

BỘ THỦY LỢI

TIÊU CHUẨN NGÀNH

QUI TRÌNH
TÍNH TOÁN THỦY LỰC CÔNG TRÌNH XẢ
KIỂU HỎ VÀ XÓI LÒNG DẪN BẰNG ĐÁ
DO DÒNG PHUN

14 TCN 81 - 90

68



NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP
HÀ NỘI 1992

BỘ THỦY LỢI

TIÊU CHUẨN NGÀNH

**QUI TRÌNH
TÍNH TOÁN THỦY LỰC CÔNG TRÌNH XẢ
KIỂU HỎ VÀ XÓI LỒNG DẪN BẰNG ĐÁ
DO DÒNG PHUN**

14 TCN 81 - 90

**NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP
HÀ NỘI 1992**

Cơ quan biên soạn và đề nghị ban hành:

VIỆN KHẢO SÁT THIẾT KẾ THỦY LỢI QUỐC GIA

Viện phó: PHẠM MINH HÙNG

Người thực hiện: TRẦN NGỌC LAI
PHẠM CHU DÔNG

Cơ quan trình duyệt:

VỤ QUẢN LÝ KHOA HỌC - KỸ THUẬT

Vụ phó: NGUYỄN ĐÌNH TRỌNG

Cơ quan xét duyệt và ban hành:

BỘ THỦY LỢI

Thư trưởng: PHAN SĨ KÝ

Quyết định ban hành số: 720 TL/QĐ ngày 3/10/1991

Hà Nội, ngày 3 tháng 10 năm 1991

QUYẾT ĐỊNH CỦA BỘ TRƯỞNG BỘ THỦY LỢI

Về việc ban hành "Quy trình tính toán thủy lực công trình xả kiểu hồ và xói lòng dẫn bằng đá do dòng phun".

- Căn cứ theo nghị định 88CP ngày 6 - 3 - 1979 của Hội đồng Chính phủ quy định về tổ chức và hoạt động của Bộ Thủy lợi.

- Để thống nhất quản lý kỹ thuật đối với việc thiết kế tính toán thủy lực công trình xả kiểu hồ và xói lòng dẫn bằng đá do dòng phun

- Theo đề nghị của ông Vụ trưởng Vụ quản lý khoa học - kỹ thuật

QUYẾT ĐỊNH

Điều 1- Nay ban hành kèm theo quyết định này "Quy trình tính toán thủy lực công trình xả kiểu hồ và xói lòng dẫn bằng đá do dòng phun".

14TCN 81 - 90

Điều 2- Các cơ quan thiết kế, thi công và quản lý khai thác các công trình thủy công phải nghiêm chỉnh chấp hành qui trình này.

Điều 3- Vụ quản lý KHKT có trách nhiệm giúp Bộ phổ biến, hướng dẫn và giám sát việc thực hiện qui trình này.

Điều 4- Bản qui trình này có hiệu lực kể từ ngày ban hành.

KT/ BỘ TRƯỞNG BỘ THỦY LỢI

Thư trưởng

Đã ký: PHAN SĨ KỲ

TIÊU CHUẨN NGÀNH

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM	QUI TRÌNH TÍNH TOÁN THỦY LỰC CÔNG TRÌNH XẢ KIỂU HỎ VÀ XOI LÒNG DẪN BẰNG ĐÁ DO DÒNG PHUN	14 TCN 81 - 90
BỘ THỦY LỢI		Có hiệu lực từ 3- 10 - 1991

1. CHỈ DẪN CHUNG

1.1. Quy trình này dùng để tính toán thủy lực dốc nước và đập tràn, tính toán xói lở lòng dẫn bằng đá trong trường hợp nối tiếp thượng hạ lưu theo kiểu dòng phun từ mũi phóng hình trụ không ngập (tức cao trình mũi phóng luôn đặt cao hơn cao trình mức nước hạ lưu).

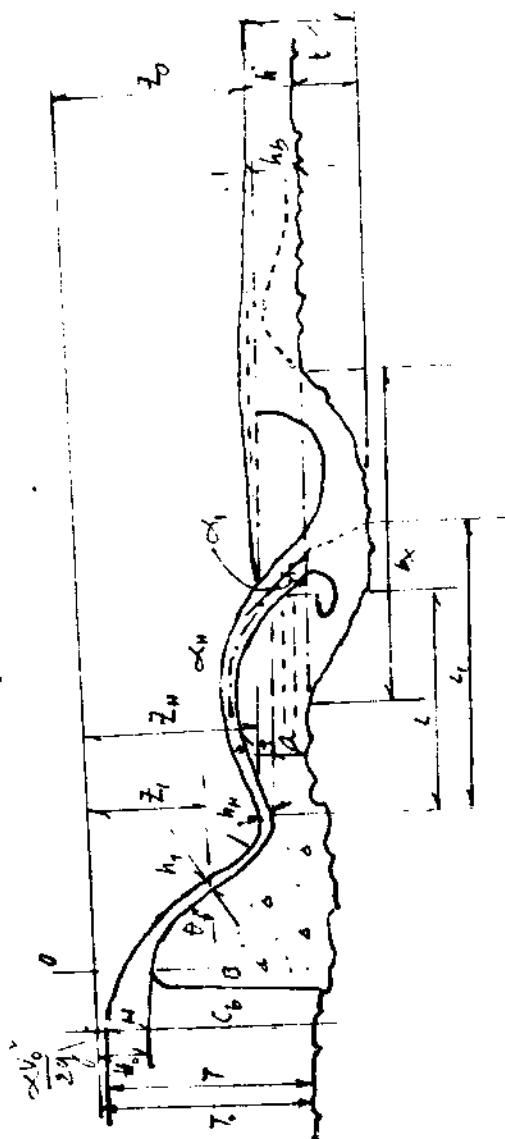
Chú thích:

- 1- Khi mũi phóng có cấu tạo cong hai chiều, khi dòng chảy trên thân dốc hình thành sóng hoặc xuất hiện khí thực, khi lưu tốc lớn hơn 15 m/s, thì ngoài việc tính toán theo chỉ dẫn trong qui trình này, nhất thiết phải thông qua thí nghiệm mô hình thủy lực để chính xác hóa thêm.
- 2- Đối với những công trình lớn cần phải thí nghiệm mô hình để chỉnh lý kết quả tính toán.

1.2. Các ký hiệu áp dụng: (hình 1)

H- cột nước tại đập tràn, bằng hiệu giữa cao trình mực nước thượng lưu và cao trình đỉnh ngưỡng tràn;

b) Đập tràn có bậc thụt



H_o - cột nước toàn phần tại đập tràn, tức cột nước trên đỉnh đập tràn có xét vận tốc đến gần V_o .

$$H_o = H + \frac{V_o^2}{2g},$$

$$V_o = \frac{Q}{\Omega}$$

Q - lưu lượng qua tràn;

Ω - diện tích mặt cắt ngang dòng chảy thượng lưu tràn

$$\Omega = B_T \times (C_T + H),$$

B_T - chiều rộng lòng dẫn thượng lưu;

C_T - chiều cao thân tràn ở thượng lưu;

b - chiều rộng lỗ tràn;

B - chiều rộng tuyến tràn;

T - hiệu giữa cao trình mực nước thượng lưu và cao trình đáy hạ lưu;

T_o - như trên, có xét vận tốc đến gần;

Z - độ chênh mực nước tại công trình xả, bằng hiệu giữa mực nước thượng lưu và hạ lưu;

Z_o - như trên, có xét vận tốc đến gần;

Z_H - cột nước trên mũi phóng của đập;

θ - góc nghiêng của mặt tràn so với mặt phẳng nằm ngang;

φ - hệ số vận tốc, có xét đến tổn thất thủy lực trên tuyến xả;

$$q = \frac{Q}{b} \quad \text{- lưu lượng đơn vị (tỷ lưu);}$$

h_{11} , v_{11} - độ sâu và vận tốc dòng chảy tại mặt cắt ra khỏi mũi phóng;

α - góc hợp bởi mặt phẳng nằm ngang với chiều véc tơ vận tốc trung bình ở mặt cắt ra khỏi mũi phóng;

α_{11} - góc nghiêng của đáy mũi phóng với mặt phẳng nằm ngang tại mặt cắt ra;

a- chiều cao mũi phóng so với đáy lòng dẫn hạ lưu;

L- chiều dài phóng xa của luồng chảy, tức khoảng cách từ công trình đến điểm rơi của trục luồng chảy gặp mặt nước hạ lưu - tính theo phương nằm ngang;

L_1 - chiều dài phóng xa từ công trình đến điểm sâu nhất của hố xói;

α_1 - góc đổ của trục luồng chảy vào mặt nước hạ lưu;

$h_k = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$ - chiều sâu phân giới của dòng chảy;

h_2 - chiều sâu trung bình nhỏ nhất ở hạ lưu để sau dòng rơi không tạo nước nhảy xa;

h- chiều sâu nước trung bì: h ở hạ lưu;

h_x - chiều sâu xói lớn nhất;

t- chiều sâu nước lớn nhất ở phễu xói;

b_x - chiều dọc của phễu xói (tương ứng với cao độ lòng dẫn ban đầu chưa bị xói);

A- thành phần tải trọng mạch động lớn nhất được xác định bằng mức độ xói của dòng chảy tác động vào phân khối đá nền nằm ở hõm đáy hố xói;

γ - trọng lượng riêng của nước;

γ_d - trọng lượng riêng của phân khối đá nền;

Ở đây danh từ "phân khối đá nền" được hiểu là khối đá có kích thước đặc trưng cho các khối đá bị tách rời riêng rẽ do nứt nẻ phong hóa hoặc do các yếu tố khác nằm trong phạm vi chịu ảnh hưởng của dòng xói.

Chú thích: Kích thước của phân khối đá nền cần xác định thông qua nghiên cứu tại thực địa: tình hình phong hóa của đá nền trong khu vực xói, các vết nứt trong các nôm khoan, thể và khả năng tiếp xúc trực tiếp với nước mặt và không khí v.v...

Sơ bộ có thể chọn như sau:

1. Khi nền hố xói là đá tươi hoặc đá phong hóa nhẹ thuộc nhóm đá phun xuất hoặc đá biến chất thì kích thước của phân khối đá lấy bằng kích thước trung bình của hòn đá có thể bị tách rời do các vết nứt nguyên sinh tạo ra.

2. Khi nền là đá phong hóa vừa và mạnh, là đá trầm tích dễ mềm bở khi tiếp xúc trực tiếp với nước mặt và không khí thì tham khảo kích thước trung bình của các hạt cứng có trong đất tàn tích hoặc trong bãi bồi (khi xả trực tiếp vào lòng sông) để chọn đường kính tính toán tương đương với phân khối đá.

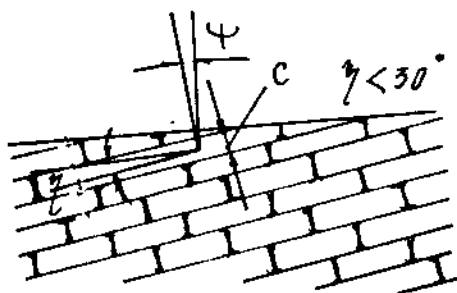
d- kích thước trung bình của phân khối đá, tính bằng đường kính của hình cầu tương đương;

l_0 - kích thước ngang trung bình (theo mặt phẳng) của phân khối đá nền, lấy theo hướng tuyến rơi của dòng phun;

C- chiều cao trung bình của phân khối đá nứt nẻ (hình 2);

ψ - góc đặc trưng cho chiều lộ ra của phân khối đá;

η - góc hướng dốc của các vỉa đá nền.



Hình 2. Sơ đồ thể nằm của phân khối đá nền

2. TÍNH TOÁN THỦY LỰC CÔNG TRÌNH XẢ HỒ

2.1. Công trình xả hồ ở trên bờ (hình 1a) có thể chia ra bốn bộ phận chính, xuất phát từ đặc điểm riêng về tính toán thủy lực của chúng:

- Phần vào: Là kênh dẫn vào, để dẫn nước tới bộ phận thu nước (ngưỡng tràn). Dòng chảy trong bộ phận này ở trạng thái êm và có vận tốc nhỏ.

- Bộ phận cửa thu nước - tức ngưỡng tràn, có thể có hoặc không có cửa van điều chỉnh lưu lượng xả.

Dòng chảy trong phạm vi bộ phận này có đặc trưng là độ cong khá lớn.

- Bộ phận thân dốc: Để dẫn nước từ bộ phận cửa thu nước về hạ lưu. Các đặc trưng của thân dốc (độ dốc đáy, độ cong trên mặt bằng v.v...) được xác định theo các điều kiện địa

hình, địa chất, phương án bố trí v.v... Trong trường hợp tổng quát ở thân dốc có thể có cả đoạn dòng chảy biến đổi đều và cả đoạn dòng chảy biến đổi đột ngột.

- Bộ phận cuối là mũi phóng các kiểu để hắt dòng phun về lòng dẫn hạ lưu. Tại mũi phóng, dòng chảy bị uốn cong đáng kể. Trong qui trình này chỉ đề cập đến mũi phóng hình trụ, là dạng mũi phóng phổ biến, đơn giản cho thi công.

Theo quan điểm tính toán thủy lực thì các đập tràn có cao trình đỉnh bậc thụt cao hơn mực nước lớn nhất ở hạ lưu cùng có 4 đoạn đặc trưng tương ứng với 4 bộ phận nêu trên. Đó là:

- phần vào
- đoạn ngưỡng tràn cong (tương đương với bộ phận thu nước);
- đoạn mặt tràn phẳng, tức đoạn có dòng chảy biến đổi đều, tương ứng với bộ phận thân dốc.
- đoạn mũi phóng cong, chính là mũi bậc thụt

2.2. Khi phần vào là kênh dẫn cần được thiết kế sao cho trong phạm vi kênh dẫn này bảo đảm trạng thái chảy êm và tổn thất cột nước nhỏ không đáng kể. Đáy kênh thường bố trí nằm ngang hoặc có độ dốc ngược không lớn, còn mặt cắt ngang thì hẹp dần đến cửa thu nước. Khi đó hình dạng trên mặt bằng của mái dốc bên (hoặc tường bên) của kênh nối tiếp với ngưỡng tràn cần thiết kế theo hình dạng chảy thuận.

2.3. Việc tính toán khả năng tháo nước của ngưỡng đập tràn cần tiến hành theo tài liệu [1], [2] nêu trong phụ lục 2.

2.4. Chiều sâu và vận tốc dòng chảy ở mặt cắt sau ngưỡng tràn có thể xác định theo hướng dẫn nêu ở tài liệu [5] hoặc [6] phụ lục 2.

2.5. Chiều sâu và vận tốc dòng chảy trong phạm vi công trình xả kiểu hồ xác định theo kết quả lập đường cong mặt thoáng. Khi đó cần phải xét:

- tổn thất do ma sát theo chiều dài;
- ảnh hưởng hàm khí của dòng chảy.

2.6. Chiều sâu và vận tốc của dòng chảy không hàm khí trong công trình xả có thể tính theo công thức:

$$\left. \begin{aligned} v_i &= \varphi \sqrt{2gZ_i} \\ h_i &= \frac{q_i}{v_i} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

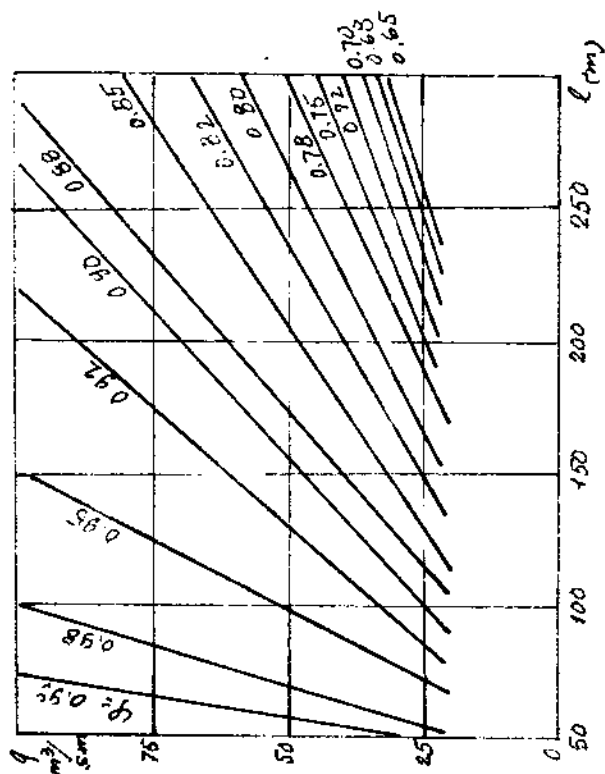
Khi đã có trị số hệ số vận tốc φ , sẽ tính được tổng tổn thất năng lượng trên đoạn nằm giữa mặt cắt đầu ở thượng lưu và mặt cắt đang xét.

Trong trường hợp độ nghiêng của mặt đập $\text{ctg}\theta = 0,7 \div 0,8$ và dòng chảy không bị hàm khí, thì giá trị của hệ số φ ở ngưỡng tràn có thể xác định theo đồ thị hình 3, trong đó, l - khoảng cách từ mặt cắt 0 - 0 trên ngưỡng tràn đến mặt cắt đang xét (hình 3).

2.7. Trên các đoạn của công trình xả có dòng chảy biến đổi đều, đường cong mặt thoáng nên lập theo phương trình:

$$\begin{aligned} h_{j+1} \cdot \cos\theta + \frac{v_j + 1}{2g} - h_j \cdot \cos\theta - \frac{v_j^2}{2g} &= (i - i_f)l \\ q = h_j v_j &= h_{j+1} v_{j+1} \end{aligned} \quad (2)$$

Ở đây các chỉ số j và $j + 1$ biểu thị các trị số tương ứng ở hai mặt cắt cách nhau một khoảng l .



Hình 3. Đồ thị xác định hệ số lưu tốc ϕ trong phạm vi ngưỡng và mép tràn.

$$i_f = \frac{h_f}{l} = \frac{V_{tb}^2}{C_{tb}^2 \cdot R_{tb}} \quad \text{là giá trị trung bình của độ dốc ma}$$

sát trong phạm vi đoạn đang xét;

$$V_{tb} = 0,5(y_j + v_{j+1});$$

R_{tb} và C_{tb} - giá trị trung bình của bán kính thủy lực và hệ số Sêdi tính theo:

$$h_{tb} = \frac{h_j - h_{j+1}}{2}$$

Trị số C_{tb} tính theo công thức của N.N. Pavlovski. Số mũ y trong công thức này có thể lấy theo bảng 1 hoặc công thức:

$$y = 2,5 \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \sqrt{R(n - 0,10)} \quad (3)$$

Bảng 1: GIÁ TRỊ CỦA SỐ MŨ Y TRONG CÔNG THỨC CỦA N.N. PAVLOVSKI

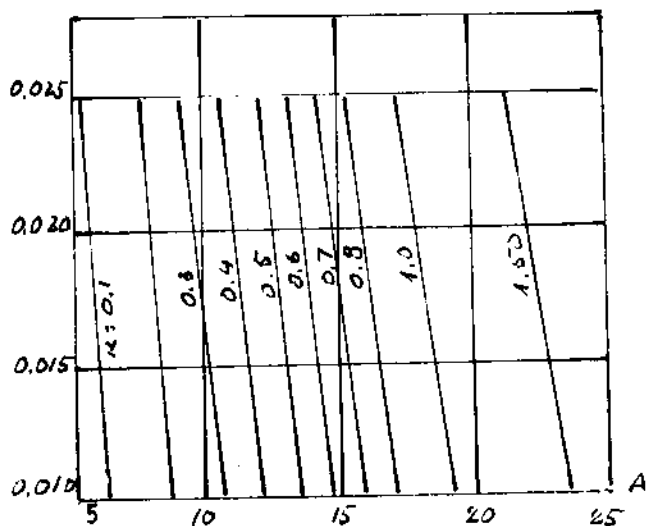
Bán kính thủy lực (m)	Hệ số nhám									
	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,017	0,018	0,020	0,022	0,025
0,01 - 1,0	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20	0,20	0,22	0,24
1,0 - 3,0	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20

Trong phạm vi dốc nước, đường cong mặt thoáng có thể lập theo một trong các phương pháp nêu trong các giáo trình thủy lực. Việc tính toán theo các hệ thức (2) thực hiện cho tuyến phát sinh hàm khí.

2.8. Với lưu lượng đã cho dòng chảy trên mặt cắt đang xét cần được coi là phát sinh hàm khí khi lưu tốc đạt tới trị số:

$$V_{hk} = 6,63 \sqrt{g R \cos \theta} \cdot \sqrt{1 + \frac{150 \sigma}{g \rho R^2} \left(1 + \frac{2,76 \sqrt{g}}{C}\right)} \quad (4)$$

trong đó: $\sigma = 0,074 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^2$ - hằng số căng bề mặt;
 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ - tỷ trọng của nước.



Hình 4. Đồ thị quan hệ $A = f(R, n)$

Khi các trị số σ , ρ là hằng số như trên và lấy $C = \frac{1}{R^{1/6}}$, thì vế phải của hệ thức (4) là hàm của bán kính thủy lực R , hệ số nhám n và góc nghiêng θ .

Lúc đó, hệ thức (4) có dạng:

$$V_{hk} = 6,63 \sqrt{g \cdot R} \cdot \sqrt{1 + \frac{0,0011}{R^2} \cdot \left(1 + \frac{8,7 \cdot n}{R^{1/6}}\right)^{-1}} \cdot \sqrt{\cos \theta} \\ = A \cdot \sqrt{\cos \theta} \quad (4a)$$

Để đơn giản việc tính toán, có thể sử dụng đồ thị quan hệ hình 4 với:

$$A = 6,63 \cdot \sqrt{g \cdot R} \cdot \sqrt{1 + \frac{0,0011}{R^2} \cdot \left(1 + \frac{8,7 \cdot n}{R^{1/6}}\right)^{-1}} = f(R, n) \quad (5)$$

2.9. Để xác định v_{hk} , nên dùng phương pháp đồ giải như sau:

- Lập biểu đồ quan hệ $v_{hk} = f_1(h)$ và $v = f_2(h)$;
- Giao điểm của hai đường cong này cho giá trị cần tìm của v_{hk} và h_{hk} .

Trên đường cong mặt thoáng đã lập, xác định vị trí tuyến phát sinh hàm khí ứng với trị số h_{hk} .

Nếu các đường cong $v_{hk} = f_1(h)$ và $v = f_2(h)$ không cắt nhau, thì có nghĩa là: với lưu lượng đã cho dòng chảy tại mặt cắt đang xét không bị hàm khí.

2.10. Nếu tính toán cho thấy có xuất hiện hàm khí, thì đoạn tuyến tháo nước sau vị trí phát sinh hàm khí được tính toán theo tài liệu [3].

2.11. Việc tính toán các đoạn co hẹp và mở rộng, các đoạn cong và các đoạn có độ dốc thay đổi đột ngột cần tiến hành theo các hệ thức thủy lực tương ứng [5], [6] trong phụ lục 2.

2.12. Để lập đường cong mặt thoáng của dòng chảy không hàm khí trong phạm vi mũi phóng hình trụ, cần xác định đầy đủ độ sâu và vận tốc ở ba mặt cắt (hình 5):

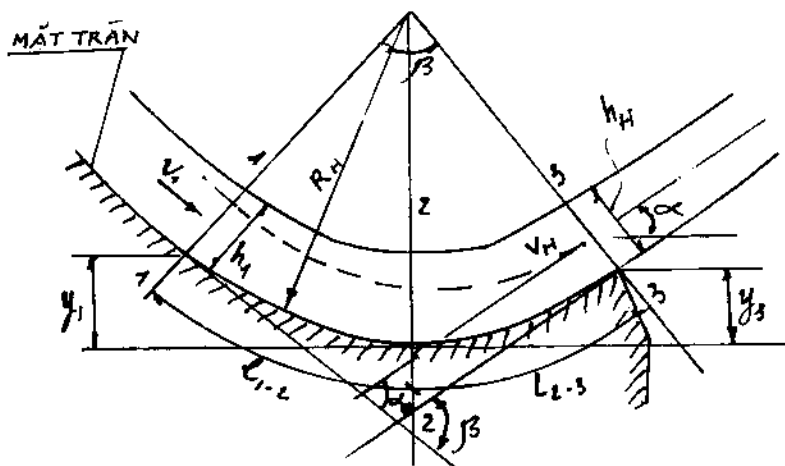
- Mặt cắt 1 - 1, nghĩa là ở chỗ chuyển tiếp giữa đoạn phẳng và đoạn cong.

- Mặt cắt 2-2, qua điểm thấp nhất của mặt cắt mũi phóng.

- Mặt cắt cuối cùng (mặt cắt 3 - 3).

Các thông số dòng chảy ở mặt cắt 1 - 1 được xác định theo kết quả lập đường cong mặt thoáng của dòng chảy trên mặt tràn phẳng.

Ở hai mặt cắt còn lại vận tốc và chiều sâu được xác định theo phương trình lưu lượng không đổi (phương trình liên



Hình 5. Sơ đồ mũi phóng hình trụ

tục) và phương trình Becnuly, lập theo trình tự sau:

- Đối với mặt cắt 1 - 1 và 2 - 2:

$$y_1 + h_1 \cdot \cos\theta + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_u}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_{tb}^2}{C_{tb}^2 R_{tb}} \cdot l_{1-2} \quad (6)$$

- Đối với mặt cắt 2 - 2 và 3 - 3:

$$h_2 + \frac{p_u}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} = y_3 + h_3 \cdot \cos\alpha_H + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{v_{tb}^2}{C_{tb}^2 R_{tb}} \cdot l_{2-3} \quad (7)$$

trong đó:

y_1 và y_3 - độ chênh cao của đáy tại các mặt cắt 1 - 1 và 3 - 3 so với mặt phẳng so sánh đi qua điểm thấp nhất của mũi phóng;

l_{1-2} và l_{2-3} - chiều dài của các đoạn trên mũi phóng,

v_{tb} , R_{tb} , C_{tb} - lần lượt là các trị số trung bình của vận tốc, bán kính thủy lực và hệ số sêdi trên đoạn mũi phóng;

$\frac{p_u}{\gamma}$ - thành phần xét đến áp lực ly tâm do dòng chảy cong gây ra.

Trong trường hợp khi bán kính cong R_H của mũi phóng đủ lớn so với chiều sâu dòng chảy, nghĩa là khi $R_H/h_1 \geq 8$, thì trị số p_u/γ có thể tính theo hệ thức:

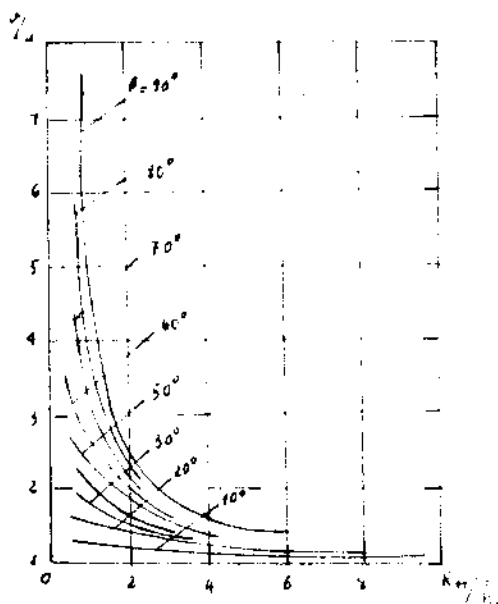
$$\frac{p_u}{\gamma} = \frac{2h_1}{R_H} \cdot \frac{v_1^2}{2g}; \quad (8)$$

trong đó:

h_1 và v_1 - độ sâu và vận tốc ở mặt cắt 1 - 1 (đầu đoạn cong) khi $R_H/h_1 < 8$, giá trị p_u/γ có thể tìm theo hệ thức

$$\frac{P_{01}}{\gamma} = \frac{v_{01}^2}{2g} \left(1 + \frac{u^2}{v^2} \right), \quad (9)$$

trong đó: $\frac{u}{v}$ - vận tốc tương đối, xác định theo đồ thị trên hình 6, phụ thuộc vào R_{01}/h_1 và góc ở tâm β .



Hình 6. Đồ thị quan hệ $\frac{u}{v} = f(\beta, \frac{R_{01}}{h_1})$

2.13. Mũi phóng càng cong thì chênh lệch giữa góc α của luồng chảy ra từ mũi phóng và góc nghiêng của đáy mũi phóng α_{01} càng lớn.

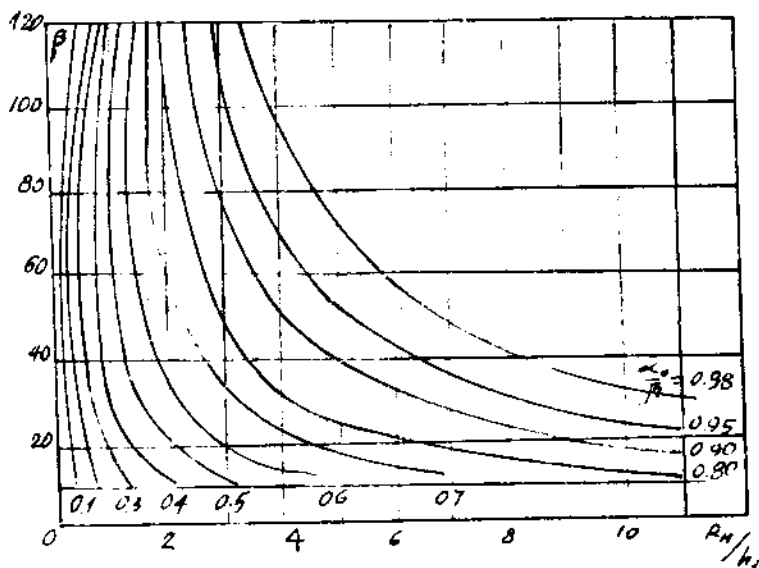
Trị số α tính theo công thức:

$$\alpha = \alpha_{11} - (\beta - \alpha_0), \quad (10)$$

trong đó:

β - góc ở tâm (hình 5);

α_0 - góc hợp giữa mặt tràn và phương của trục luồng (xem hình 5) xác định theo đồ thị hình 7, phụ thuộc vào tỷ số R_{11}/h_1 và góc ở tâm β .



Hình 7. Đồ thị để xác định góc của dòng chảy tại cuối mũi phóng.

2.14. Để đánh giá khả năng xuất hiện sóng trên thân dốc nước, cần tính toán theo tài liệu [3] phụ lục 2.

2.15. Để kiểm tra khả năng xuất hiện khí thực trên dòng chảy, cần thực hiện tính toán theo tài liệu [4] phụ lục 2.

3. ĐỘ PHÓNG XA CỦA LUỒNG CHẢY

3.1. Độ phóng xa của luồng chảy khỏi mũi phóng hình trụ (xem hình 10) có thể xác định theo hệ thức:

$$L = k \cdot Z_1 \cdot \varphi^2 \cdot \sin 2\alpha \cdot \left[1 + \left(\frac{Z_0}{Z_1} - 1 \right) \cdot \frac{1}{\varphi^2 \sin^2 \alpha} \right], \quad (11)$$

trong đó: Z_1 - chênh lệch giữa MNTL với đáy cuối dốc (xem hình 10);

k - hệ số, xét đến ảnh hưởng hàm khí và tách dòng khí phóng xa;

$\varphi = \frac{v_{H1}}{\sqrt{2gz_{H1}}}$ - hệ số vận tốc, xét đến tổn thất cột nước trên toàn tuyến xả (đến tận mặt cắt ra của mũi phóng)

v_{H1} - xác định theo điều 2.12

3.2. Trị số k lấy như sau:

$$\text{Khi } Fr_{H1} = \frac{v_{H1}^2}{gh_{H1}} < 30 \div 35, \text{ lấy } k = 1$$

$$\text{Khi } Fr_{H1} > 35, \text{ lấy } k = 0,8 \div 0,9$$

trong đó:

Fr_{H1} - số Frút tại mặt cắt dòng chảy ra khỏi mũi phóng.

3.3. Góc đổ của luồng chảy vào mặt nước hạ lưu tính theo

công thức:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{2g(0,5h_H \cdot \cos \alpha + a - h)}{v_H^2 \cdot \cos^2 \alpha} \quad (12)$$

3.4. Khoảng cách từ điểm cuối của mũi phóng đến hõm xói sâu nhất ở lòng dẫn hạ lưu tính theo công thức:

$$L_1 = L + \frac{t}{\operatorname{tg} \alpha_1} \quad (13)$$

3.5. Để đảm bảo cho không khí có thể đi vào phía dưới luồng chảy và để tránh cho luồng chảy bị ngập ở phía hạ lưu, thì cao độ của mũi phóng cần bố trí không thấp hơn mực nước lớn nhất ở hạ lưu.

3.6. Luồng chảy ra khỏi mũi phóng sẽ bay xa nhất khi góc α nằm trong khoảng $30^\circ + 35^\circ$.

4. TÍNH TOÁN XÓI LÒNG DẪN BẰNG ĐÁ

4.1. Các tính toán nêu dưới đây tương ứng với điều kiện bài toán phẳng, luồng chảy phóng ra từ mũi phóng hình trụ không bị ngập.

4.2. Để tính toán sơ bộ chiều sâu xói lòng dẫn bằng đá có nút né phân khối có thể dùng hệ thức sau:

$$t = (0,1 + 0,45 \sqrt{\operatorname{Fr}}) \cdot \sqrt{\operatorname{Fr}} \cdot \sqrt[4]{\frac{h}{d}} \cdot h_H \quad (14)$$

trong đó:

$$\operatorname{Fr} = \frac{v_H^2}{gh_H} \quad - \text{số Frút}$$

Hệ thức (14) đúng trong phạm vi:

$$\frac{T}{h_K} = 5 \div 30; \quad \frac{d}{h_K} = 0,05 \div 0,75; \quad Fr < 200$$

4.3. Khi có các số liệu về kích thước của phân khối đá, góc nằm của vĩa đá ở lòng dẫn hạ lưu và thỏa mãn các điều kiện:

$$6 \leq \frac{T_u}{h_K} \leq 16; \quad Fr = \frac{v_{II}^2}{gh_{II}} = 10 \div 150;$$

$$28^\circ \leq \alpha \leq 42^\circ; \quad 0,5 \leq \frac{h}{h_z} \leq 1,5;$$

$$0,1 \leq \frac{l_o}{h_{II}} \leq 3; \quad 2,0 \leq \frac{\gamma_d}{\gamma} \leq 3,0$$

thì nên dùng phương pháp dưới đây để tính chiều sâu lớn nhất của phễu xói hình thành dưới tác động của luồng chảy rơi.

4.4. Các trị số giới hạn nhỏ nhất E_{gh}^* và P_{gh}^* , mà với trị số đó, phân khối đá có thể còn bị tách khỏi khối nền được xác định theo công thức:

$$E_{gh}^* = 1,1.c\left(\frac{\gamma_d}{\gamma} - 1\right).cos\psi \quad (15)$$

$$P_{gh}^* = (1,1 + \delta).c\left(\frac{\gamma_d}{\gamma} - 1\right).cos\psi \quad (16)$$

trong đó:

$$\text{Khi } \frac{c}{h_K} \geq 0,17 \quad \delta = 0$$

$$\text{Khi } \frac{c}{h_K} < 0,17 \quad \delta = 6,7(0,17 - \frac{c}{h_K})$$

Các công thức trên đúng trong điều kiện không có bãi bồi sau phễu xói.

4.5. Với các trị số E^*_{gh}/z_o ; P^*_{gh}/z_o ; l_o/h_K , theo đồ thị hình 8 và 9 tìm tỷ số t/h_K .

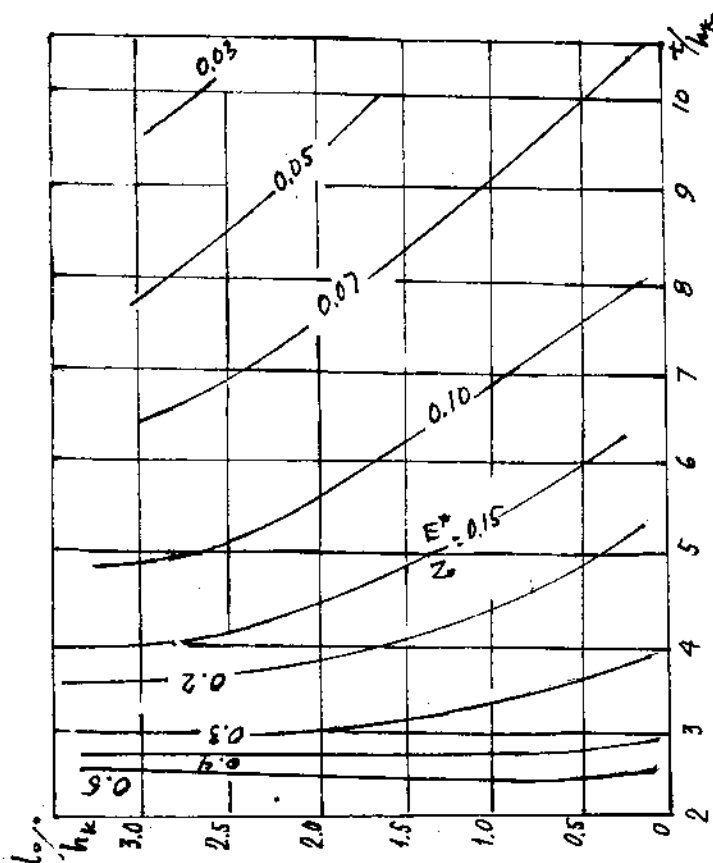
Từ t/h_K , xác định $t = (t/h_K) \cdot h_K$ và tính chiều sâu lớn nhất của hố xói trong lòng dẫn bằng đá theo công thức:

$$h_x = t - h + c \quad (17)$$

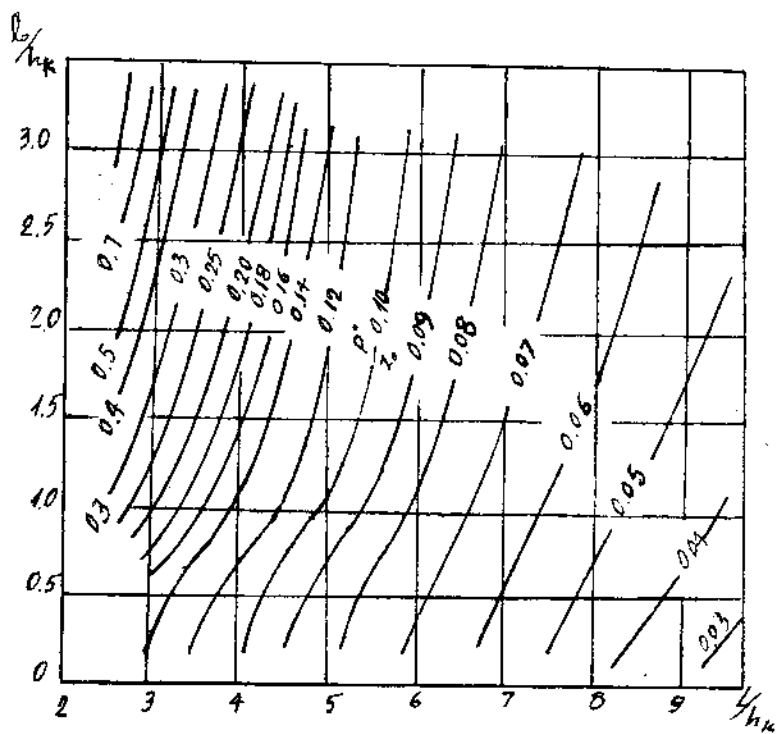
4.6. Trong trường hợp các phân khối đá nằm ngang hay thẳng đứng ($\psi = 0$) với:

- Độ dốc mái thượng lưu lấy trung bình là 1 : 2,2
- Độ dốc mái hạ lưu 1 : 1,5
- Chiều dài đoạn nằm ngang của đáy lấy gần bằng $2,5 \cdot h_K$ thì chiều dọc của phễu xói b_x đo ở mức cao trình của đáy không xói được tính bằng công thức

$$b_x = 2,5h_K + 3,7 \cdot h_x \quad (18)$$



Hình 8. Đồ thị để xác định chiều sâu nước ở hố xói
phụ thuộc vào $\frac{E^*}{z_o}$ và $\frac{l_o}{h_k}$



Hình 9. Đồ thị để xác định chiều sâu nước ở hố xói
phụ thuộc vào $\frac{P^*}{z_o}$ và $\frac{l_o}{h_k}$

Trang 28/44 - 14 TCN 81 - 90

Phụ lục 1

VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Một công trình xả có lưu lượng lớn nhất tính toán

$Q_{\max} = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$, gồm các bộ phận (hình 10)

- Đoạn vào

- Ngưỡng tràn kiểu Ôphixêrốp, cột nước tràn ứng với

$Q_{\max} = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ là $H = 5,80\text{m}$, chiều rộng tràn $b = 10\text{m} \times 4 = 40\text{m}$ (4 khoang). Dỉnh tràn ở cao trình 195,70, $MNTL_{\max} = +201,50$

- Dốc nước bê tông cốt thép, mặt cắt hình chữ nhật $b = 10 \times 4 \text{ m} = 40\text{m}$ (được phân tách bằng các tường phân dòng), độ dốc $i = 0,05$, độ nhám $n = 0,015$, chiều dài dốc $l = 70\text{m}$, đầu dốc ở cao trình 190,00m, cuối dốc ở cao trình 186,50m.

- Mũi phóng hình trụ có bán kính cong $R_H = 10\text{m}$, góc ở tâm $\beta = 36^\circ$, góc nghiêng tại cuối mũi phóng $\alpha_H = 35^\circ$, độ chênh cao của đáy mũi phóng với điểm thấp nhất của nó là $y_1 \approx 0$, $y_2 = 1,70\text{m}$, độ chênh cao của đuôi mũi phóng so với đáy lòng dẫn hạ lưu là $a = 8,20\text{m}$.

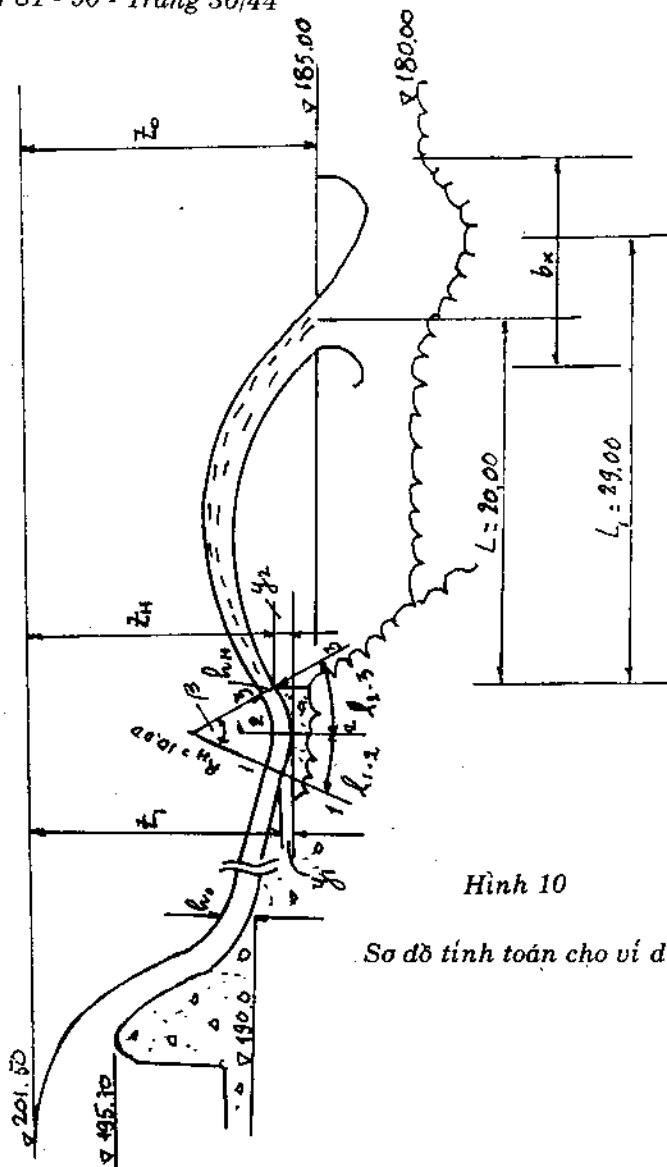
- Lòng dẫn hạ lưu là đá, phân khối đá nền nằm ngang có kích thước:

- chiều ngang $l_0 = 0,60\text{m}$

- chiều dọc $l_1 = 0,52\text{m}$

- chiều cao $c = 0,60\text{m}$

- mực nước hạ lưu ứng với $Q_{\max}$ là $+ 186,00$



Hình 10

Sơ đồ tính toán cho ví dụ

1. Tính chiều sâu dòng chảy và lưu tốc đầu dốc nước:

Dòng chảy tại đầu dốc nước là dòng chảy co hẹp sau khi qua ngưỡng tràn.

Chiều sâu tại mặt cắt co hẹp h_c có thể tính theo một trong hai cách:

a) Tính đúng dần theo công thức:

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

trong đó: $q = \frac{Q}{b} = \frac{1000}{40} = 25 \text{ (m}^3\text{/s.m)}$

$\varphi = 0,95$ hệ số lưu tốc, trong trường hợp dòng chảy qua đập tràn tương đối thuận.

$b = 40 \text{ m}$ - chiều rộng tràn

$$E_0 \approx E = P + H$$

$$= (195,70 - 190,00) + 5,80 = 11,50 \text{ m}$$

b) Theo phương pháp của I. I. Agrôskin [6]:

Tính:

$$\Phi(\tau_c) = \frac{q}{\varphi E_0^{3/2}} = \frac{25}{0,95 \times 11,5^{3/2}} = 0,675$$

Dựa vào trị số $\Phi(\tau_c)$, tra bảng được:

$$\tau_c = \frac{h_c}{E_0} = 0,167$$

Tính: $h_c = \frac{h_c}{E_0} \cdot E_0 = 0,167 \times 11,50 = 1,92 \text{ (m)}$

$$h_c = 1,92 \text{ m}$$

Lưu tốc tại mặt cắt co hẹp:

$$v_c = \frac{q}{h_c} = \frac{25}{1,92} = 13,02 \text{ (m/s)}$$

2. Chiều sâu dòng đều trên thân dốc h_o tính từ công thức:

$$Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R_i}$$

$$\text{hay } q = h_o \cdot C \cdot \sqrt{R_i}$$

$$\text{với } q = 25 \text{ m}^3/\text{s.m}$$

$\omega = b \cdot h_o = 10 h_o$ - diện tích mặt cắt ướt tính cho một khoảng

$\chi = 10 + 2h_o$ - chu vi ướt.

$$R_o = \omega / \chi$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y$$

$n = 0,015$, y lấy theo bảng 1 hoặc công thức (3)

$i = 0,05$

Kết quả được $h_o = 1,52 \text{ m}$

$$v_o = \frac{q}{h_o} = \frac{25}{1,52} = 16,45 \text{ (m/s)}$$

3. Chiều sâu cột nước phân giới trên thân dốc:

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{25^2}{9,81}} = 4,00 \text{ m}$$

4. Độ dốc phân giới

$$i_k = \left(\frac{q}{h_k \cdot c_k \cdot \sqrt{R_k}} \right)^2$$

Với c_k , R_k tính như trên theo giá trị $h_k = 4,00$ được kết quả:

$$i_k = 0,003$$

5. Với $i = 0,05 > i_k = 0,003$

và $h_o = 1,40\text{m} < h_k = 4,00$

ta có đường mặt nước trên thân dốc là đường nước đổ b_{II}

6. Trước khi lập đường cong mặt nước trên thân dốc, cần kiểm tra khả năng xuất hiện hàm khí, ứng với điều kiện dòng đều $h_o = 1,40\text{ m}$.

Theo hệ thức (4)

$$v_{hk} = A \cdot \sqrt{\cos\theta}$$

với $\cos\theta = \cos(\arctg 0,05) = 0,999$;

Trị số A tính theo công thức (5) hoặc theo hình 4

$$v_{hk} = 6,63 \cdot \sqrt{g \cdot R_o} \cdot \sqrt{1 + \frac{0,0011}{R_o^2}} \cdot \left(1 + \frac{8,7 n}{R_o^{1/6}}\right)^{-1} \cdot \sqrt{\cos\theta}$$

trong đó: $g = 9,81\text{ m/s}^2$

$$R_o = \frac{10 \times 1,52}{10 + 2 \times 1,52} = 1,17\text{ m}$$

$$n = 0,015$$

$$v_{hk} = 6,63 \times \sqrt{9,81 \times 1,17} \times \sqrt{1 + \frac{0,0011}{1,17^2}} \times \left(1 + \frac{8,7 \times 0,015}{1,17^{1/6}}\right)^{-1} \times \sqrt{0,999}$$

$$v_{hk} = 19,92 \text{ m/s}$$

$$v_o = 16,45 \text{ m/s} < v_{hk} = 19,92 \text{ m/s}$$

do đó, trên suốt thân dốc nước sẽ không xuất hiện sự hàm khí.

7. Tính toán đường mặt nước trên thân dốc:

Theo phương trình (2), ta tính toán đường mặt nước trên thân dốc. Kết quả ghi ở bảng (2).

8. Tính các thông số dòng chảy trong phạm vi mũi phóng:

Vận tốc và chiều sâu dòng chảy trong phạm vi mũi phóng (mặt cắt 1-1; 2-2; 3-3 trong hình 5, hình 10) được xác định theo hướng dẫn của điều 2.12.

- Giữa mặt cắt 1-1 và 2-2 ta có phương trình sau:

$$y_1 + h_1 \cos \theta + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_u}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{v_{tb}^2}{c_{tb}^2 \cdot R_{tb}} \cdot l_{1-2} \quad (6)$$

trong đó:

$$y_1 \approx 0; h_1 = 1,76 \text{ m (chiều sâu nước ở cuối dốc):}$$

$$\cos \theta = 0,999; v_1 = 14,20 \text{ m/s, } l_{1-2} = 0,50 \text{ m}$$

Để xác định trị số $\frac{p_u}{\gamma}$ (thành phần xét đến áp lực ly tâm),

với $\beta = 36^\circ$; $R_H/h_1 = \frac{10}{1,76} = 5,68$ theo đồ thị hình 6 tìm được

$$v/u = 1,20.$$

$\frac{p_u}{\gamma}$ tính theo hệ thức (8)

$$\frac{p_u}{\gamma} = \frac{v_1^2}{2g} \left(1 - \frac{u^2}{v^2}\right) = \frac{14,20^2}{19,62} \left(1 - \frac{1}{1,2^2}\right) = 3,12$$

Tính h_2 bằng phương pháp đúng dần, với v_{tb} , R_{tb} , c_{tb} theo các công thức đã nêu và tính với trị số trung bình $h_{tb} = \frac{h_1 + h_2}{2}$

Kết quả: $h_2 = 2,18 \text{ m}$

$$v_2 = 11,47 \text{ m/s}$$

- Giữa mặt cắt 2-2 và 3-3:

$$h_2 + \frac{p_u}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} = y_3 + h_3 \cdot \cos \alpha_H + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{v_{tb}^2}{c_{tb}^2 \cdot R_{tb}} \cdot l_{2-3} \quad (7)$$

với $h_2 = 2,18 \text{ m}$; $p_u/\gamma = 3,12$;

$$\frac{v_2^2}{2g} = 6,70; Y_3 = 1,70 \text{ m}; \cos \alpha_H = \cos 33^\circ = 0,837;$$

$$l_{2-3} = 5,60 \text{ m};$$

tương tự như trên, ta tính được:

$$h_H = h_3 = 1,88 \text{ m}$$

Bảng 2. BẢNG TÍNH ĐƯỜNG MẶT NƯỚC TRÊN THÂN DỐC NƯỚC

1	2	3	4	5	6	7	8
TT	h (m)	v (m/s)	$\Xi =$ $h \cos \theta +$ $+v^2/2g$	$\Delta \Xi$ (m)	h_{tb} (m)	R_{tb} (m/s)	v_{tb}
1	1,92	13,02	10,56	1,07	1,86	1,36	13,44
2	1,80	13,89	11,63	0,62	1,77	1,31	14,13
3	1,74	14,37	12,25				

Với chiều dài dốc nước là 70 m, theo kết quả tính toán ở bảng (2), ta nội suy được chiều sâu và vận tốc dòng chảy tại cuối dốc nước là $h = 1,76$; $v = 14,20$ m/s.

9	10	11	12	13
$c = \frac{1}{n} \cdot R^y$	$i_f = \frac{v_{tb}^2}{c_{tb}^2 \cdot R_{tb}}$	$i_o = i_f$	$l = \frac{\Delta \Xi}{i_o - i_f}$	$\sum l$
69,81	0,027	0,023	46,50	46,50
69,42	0,032	0,018	35,50	81,00

$$v_{IH} = v_3 = \frac{25}{1,88} = 13,30 \text{ m/s}$$

- Góc ra của luồng chảy theo công thức (10)

$$\alpha = \alpha_H - (\beta - \alpha_o)$$

$$\text{với } h_1 = 1,76 \text{ m; } R_{IH}/h_1 = \frac{10}{1,76} = 5,68$$

và $\beta = 36^\circ$, theo đồ thị hình 7, tìm được:

$$\frac{\alpha_o}{\beta} = 0,91$$

$$\text{Vậy } \alpha_o = 0,91 \times 36^\circ = 32^\circ 45'$$

$$\alpha = 33^\circ - (36^\circ - 32^\circ 45') = 29^\circ 45'$$

9. Tính toán độ phóng xạ của luồng chảy:

- Hệ số xét ảnh hưởng của hàm khí và tách dòng K:

$$\text{với } F_{rH} = \frac{v_H^2}{g h_H} = \frac{13,30^2}{9,91 \times 1,88} = 9,59 < 30$$

Theo điều 3.2, lấy $K = 1$

- Chênh lệch cột nước tính đến mũi phóng:

$$\begin{aligned} Z_H &= E + i l + y_1 - y_3 \\ &= 11,50 + 0,05 \times 70 + 0 - 1,70 = 13,30 \text{ m} \end{aligned}$$

Hệ số vận tốc:

$$\varphi = \frac{v_H}{\sqrt{2g Z_H}} = \frac{13,30}{\sqrt{19,62 \times 13,30}} = 0,823$$

$$Z_1 = E + il = 11,50 + 0,05 \times 70 = 15,00 \text{ m}$$

- Độ chênh mực nước thượng hạ lưu:

$$Z_0 = 201,50 - 185,00 = 16,50 \text{ m}$$

Độ phóng xa của luồng chảy từ mũi phóng đến mực nước hạ lưu tính theo công thức (11)

$$L = k \cdot z_1 \cdot \varphi^2 \cdot \sin 2\alpha \cdot \left[1 + \sqrt{1 + \left(\frac{z_0}{z_1} - 1 \right) \frac{1}{\varphi^2 \sin^2 \alpha}} \right]$$

$$L = 1 \times 15,00 \times 0,823^2 \times \sin 59^\circ 30' \times$$

$$\times \left[1 + \sqrt{1 + \left(\frac{16,50}{15,00} - 1 \right) \times \frac{1}{0,823^2 \sin^2 29^\circ 45'}} \right]$$

$$L = 20,00 \text{ m}$$

10. Góc đổ của luồng chảy vào mực nước hạ lưu tính theo công thức (12):

$$\alpha_1 = \sqrt{\text{tg}^2 \alpha + \frac{2g \cdot \left(\frac{1}{2} h_H \cdot \cos \alpha + a - h \right)}{v_H^2 \cdot \cos^2 \alpha}}$$

$$\alpha = 29^\circ 45', \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2, \quad h_H = 1,88 \text{ m};$$

$$a = 188,20 - 180,00 = 8,20 \text{ (m)}$$

$$v_H = 13,30 \text{ m/s}, \quad h = 5,00 \text{ m}$$

$$\text{tg} \alpha_1 = 0,958$$

$$\alpha_1 = 43^\circ 46'$$

11. Tính kích thước hố xói

Để tính chiều sâu hố xói, cần kiểm tra điều kiện áp dụng công thức (14)

- Chiều sâu phân giới của dòng chảy hạ lưu:

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{25^2}{9,81}} = 4,00 \text{ (m)}$$

Độ chênh cao của MNTL so với đáy lòng dẫn hạ lưu

$$T = 201,50 - 180,00 = 21,50 \text{ (m)}$$

- Đường kính tương đương của phân khối đá nền

$$1/6\pi d^3 = l_o.l_1.c = 0,6 \times 0,52 \times 0,6 = 0,1872$$

$$d = \frac{0,1872 \times 6}{3,1416} = 0,71 \text{ (m)}$$

$$\text{vì } \frac{T}{h_k} = \frac{21,50}{4} = 5,375.$$

$$d/h_k = 0,71/4 = 0,1775$$

$$Fr = \frac{v_H^2}{gh_H} = 9,59$$

Thỏa mãn các điều kiện nêu trong điều 4.2, nên chiều sâu hố xói tính theo công thức:

$$t = (0,1 + 0,45 \cdot \sqrt[4]{9,59}) \cdot (\sqrt[4]{9,59} \cdot \sqrt[4]{\frac{5,0}{0,71}} \cdot 1,88)$$

$$t = 8,50 \text{ (m)}$$

- Chiều sâu của hố xói so với đáy lòng dẫn hạ lưu, theo công thức (17)

$$h_x = t - h + c = 8,50 - 5,00 + 0,6$$

$$h_x = 4,10 \text{ m}$$

- Chiều dọc của hố xói b_x đo ở mức đáy lòng dẫn hạ lưu với $\psi = 0$, (công thức 18):

$$b_x = 2,50 \times 4,0 + 3,7 \times 4,10 = 25,17 \text{ (m)}$$

Khoảng cách từ mũi phóng đến chỗ xói sâu nhất (công thức 13):

$$L_1 = L + \frac{t}{\operatorname{tg} \alpha_1} = 20 + \frac{8,50}{0,958} = 28,87 \text{ (m)}$$

$$L_1 \approx 29 \text{ m}$$

Phụ lục 2

DANH SÁCH CÁC TÀI LIỆU LIÊN QUAN

- 1- Qui phạm tính toán thủy lực đập tràn. QPTL - 08 - 76
Hà Nội 1977
- 2- Hướng dẫn tính toán thủy lực đập tràn phần II
Đập tràn xiên, tràn bên, tràn cong, đập tràn hình vành
khuyên П45/75 ВН И И Г)
Viện KSTKTL biên dịch - Hà Nội 1988
- 3- Рекомендации по гидравлическому расчёту
водопропускных трактов безнапорных водосбросов
на аэрацию и волнообразование П66 - 77/ВНИИГ. Л -
1978.
- 4- Рекомендации по учёту кавитации при проекти-
ровании водосбросных гидротехнических сооружений
П38 - 75/ВНИИГ - Л - 1976.
- 5- Справочник по гидравлическим расчётам - Под ред.
П.Г. Киселева М. Энергия - 1972.
- 6- Sổ tay kỹ thuật thủy lợi tập I.
Nhà xuất bản Nông nghiệp - 1979.

MỤC LỤC

	Trang
Quyết định của Bộ trưởng Bộ Thủy lợi	
Tiêu chuẩn ngành	
1. Chỉ dẫn chung	5/44
2. Tính toán thủy lực công trình xả hở	11/44
3. Độ phóng xa của luồng chảy	22/44
4. Tính toán xói lòng dẫn bằng đá	23/44
Phụ lục 1	29/44
Phụ lục 2	42/44

Chịu trách nhiệm xuất bản:

DƯƠNG QUANG DIỆU

Phụ trách bản thảo và sửa bản in:

PHẠM KHÔI - VŨ KHANH

In 500 cuốn khổ 13 x 19. Giấy phép xuất bản số 67.92.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 8.1992