. Hình 2-24 là ngưỡng răng theo Rehbock, kích thước của tường răng được xác định theo công thức kinh nghiệm của Rehbock:

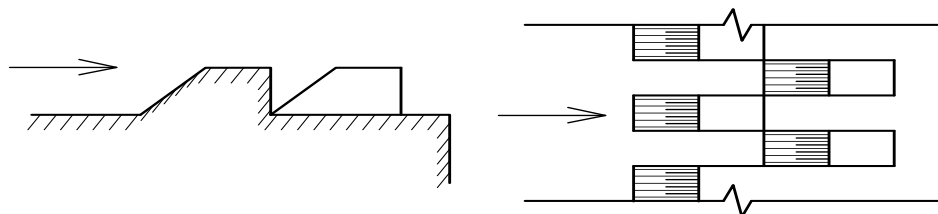
$$Z = 0,08.h^{2/3} S^{1/3} \quad (2-57)$$

$$L = 2.h + 0,125S \quad (2-58)$$



Hình 2 - 24 : Ngưỡng răng theo Rehbock

Hình 2-25 là một kiểu ngưỡng răng của Smircek. Mố nhám đặt ở đáy bể có nhiệm vụ nâng cao hiệu quả tiêu hao năng lượng thừa của bể, giảm chiều sâu và chiều dài bể, phát huy hiệu quả của bể ngay cả khi tràn nước không đối xứng. Cũng có nhiều nhà nghiên cứu đi sâu về các loại mố nhám này.

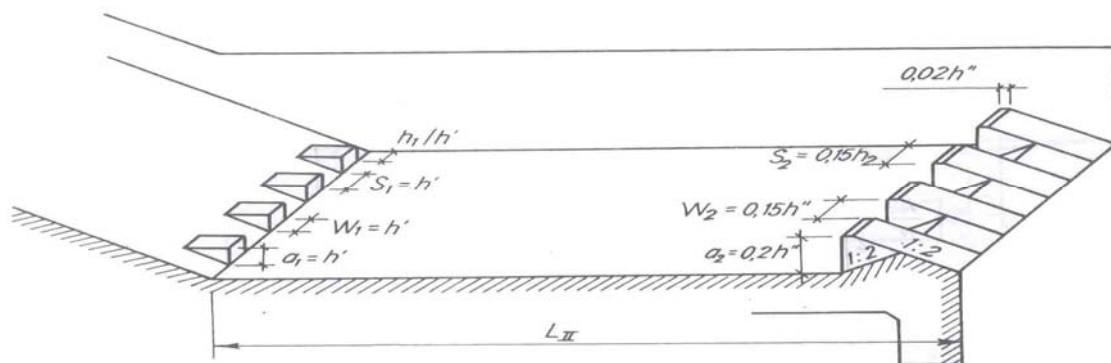


Hình 2 - 25 : Ngưỡng răng theo Smircek

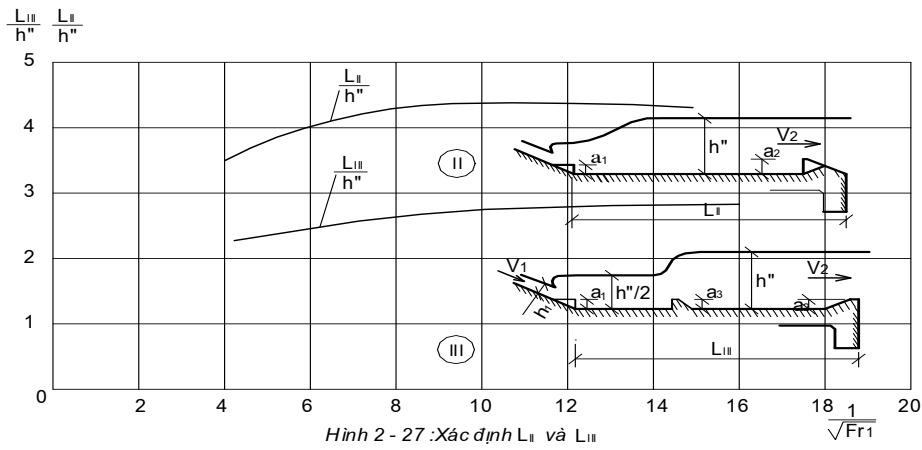
Bradley – Peterka [7] đã tiến hành hàng loạt các thí nghiệm với bể có bố trí các mố tiêu năng khác nhau và đã chọn ra được các kích thước và bố trí mố hợp lý.

Các mố này được đặt ở đầu bể và cuối bể (gọi kiểu này là kiểu II) và tác giả giới thiệu kích thước các mố này trên 2-26.

Độ dài nhỏ nhất L_{II} được chọn theo trị số $\sqrt{Fr_1} = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot h'}}$ ở hình 2-27



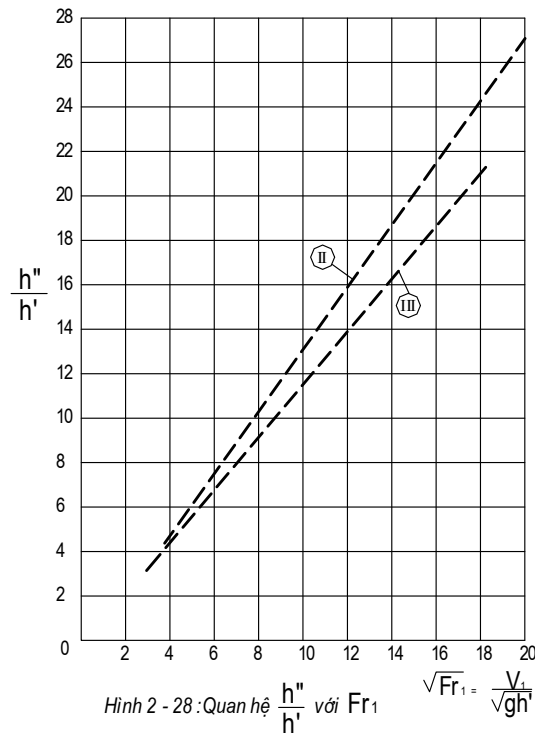
Hình 2-26: Kích thước mô tiêu năng kiểu II



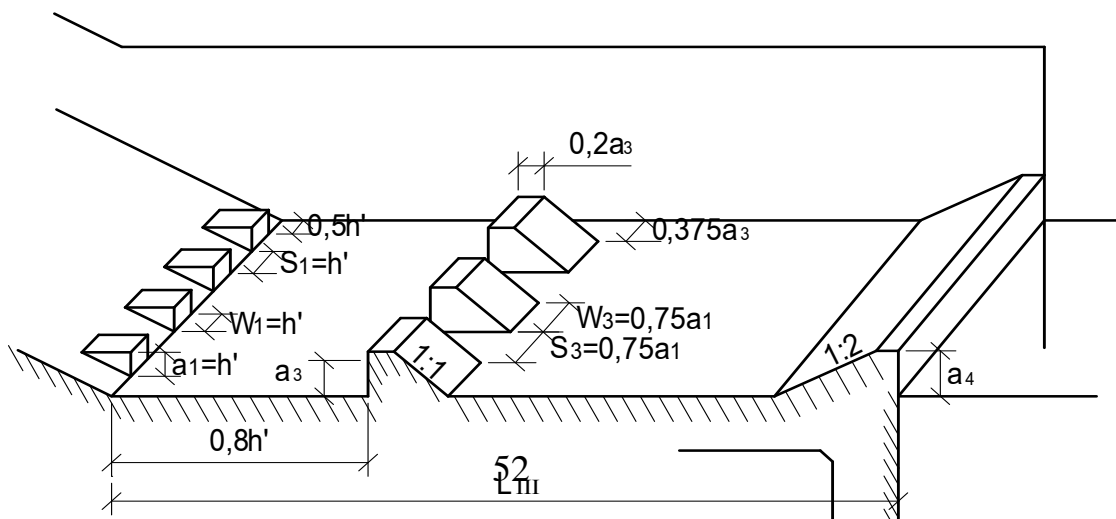
Hình 2 - 27 : Xác định L_{II} và L_{III}

Trong đó h' , h'' là các độ sâu liên hiệp của nước nhảy. Giá trị nhỏ nhất của độ sâu sau nước nhảy h'' trong bể có bố trí mố nhám như ở hình 2-26 được xác định theo hình 2-28. Chỉ nên dùng kiểu II này khi $\sqrt{Fr_1} > 4$.

Bardley – Peterka bằng nghiên cứu thực nghiệm còn đưa ra bể có ba hàng mố nhám gọi là kiểu III – (một hàng ở đầu, một hàng ở giữa, một hàng ở cuối bể) và đề nghị dùng các kích thước như biểu thị ở hình 2-29.

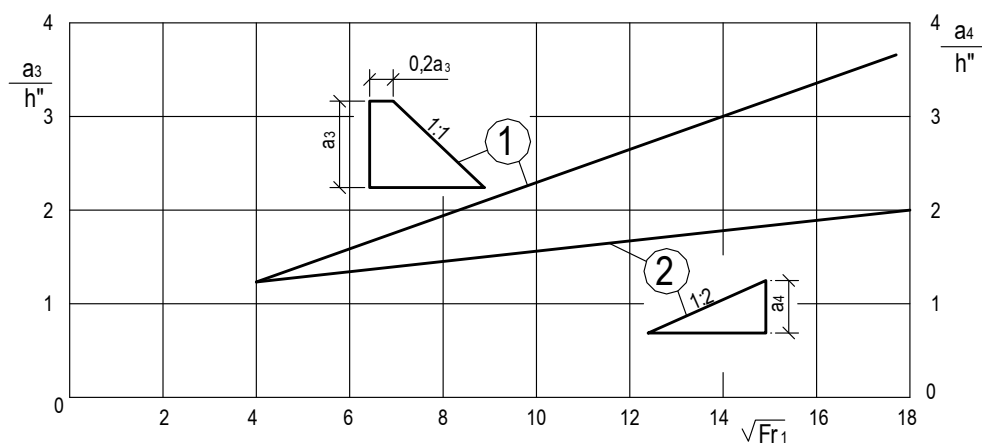


Hình 2 - 28 : Quan hệ $\frac{h''}{h'}$ với Fr_1



Hình 2 - 29 : Kích thước các mố trong bể theo kiểu III

Độ dài tối thiểu của bể (L_{III}) được xác định theo hình 2-27 và h'' cũng được xác định ở đồ thị hình 2-28. Chiều cao của mô nhám tiêu năng ở giữa bể và ở cuối theo kiểu III được xác định theo hình 2-30.

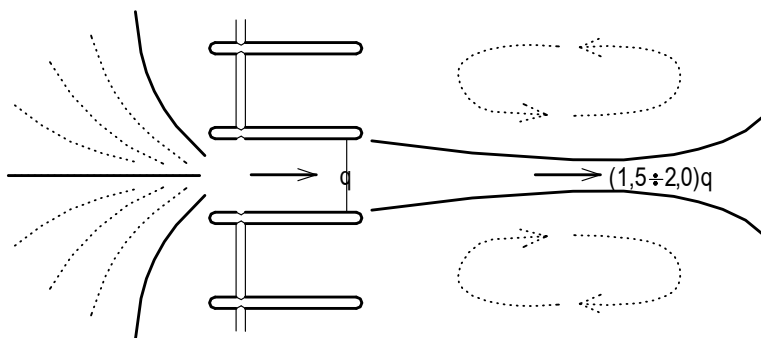


Hình 2 - 30: Xác định chiều cao mô và ngưỡng theo kiểu III

Các kết quả giới thiệu ở trên chỉ nên sử dụng với lưu lượng đơn vị $q < 18^3/\text{sm}$ và lưu tốc trên đỉnh mô $V < (15 - 18) \text{ m/s}$. Nước nhảy trong bể là ổn định khi $\frac{a}{h} < 4$. Với lưu tốc lớn hơn phải có điều chỉnh hình dạng mô để chống xâm thực.

5.3 Tường phân dòng

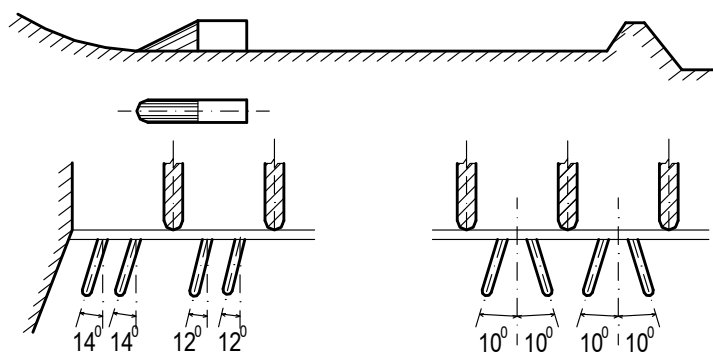
Ở nhiều công trình tháo, xả, dẫn chuyển nước vì nhiều lý do khác nhau có khi chỉ có một số khoang cửa nhất định hoạt động. Trong những trường hợp này lưu lượng đơn vị tăng thêm từ 50% - 100% (hình 2-31).



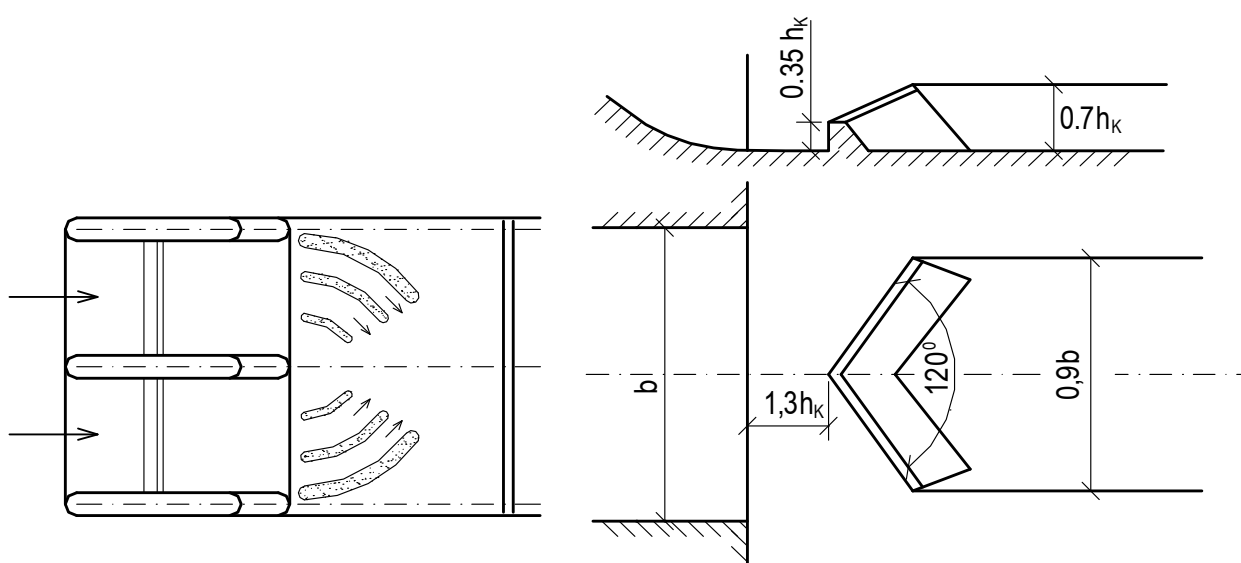
Hình 2 - 31 : Cơ hợp khi mở một cửa

Bởi vậy chúng ta phải có giải pháp đặc biệt để tránh dòng chảy quanh co, uốn lượn và nhanh chóng khuếch tán đều. Bể có bố trí tường phân dòng, hướng dòng được mô tả ở hình 2-32 là theo đề nghị của Karaulov.

Tường dài tới 10m cao 2,5m. Ở các khoang biên được bố trí nghiêng theo một phía với góc nghiêng giảm dần khi ra xa biên. Việc lựa chọn thích hợp nhất chỉ có thể tìm thấy qua thí nghiệm mô hình. Chúng ta có thể xem xét kiểu tường phân dòng do Fomitrev đề nghị (hình 2-23) hoặc do Cumin đề nghị (hình 2-34).



Hình 2 - 32 : Hướng dòng vào bể theo Karaulov



Hình 2 - 33 : Thiết bị hướng dòng vào bể
theo Fomitrev

Hình 2 - 34 : Hướng dòng vào bể theo Cumin

CHƯƠNG 3: TÍNH TOÁN XÓI LÒNG DẪN Ở HẠ LƯU CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

I.KHÁI NIỆM CHUNG

Việc xây dựng công trình thủy lợi trên sông, trên kênh đã phá hủy trạng thái cân bằng của lòng dẫn và có thể dẫn đến xói ở hạ lưu. Xói xuất hiện ngay ở chân công trình, nơi có lưu tốc rất lớn lại phân bố không đều, nơi có mạch động lưu tốc và áp lực rất lớn. Đất xói một phần bị cuốn lốc vào trong các xoáy nước, phần khác được mang về hạ lưu rồi lắng đọng tạo thành các bãi bồi.

- Quá trình xói [8] có thể chia thành ba giai đoạn:

1. Giai đoạn đầu: Xói trong khoảng thời gian tương đối ngắn, hố xói được tạo nên rất nhanh (các kích thước hình học của hố xói tăng rất nhanh theo thời gian).

2. Giai đoạn hai: Tiếp theo giai đoạn đầu, xói trong giai đoạn này diễn ra từ từ. Sự phá hủy lòng dẫn diễn ra tương đối chậm. Thời gian diễn ra giai đoạn này là rất lớn.

3. Giai đoạn ba: Sự mở rộng của xói đến một chiều dài nhất định ở hạ lưu dẫn đến giảm cao trình đáy của lòng dẫn. Giai đoạn này kéo dài bao lâu tùy thuộc vào độ dốc của lòng dẫn.

- Xói cục bộ của lòng dẫn ngay sau chân công trình tháo nước do rất nhiều nguyên nhân khác nhau :

1. Do không tiêu hao hết năng lượng thừa của dòng nước chảy từ thượng lưu về.

2 Việc co hẹp lòng dẫn (do xây dựng công trình) đã dẫn đến việc tăng lên một cách đáng kể lưu lượng đơn vị và lưu tốc dòng chảy sau công trình trong sự so sánh với lưu lượng, lưu tốc trong những điều kiện tự nhiên. Ở hạ lưu công trình xuất hiện dòng chảy với mạch động rất lớn của lưu tốc và áp lực. Chính mạch động này làm tăng khả năng xói của dòng chảy lên nhiều lần.

3. Do hình thức, kích thước và vật liệu không hợp lý ở nhiều bộ phận kết cấu công trình tạo nên những hiện tượng thủy lực có lợi cho sự xuất hiện xói.

4. Sử dụng công trình không theo quy trình, cá biệt lại không có quy trình. Không kịp thời bảo dưỡng, tu sửa công trình.

5. Dòng chảy qua công trình vượt qua sức chịu theo thiết kế của nó.

Xói không có dự báo trước, có thể xảy ra với chế độ chảy đầy và cả chế độ chảy mặt ở hạ lưu công trình.

Xói sau các công trình dẫn nước, tháo nước, lấy nước đã được nhiều nhà khoa học quan tâm. Các nhà nghiên cứu thủy lực, thủy công ở nhiều nước khác nhau đã thu được những kết quả nhất định về nguyên nhân, bản chất củ xói về các kích thước hình hoặc của hố xói, hình dạng hố xói và xói theo thời gian.

Ter - Arakelian đã phân tích các kết quả thí nghiệm của Tarajmovic và Ixbas và đi tới kết luận: Xói là hàm số của chênh lệch động năng dòng nước tại mặt cắt cuối đoạn gia cố và mặt cắt ngay sau hố xói.

Chalunina không đồng ý với kết luận của Ter - Arakelian, mà cho rằng không thể thiết lập một cách đơn giản, phần nào động năng tạo nên hố xói và phần nào biến đổi thành thế năng. Chalunina lưu ý tới lưu tốc không xói mà Ter - Arakelian chưa đề cập đến.

Vuzgô trong nghiên cứu của mình về xói sau đoạn sân gia cố đã rút ra kết luận: Xói phụ thuộc trước tiên vào mực nước hạ lưu và sự phân bố lưu tốc sau nước nhảy.

Nghiên cứu của Cumin đặc biệt nhấn mạnh hệ số α đặc trưng cho sự phân bố lưu tốc trong vùng nước nhảy. Trong vấn đề xói, Cumin đã thu tóm trong hệ số phân bố tổng hợp có ảnh hưởng của sự phân bố lưu tốc trung bình mặt cắt và cả ảnh hưởng của mạch động lưu tốc xảy ra với mức độ cao:

$$\alpha = \alpha_v + \alpha_p \quad (3-1)$$

Trong đó:

α_v : Hệ số kể đến sự phân bố không đều của lưu tốc;

α_p : Hệ số kể đến mạch động của lưu tốc.

Chính mạch động trong và sau nước nhảy đã làm tăng khả năng xói của dòng chảy. Điều đó đã được chỉ ra trong những kết quả nghiên cứu của Lê vi.

Grund chỉ ra một thực tế là: Nghiên cứu sự xuất hiện xói trước tiên phải tìm ở những tính chất đặc biệt của cấu trúc bên trong nước nhảy. Ông khái quát trường lưu tốc của nước nhảy bằng ba miền có tác dụng tương hỗ lẫn nhau.

Novak bằng kết quả thí nghiệm của mình đã chỉ ra ảnh hưởng của mực nước hạ lưu, ngưỡng, bề tiêu năng đến hố xói.

- Xói cục bộ sau công trình thủy lợi phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau

1. Các yếu tố của công trình:

- Chiều cao ngưỡng tràn;
- Hình dạng kích thước và vị trí cửa van;
- Chiều dài toàn bộ đoạn gia cố;
- Hình thức và kích thước thiết bị tiêu năng;
- Chiều rộng tràn nước và chiều rộng lòng dẫn hạ lưu;
- Hình dạng và kích thước móng trụ;
- Hình dạng mặt tràn;
- Hình dạng và kích thước công trình nối tiếp;
- Độ dốc dòng dẫn.

2. Các yếu tố thủy lực, thủy văn:

- Khối lượng riêng của nước, hệ số nhớt động học;

- Lưu tốc trung bình mặt cắt;
- Sự phân bố của lưu tốc biểu thị qua hệ số Coriolis: α ;
- Mức độ chảy rối của dòng chảy;
- Mức nước hạ lưu;
- Chênh lệch mực nước thượng hạ lưu;
- Lưu lượng đơn vị;
- Hàm lượng bùn cát trong dòng nước;

3. Các yếu tố của đất nền:

- Khối lượng riêng của đất nền;
- Hình dạng, kích thước hạt;
- Đường cong cấp phối hạt;
- Các chỉ tiêu cơ lý khác của đất nền.

Các yếu tố trên đồng thời ảnh hưởng đến xói sau công trình thủy lợi. Cho nên có thể nó xói là kết quả của sự tác động tương hỗ giữa công trình, dòng chảy và đất nền.

Đập tràn, cống và nhiều loại công trình khác có thể bị phá hủy bởi sự xuất hiện xói không tính trước. Cống Islam ở Ấn Độ được xây dựng trên sông Xatlei vào năm 1927. Cống có 24 cửa, mỗi cửa rộng 18,3m. Năm 1929 cống bị sự cố lớn bờ xuất hiện xói không tính trước ở hạ lưu. Lúc đầu là hố xói nhỏ nhưng sau lớn dần lên làm mực nước hạ lưu giảm, bằng cách đó nước nhảy xảy ra ngoài bề. Nguyên nhân sự cố Islam là không tiêu hao hoàn toàn năng lượng thừa.

Ở sông Yabe (bang California – USA) năm 1904 người ta xây dựng một đập tràn cột nước thấp. Năm 1970 đập này bị gãy và ngừng hoạt động vì ở hạ lưu xuất hiện hố xói với chiều sâu lớn nhất của hố xói là 5,8m.

Ở nước ta có hàng loạt cống bị xói ở hạ lưu (bảng 3-1). Có cống khắc phục xói nhiều lần vẫn xói. Một số công trình tràn xả lũ cũng gặp xói lở nghiêm trọng [12]:

Bảng 3-1: Xói lở ở hạ lưu một số cống lộ thiên.

TT	Tên cống	Chiều rộng tràn nước (m)	Cột nước tràn thiết kế (m)	Chiều sâu lớn nhất của hố xói (m)	Chiều dài hố xói (m)
1	Cống Lân - TB	30.0	4.5	6.8	75
2	Cống Trà Linh - TB	20.0	5.5	3.2	45
3	Cống Rông - NH	22.0	3.9	3.3	100
4	Cống Am Sa - NH	10.0	3.0	3.5	45
5	Cống Ngô Đồng - NH	10.0	3.0	4.2	80
6	Cống Ngô Xá - NH	11.0	3.0	5.0	50
7	Cống Hải Hưng - HH	2.0	1.5	5.0	50
8	Cống Đồn Riêng - HP	9.0	2.4	1.5	50
9	Cống Cầu Xe - TB	56.0		7 - 9	70
10	Cống Vân Đồn - BT	15.0		7.38	105

Xói sau công trình (xói cục bộ) nói chung được phân loại như sau:

- Xói ổn định và xói không ổn định.
- Xói với nền đất và xói với nền đá.
- Xói có bãi bồi và xói không có bãi bồi.
- Xói không bồi hoàn và xói có bồi hoàn trở lại.
- Xói có dự báo trước và xói không có dự báo trước.

Việc nghiên cứu về xói để có biện pháp không cho xói xuất hiện hoặc khắc phục hố xói không có dự báo trước; lựa chọn các kích thước, hình thức thích hợp khi chủ động cho xói xuất hiện.

II. XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC CƠ BẢN CỦA HỐ XÓI ỔN ĐỊNH

Kích thước hình học của hố xói bao gồm:

- Chiều sâu lớn nhất của hố xói : d_x ;
- Chiều dài hố xói: L_x ;
- Vị trí sâu nhất của hố xói;
- Chiều sâu hố xói của cuối sân gia cố cứng: d_0 ;
- Hình dạng hố xói.

Trong phạm vi tài liệu này chúng tôi trình bày các kích thước trên đối với hố xói ổn định (xói ổn định là xói mà các đặc trưng của nó không thay đổi theo thời gian) và chỉ xét với bài toán phẳng). Hình 3-1

1. Chiều sâu lớn nhất của hố xói ổn định: d_x

Chiều sâu lớn nhất của hố xói ổn định là khoảng cách theo phương đứng từ mặt nền đến đáy sâu nhất của hố xói ổn định. Có nhiều công thức khác nhau để tính d_x .

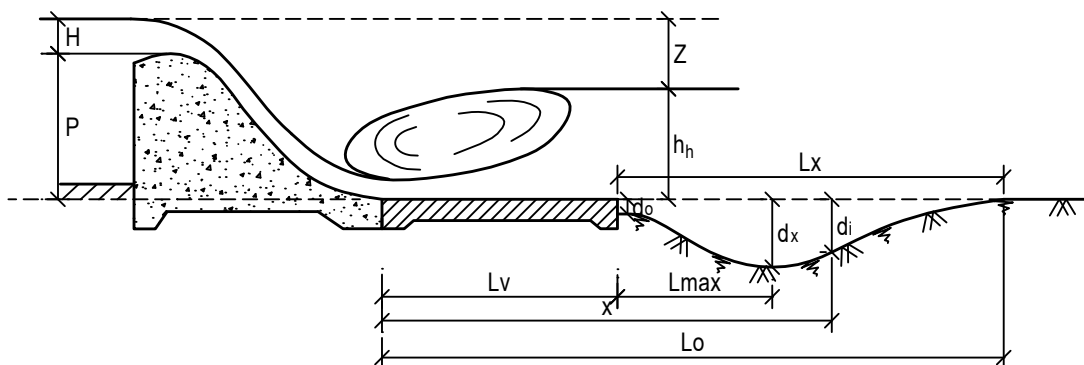
a) Chiều sâu lớn nhất của hố xói ổn định gần đúng coi bằng chiều sâu bề tiêu năng [1] :

$$d_x = \sigma \cdot h_c'' - h_h \quad (3-2)$$

$$\text{Theo Vuzgô: } d_x = \varepsilon (\sigma \cdot h_c'' - h_h) \quad (3-3)$$

Trong đó: $\varepsilon = 2 \div 2,7$ là hệ số kể đến ảnh hưởng của nền.

$$\sigma = 1,05 \div 1,1$$



Hình 3 - 1: Sơ đồ hố xói và các kích thước cơ bản

b) Các công thức thực nghiệm [5] :

$$\text{- Theo Schoklitsch: } d_x = \frac{4,75}{d_{90}^{0,32}} \cdot Z^{0,2} \cdot q^{0,57} - h_h \quad (3-4)$$

$$\text{- Theo Veronese: } d_x = \frac{3,68}{d_{90}^{0,42}} \cdot Z^{0,225} \cdot q^{0,54} - h_h \quad (3-5)$$

$$\text{- Theo Jaeger: } d_x = 6 \cdot Z^{0,25} \cdot q^{0,5} \cdot \left(\frac{h_h}{d_{90}} \right)^{1/3} - h_h \quad (3-6)$$

$$\text{- Theo Patrsev: } d_x = \frac{6,2}{\sqrt[4]{2 \cdot g}} \cdot \left(\frac{d_k}{d_{90}} \right)^{0,25} \cdot q^{0,5} \cdot Z^{0,25} - h_h \quad (3-7)$$

$$\text{- Theo Eggenberger: } d_x = 22,88 \cdot \frac{Z^{0,5} \cdot q^{0,6}}{d_{90}^{0,4}} - h_h \quad (3-8)$$

$$\text{- Theo Smolianinov: } d_x = K \cdot q^{0,5} \cdot Z^{0,25} - 0,265 \cdot Z^{0,5} \cdot \sqrt{d_s} \quad (3-9)$$

- Theo một số tác giả (được đưa vào hướng dẫn tính toán xói cục bộ của Liên Xô cũ):

$$d_x = K_1 \frac{q}{V_{kx}} \quad (3-10)$$

Trong các công thức trên:

d_x : chiều sâu lớn nhất của cỏi ổn định (m);

d_k : = 3mm;

d_{90} – đường kính mà trọng lượng của các hạt không lớn hơn nó chiếm 90% (mm);

d_s – đường kính trung bình hạt đất (trong công thức d_s tính là cm);

Z – chênh lệch cột nước thượng hạ lưu (m);

q – lưu lượng đơn vị (m³/sm)

h_h – chiều sâu mực nước hạ lưu (m);

V_{kx} – lưu tốc cho phép không xói (m/s);

K – hệ số phụ thuộc vào lưu lượng và chế độ chảy ở hạ lưu; $K = 1,4 \div 1,95$;

K_1 – hệ số xét đến độ tăng khả năng xói của dòng chảy do dòng rối.

Tất cả các công thức từ (3-4) đến (3-10) đều dùng cho đất không dính và khi ở hạ lưu không có bể tiêu năng. Trong trường hợp có bể tiêu năng thì tính theo công thức của Vuzgô:

$$d_x = h_h \cdot (\alpha_1^{0,25} - 1) \quad (3-11)$$

Trong đó α_1 là hệ số đặc trưng cho sự phân bố lưu tốc. Hoặc theo các công thức sau đây, do giáo sư Novak dựa trên các kết quả thí nghiệm của mình đã đưa ra:

$$d_x = K_1 \cdot d_{xj}$$

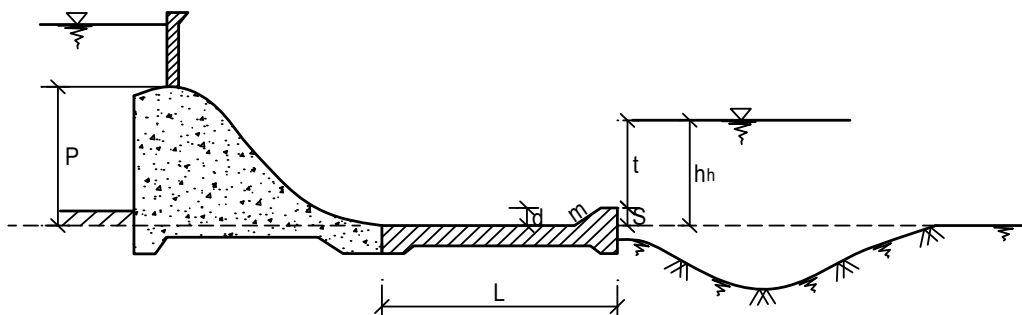
$$d_x = K_2 \cdot d_{xp} \quad (3-12)$$

$$d_x = K_3 \cdot d_{xE}$$

Trong đó d_{xj} , d_{xp} , d_{xE} là chiều sâu lớn nhất của hố xói ổn định tính theo Jaeger, Patrasev và Eggenberger. Còn $K_1 = 0,45 \div 0,65$, $K_2 = 0,32 \div 0,37$; $K_3 = 0,1 \div 0,123$.

Ngoài các kết quả trên giáo sư Novak còn đưa ra một số kết luận:

1) Ứng với một lưu lượng không đổi, khi tăng mực nước hạ lưu thì d_x sẽ giảm. Khoảng cách từ cuối bể tiêu năng đến vị trí xói sâu nhất là nhỏ nhất khi $h_h / p = 0,5$ (với p là chiều cao của ngưỡng tràn so với đáy bể tiêu năng).



Hình 3 - 2 : Xói sau công trình thao nước có bể tiêu năng

2) Bằng việc tăng độ dốc của mái thượng lưu ngưỡng cuối bể, với bất kỳ một lưu lượng nào, đều cho thấy xói tăng lên và càng đẩy xói ra xa ngưỡng.

3) Việc tăng chiều sâu đào bể (d) qua một giới hạn cần thiết không làm giảm xói. Khi tăng chiều dài bể tiêu năng (L) thì xói giảm và vị trí sâu nhất của hố xói càng gần ngưỡng cuối bể hơn.

4) Nếu tăng chiều cao của ngưỡng của bể (S) thì xói giảm (khi ứng với một mực nước nào hạ lưu đã có) nhưng độ sâu trên ngưỡng (t) phải đảm bảo luôn luôn lớn hơn độ sâu phân giới trên ngưỡng (hình 3-2).

2. Chiều dài hố xói ổn định: L_x

Chiều dài hố xói (L_x) chính là phạm vi xói trên mặt bằng theo phương dòng chảy (với giả thiết sự phát triển xói theo phương vuông góc với dòng chảy là như nhau – Bài toán phẳng).

Cũng có nhiều nhà nghiên cứu đã quan tâm tới L_x trên cơ sở phân tích lý thuyết và tiến hành thực nghiệm.

Phương pháp xác định L_x [9] có thể phân thành hai nhóm:

a) Nhóm thứ nhất: Xác định chiều dài L_x dựa trên chiều sâu lớn nhất của hố xói đó. Thuộc về nhóm này có các kết quả nghiên cứu của Damazin, Patrsev, Yuricki...

Theo Yuricki, chiều dài hố xói trên nền đá đã ddwwcj tính theo (2-49):

$$L_x = 4,5d_x + 2.h_k$$

Với h_k là độ sâu phân giới.

- Theo Damazin thì chiều dài toàn bộ hố xói là:

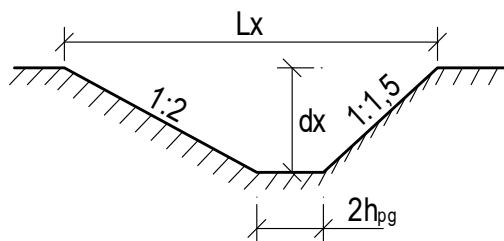
$$L_x = b + 4d_x \quad (3-13)$$

Với $b = q/V_{kx}$ - chiều rộng đáy hố xói;

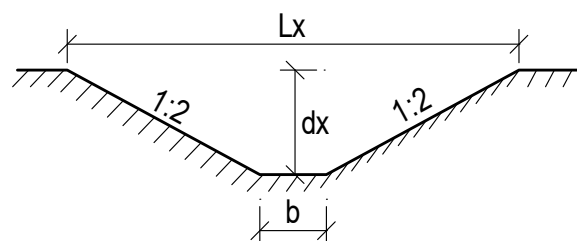
V_{kx} - lưu tốc cho phép không xói (m/s);

q - lưu lượng đơn vị (m^3/sm);

Theo một số tác giả khác : $L_x = (9 \div 10) d_x$



Hình 3-3 : Hình dạng hố xói



Hình 3-4 : Hình dạng hố xói

b) Nhóm thứ hai : Chiều dài hố xói xác định theo các yếu tố của dòng chảy, đất nền và công trình. Thuộc về nhóm này có kết quả nghiên cứu của Vuzgô, Lê Vi...

I.I Lê vi cho rằng chiều dài hồ xói là hiệu số giữa chiều dài diễn ra tiêu hao hoàn toàn năng lượng thừa (L_0) và chiều dài gia cố tính từ chân công trình L_v nghĩa là:

$$L_x = L_0 - L_v \quad (3-14)$$

Bằng thí nghiệm của mình Lê vi đưa ra công thức thực nghiệm :

$$L_0 = \frac{22.h_h}{\sqrt[6]{F_{rc}}} \quad (3-15)$$

Với F_{rc} là số Froud tại mặt cắt co hẹp C-C và vì thế :

$$L_x = \frac{22.h_h}{\sqrt[6]{F_{rc}}} - L_v \quad (3-16)$$

3.Vị trí sâu nhất của hồ xói

Vị trí sâu nhất của hồ xói được xác định bởi khoảng cách L_{max} từ cuối sân gia cố đến nơi có chiều sâu lớn nhất của hồ xói.

Dựa trên quan hệ giữa tỷ số L_{max}/dx với U'/V_k (bảng 3-2) ta có:

$$L_{max} = \left(\frac{L_{max}}{d_x} \right) . d_x \quad (3-17)$$

Trong đó U' - lưu tốc mạch động lớn nhất ở cuối sân gia cố;

$V_k = q/h_k$ là lưu tốc ứng với chiều sâu phân giới.

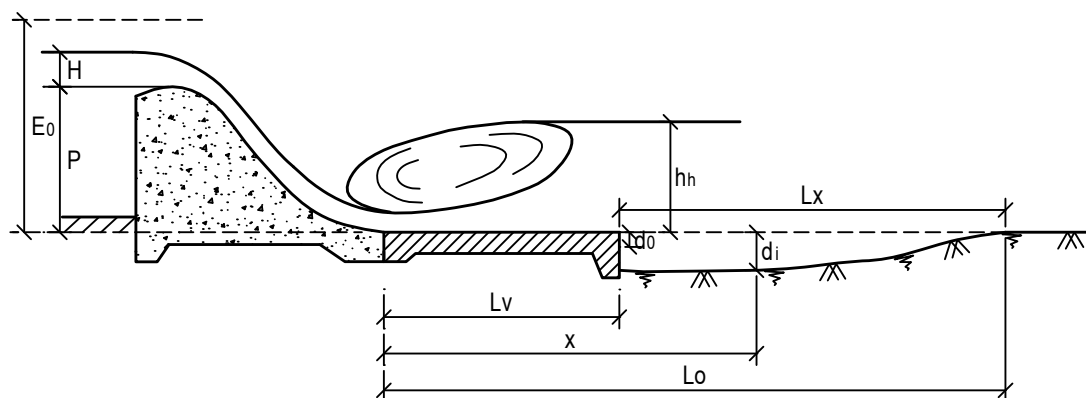
Bảng 3–2: Quan hệ giữa L_{max}/d_{max} với U'/V_k

U'/V_k	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3 ÷ 0.8
L_{max}/d_x	5,5	5,0	4,5	3,8	3,5

Khi chiều dài đoạn gia cố $L_v < 2,5.h_2$ (với h_2 là chiều sâu dòng chảy ở cuối đoạn gia cố ứng với lưu lượng thiết kế) thì :

$$L_{max} = 3,5.d_x \quad (3-18)$$

Cũng có nhà nghiên cứu nói rằng, để thiên về an toàn lấy $L_{max} = 0$ nghĩa là hồ xói có chiều sâu lớn nhất ở ngay sau đoạn gia cố (hình 3-5).



Hình 3 - 5 : Chiều sâu đầu hồ xói

4. Chiều sâu hố xói ở cuối sân gia cố cứng

Việc xác định đúng chiều sâu hố xói ở cuối sân gia cố cứng (cũng có thể gọi là chiều sâu đầu hố xói d_0) giúp cho việc chọn cao trình đáy chân khay ở cuối sân gia cố cứng được hợp lý, tránh lãng phí (nếu chân khay cắm quá sâu) hoặc để hố xói phát triển vào gầm sân gia cố cứng, từ đó phá hủy sân sau làm mất ổn định công trình (nếu chiều sâu chân khay không đủ). Mặt khác có d_0 , d_x , L_x , $L_{\max}$ giúp chúng ta có thể xác định hình dạng hố xói.

Về d_0 có những quan điểm khác nhau.

Quan điểm thứ nhất cho rằng chiều sâu đầu hố xói $d_0 = 0$. Coi $d_0 = 0$ đúng là đơn giản, nhưng nếu theo đó thì rất dễ dẫn đến công trình mất an toàn.

Quan điểm thứ hai cho rằng chiều sâu đầu hố xói chính là chiều sâu lớn nhất $d_0 = d_x$. Rõ ràng quan điểm này “*quá an toàn*” cho chân khay, song không phản ánh đúng thực tế hố xói (hình 3-5).

Quan điểm thứ ba cho rằng d_0 là một giá trị nào đó thỏa mãn $0 < d_0 < d_x$ với nền không dính:

$$d_0 = K_0 \frac{q}{V_{kx}} \quad (3-19)$$

Trong đó K_0 là hệ số xét đến khả năng xói của dòng rối (K_0 đều tính theo các công thức thực nghiệm).

5. Hình dạng hố xói :

Hình dạng hố xói chính là phạm vi xói, với bài toán phẳng có thể xác định hình dạng hố xói theo các quan điểm sau đây :

1. Hố xói là một đa giác có b là bề rộng đáy, mái thượng lưu m_1 , mái hạ lưu m_2 như hình 3-3; 3-4. Theo quan điểm này thì chỉ cần biết d_x là hoàn toàn xác định được hình dạng hố xói với $b = 2.h_k$ hoặc $b = q/V_{kx}$ cá biệt có tác giả đề nghị $b = 0$; $m_1 = 2 \div 3$; $m_2 = 1,5 \div 2$.

2. Bảng thí nghiệm của mình Lê vi đã đề nghị (và sau đó Trectouxop điều chỉnh) hình dạng hố xói có dạng hình 3-5.

$$\frac{1}{K_x} = 0,76 + 0,24 \frac{x}{L_0} - 0,08 \cdot \xi_0 \left(1 - \frac{x}{L_0} \right) \quad (3-20)$$

Với L_0 xác định theo (3-15)

$$\xi_0 = \frac{E_0}{h_k}; \quad K_x = 1 + \frac{d_i}{h_h} \quad (3-21)$$

h_k – độ sâu phân giới.

d_i – chiều sâu hố xói tại vị trí cách mặt cắt co hẹp C-C (của dòng chảy từ thượng lưu về) so với mặt nền hạ lưu. Có ξ_0 , L_0 lấy $x = L_v$ đến L_0 từ phương trình (3-20) ta có K_x rồi từ (3-21) ta có di tương ứng.

3. Hình dạng hố xói là một đường cong nào đó thoả mãn L_x , d_x , d_0 , $L_{\max}$ đã tìm được từ trên (có tác giả đề nghị là một Parabol).

III. XÓI THEO THỜI GIAN

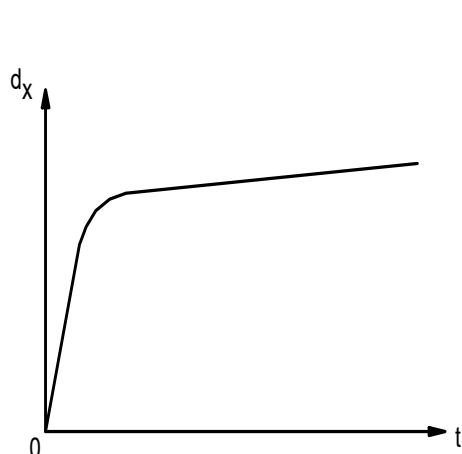
Ứng với một lưu lượng nước không đổi, sự tạo thành hố xói diễn ra khá lâu, trong đó một phần lớn hố xói được tạo thành trong thời gian đầu. Hình 3-6 biểu thị sự thay đổi của d_x trong quá trình xói và hình 3-7 mô tả sự phát triển của hình dạng xói theo thời gian.

Giáo sư Novak khẳng định rằng có thể biểu thị xói theo thời gian của d_x theo kết quả thí nghiệm bằng một quan hệ [5]:

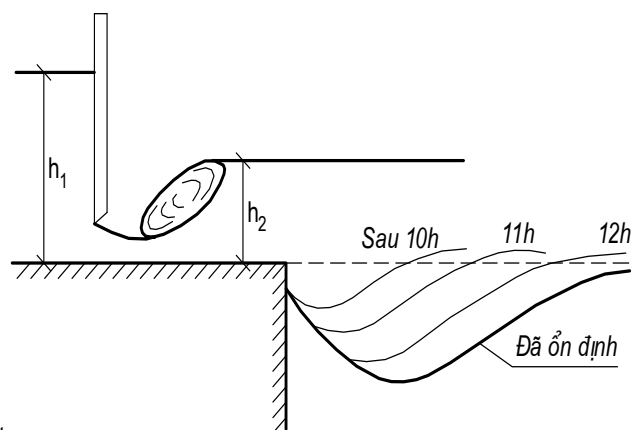
$$\frac{d_x}{d_{x1}} = 1,65 - e^{-0,23\left(\frac{t}{t_1} + 1\right)} \quad (3-22)$$

Với d_x - chiều sâu lớn nhất của hố xói tại thời điểm t của quá trình thí nghiệm.

d_{x1} - chiều sâu lớn nhất của hố xói tại thời điểm $t_1 = 1$ giờ tính từ khi bắt đầu thí nghiệm.



Hình 3-6: Đường quá trình $d_x \sim t$



Hình 3-7: Hố xói theo thời gian

Xói sau công trình tháo nước là một hiện tượng phức tạp, nghiên cứu về xói không thể chỉ dùng lý luận, những điều được trình bày ở trên chỉ là những tập hợp ban đầu các kết quả nghiên cứu cơ bản về xói của một số tác giả. Vì vậy xói sau công trình thủy lợi còn cần rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học và kỹ thuật.

CÂU HỎI CÁC CHƯƠNG

Chương I. Chế độ thủy lực nối tiếp hạ lưu

1. Thế nào là nước nhảy thủy lực? Cách xác định các thông số cơ bản của nước nhảy hoàn chỉnh?
2. Điều kiện để hạ lưu công trình tháo có nước nhảy mặt? Các dạng chế độ nước nhảy mặt? Cách xác định độ sâu liên hiệp của nước nhảy mặt?
3. Nước nhảy sóng: điều kiện, cách xác định độ sâu liên hiệp của nước nhảy sóng?
4. Lập và nêu ý nghĩa của phương trình nối tiếp dòng chảy thượng hạ lưu công trình tháo?
5. Nêu đặc điểm của nối tiếp chảy đáy?
6. Đặc điểm của nối tiếp chảy mặt?
7. Nêu đặc điểm của nối tiếp phóng xạ?

Chương 2: Tiêu năng sau công trình tháo nước

1. Đặc điểm dòng chảy ở hạ lưu công trình tháo?
2. Các phương pháp nghiên cứu tiêu năng?
3. Nêu tiêu chuẩn thiết kế tiêu năng?
4. Đặc điểm, ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của tiêu năng đáy?
5. Cách xác định các thông số cơ bản của tiêu năng dòng đáy.
6. Đặc điểm, ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng của tiêu năng dòng mặt?
7. Cách xác định các thông số cơ bản của tiêu năng dòng mặt?
8. Đặc điểm, ưu nhược điểm và phạm vi ứng dụng hình thức tiêu năng phóng xạ?
9. Cách xác định các thông số cơ bản của tiêu năng phóng xạ?
10. Bình luận về tính thống nhất giữa giải pháp công trình và sơ đồ tính toán xác định chiều sâu bể tiêu năng?
11. Các loại thiết bị tiêu năng phụ? Vai trò của các thiết bị này trong tiêu năng phòng xói? Khi tính toán tiêu năng phòng xói, người ta kể tới ảnh hưởng của các thiết bị tiêu năng phụ này thế nào?

Chương 3: Tính toán xói lòng dẫn ở hạ lưu công trình tháo nước

1. Các giai đoạn phát triển và nguyên nhân xuất hiện xói ở hạ lưu công trình tháo?
2. Xác định các kích thước cơ bản của hố xói ổn định?
3. Trình bày những hiểu biết về xói theo thời gian?

NỐI TIẾP VÀ TIÊU NĂNG HẠ LƯU CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập: TRỊNH KIM NGÂN

Chế bản: LÊ THỊ HƯƠNG

Sửa bản in: TRẦN HẰNG THU

TRỊNH KIM NGÂN

Bìa: NGUYỄN HỮU TÙNG

In 2000 cuốn khổ 19 x 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng kí kế hoạch xuất bản số 89-2006/CXB/09-07/XÂY DỰNG ngày 24-1-2006. In xong và nộp lưu chiểu tháng 11-2006.

THÔNG TIN TÁC GIẢ

Giáo trình: **NÓI TIẾP VÀ TIÊU NĂNG HẠ LƯU CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC**

Chủ biên: GS.TS PHẠM NGỌC QUÝ

Ngày sinh: 01 tháng 4 năm 1953

Quê quán: Hoa Lư, Ninh Bình

Cơ quan công tác: Trường Đại học Thủy Lợi

Địa chỉ liên hệ: Bộ môn Thủy công – khoa Công trình trường Đại học Thủy Lợi -175 Tây Sơn - Đống Đa - Hà Nội.

Số điện thoại liên lạc: ĐTCQ: 043.852.3774

DD: 0903.205.575

Phạm vi và đối tượng sử dụng giáo trình:

Ngành học: Công trình thủy, Kỹ thuật tài nguyên nước, Cầu đường, công trình Thủy điện, Kỹ thuật biển, cấp thoát nước, kỹ thuật cơ sở hạ tầngTrường Đại học Thủy Lợi

Yêu cầu kiến thức trước khi học môn này: trước khi nghiên cứu môn này cần có kiến thức về Cơ học chất lỏng, Thủy lực, Cơ sở công trình thủy lợi, Công trình trên hệ thống, Hồ đập, Công trình tháo nước

Số lần xuất bản: 2

Nhà xuất bản: Nhà xuất bản Xây dựng - năm 2006.

Từ khóa để tra cứu: Nước nhảy, Độ sâu liên hiệp, Chiều dài nước nhảy, mạch động, chiều dài sau nước nhảy, tiêu năng, lưu lượng, hàm số nước nhảy, bể tiêu năng, chiều sâu bể, chiều cao tường, tiêu năng mặt, tiêu năng phóng xa, xói cục bộ....

