

QUYẾT ĐỊNH

Ban hành tiêu chuẩn ngành về thủy lợi
14TCN 197 : 2006 và 14TCN 198 : 2006

BỘ TRƯỞNG BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

Căn cứ Nghị định 86/2003/NĐ-CP ngày 18 tháng 07 năm 2003 của Chính phủ quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn:

Căn cứ Quy chế xây dựng, ban hành, phổ biến và kiểm tra áp dụng tiêu chuẩn ngành ban hành theo Quyết định số 74/2005/QĐ-BNN ngày 14 tháng 11 năm 2005 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn;

Theo đề nghị của Vụ trưởng Vụ Khoa học công nghệ,

QUYẾT ĐỊNH :

Điều 1. Nay ban hành kèm theo quyết định này 02 tiêu chuẩn ngành:

1. 14 TCN 197 : 2006 - Công trình thủy lợi - Cống lấy nước bằng thép bọc bê tông, bê tông cốt thép - Hướng dẫn thiết kế
2. 14 TCN 198 : 2006 - Công trình thủy lợi - Các công trình tháo nước - Hướng dẫn tính khí thực

Điều 2. Quyết định này có hiệu lực sau 15 ngày kể từ ngày ký.

Điều 3. Chánh văn phòng, Vụ trưởng Vụ khoa học công nghệ và Thủ trưởng các đơn vị liên quan chịu trách nhiệm thi hành quyết định này...

Nơi nhận:

- Như điều 3;
- Lưu VT.

KT. BỘ TRƯỞNG
THỦ TRƯỞNG



Nguyễn Ngọc Thuật

14TCN 198 - 2006

CÔNG TRÌNH THỦY LỢI - CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC - HƯỚNG DẪN TÍNH KHÍ THỰC

Hydraulic Structures - Discharge Structures - Cavitation Control Manual

1 QUY ĐỊNH CHUNG

1.1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng cho tính, kiểm soát khí thực trên các bộ phận của công trình tháo nước và tính các giải pháp phòng chống khí thực khi thiết kế mới hoặc sửa chữa nâng cấp các công trình tháo nước; không áp dụng cho việc tính toán khí thực các máy bơm và turbin thủy lực.

1.2 Tài liệu viện dẫn

- Cavitation in Chutes and Spillway, United States Department of the Interior Bureau of Reclamation, 1990.
- SDJ 341-89 - Quy phạm thiết kế tràn xả lũ. Bản dịch từ tiếng Trung Quốc - Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn phát hành - 1999.
- Tính toán thủy lực các công trình tháo nước - Sổ tay chuyên môn - NXB Năng lượng nguyên tử, Matxcova, 1988 (Bản tiếng Nga).
- 14TCN81 - 90. Quy trình tính toán thủy lực công trình xả kiểu hở và xói lòng dẫn bằng đá do dòng phun.
- QPTL C1-75. Quy phạm tính toán thủy lực cống dưới sâu.
- QPTL C8-76. Quy phạm tính toán thủy lực đập tràn.

1.3 Thuật ngữ và định nghĩa

1.3.1 Chảy bao

1.3.1.1 Chảy bao là hiện tượng xảy ra ở phần tiếp xúc giữa dòng chảy và bề mặt lòng dẫn.

1.3.1.2 Chảy bao thuận: khi dòng chảy bám sát bề mặt lòng dẫn.

1.3.1.3 Chảy bao không thuận: khi dòng chảy không bám sát bề mặt lòng dẫn, còn gọi là hiện tượng tách dòng. Phần không gian giới hạn giữa bề mặt lòng dẫn và bề mặt của chủ lưu (dòng chính) gọi là vùng tách dòng.

1.3.1.4 Vật chảy bao: để chỉ vật rắn có mặt ngoài (hay một phần của mặt ngoài) tiếp xúc với dòng nước chảy.

1.3.2 Hiện tượng giảm áp

1.3.2.1 Khi vùng tách dòng không được bổ sung không khí thì áp suất tại đó sẽ giảm.

1.3.2.2 Khi áp suất tại một điểm giảm đến trị số nhỏ hơn áp suất khí trời thì tại điểm đó có áp suất chân không, kí hiệu là p_{ck} :

$$p_{ck} = p_a - p; \quad (1-1)$$

Trong đó, p_a - áp suất khí trời; p - áp suất tuyệt đối tại điểm đang xét.

1.3.3 Khí hoá (Cavitation)

1.3.3.1 Khí hoá là hiện tượng xuất hiện hàng loạt các bong bóng chứa khí và hơi ở trong lòng chất lỏng khi ở đó có nhiệt độ bình thường, nhưng áp suất bị giảm xuống dưới một trị số giới hạn gọi là áp suất phân giới, kí hiệu là p_{pg} .

Trong tiêu chuẩn này, chất lỏng được xét là nước, hơi xuất hiện dưới dạng các bong bóng là hơi nước, áp suất phân giới chính là áp suất hoá hơi của nước.

1.3.3.2 Điều kiện xuất hiện khí hoá: trong dòng chảy, khí hoá sẽ xuất hiện khi có $p \leq p_{pg}$, hoặc có $H \leq H_{pg}$, trong đó:

p - áp suất tuyệt đối tại khu vực đang xét và H là cột nước áp lực tương ứng với p ;

p_{pg} - áp suất phân giới của nước và H_{pg} là cột nước áp lực tương ứng với p_{pg} .

1.3.4 Hệ số khí hoá (Cavitation index)

Hệ số khí hoá là một đại lượng dùng để biểu thị mức độ mạnh yếu của khí hoá trong nước, kí hiệu là K . Giá trị của K được xác định như sau:

$$K = \frac{H_{DT} - H_{pg}}{\frac{V_{DT}^2}{2g}} ; \quad (1-2)$$

Trong đó:

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

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

g - gia tốc trọng trường, (m/s²).

1.3.5 Hệ số khí hoá phân giới (K_{pg})

Hệ số khí hoá phân giới là giá trị của hệ số khí hoá K tương ứng với trạng thái chớm khí hoá, nghĩa là khi các bong bóng khí mới bắt đầu hình thành. Trạng thái này được xác định bằng thực nghiệm với sự quan sát các bong bóng khí bằng mắt thường, hay các máy đo chuyên dụng.

Điều kiện khí hoá của dòng chảy tại một khu vực nào đó sẽ là:

$$K \leq K_{pg} ; \quad (1-3)$$

1.3.6 Các giai đoạn khí hoá

- Giai đoạn bắt đầu khí hoá: các bong bóng khí được hình thành có kích thước nhỏ, mật độ còn thưa.

- Giai đoạn khí hoá mạnh: các bong bóng khí được hình thành có kích thước lớn và xác định, mật độ dày đặc, tập trung trong một khu vực gọi là đước khí.

- Giai đoạn siêu khí hoá: các bong bóng khí được hình thành nhiều và nhanh, nhưng bị cuốn đi mạnh mẽ theo dòng chảy, không được tập trung trong một khu vực xác định, đước khí có kích thước kéo dài dọc theo dòng chảy.

1.3.7 Hệ số giai đoạn khí hoá (β)

Hệ số giai đoạn khí hoá là hệ số biểu thị mức độ phát triển của khí hoá trong dòng chảy.

Trị số của β xác định như sau:

$$\beta = \frac{K}{K_{pg}} ; \quad (1-4)$$

Trong đó, K và K_{pg} như đã định nghĩa ở trên.

Trị số của β tương ứng với các giai đoạn khí hoá như sau:

$0,8 < \beta \leq 1$: giai đoạn bắt đầu khí hoá;

$0,1 < \beta \leq 0,8$: giai đoạn khí hoá mạnh;

$\beta \leq 0,1$: giai đoạn siêu khí hoá.

1.3.8 Khí thực (Cavitation erosion)

1.3.8.1 Khí thực là hiện tượng tróc rỗ, phá hoại, xâm thực bề mặt lòng dẫn do khí hoá đủ mạnh và tác động trong một thời gian đủ dài.

1.3.8.2 Các thông số đặc trưng của vùng khí thực:

- Chiều sâu hố xâm thực (h_v) là khoảng cách theo chiều vuông góc với bề mặt lòng dẫn từ vị trí ban đầu (chưa xâm thực) đến vị trí hiện tại (đã xâm thực).

- Diện tích bề mặt bị xâm thực (F_v) là diện tích phần bề mặt lòng dẫn mà trên đó có tồn tại các hố xâm thực.

- Thể tích hố xâm thực (W_x) là thể tích của toàn bộ phần vật liệu lòng dẫn bị phá hoại và bị dòng chảy cuốn đi.

1.3.8.3 Cường độ xâm thực theo thời gian: là tỷ số giữa các đại lượng h_x , F_x , W_x với thời gian xâm thực t , tương ứng như sau:

- Cường độ xâm thực theo chiều sâu: $i_h = \frac{h_x}{t}$;

- Cường độ xâm thực theo chiều rộng: $i_F = \frac{F_x}{t}$;

- Cường độ xâm thực theo thể tích: $i_w = \frac{W_x}{t}$;

1.3.8.4 Độ bền khí thực của vật liệu (R_x): là đại lượng tỷ lệ nghịch với cường độ xâm thực.

Trị số R_x thay đổi theo từng loại vật liệu. Đối với vật liệu bê tông, trị số R_x tỷ lệ thuận với độ bền nén R_n .

1.3.8.5 Độ bền khí thực tương đối \bar{R}_x : là tỷ số giữa độ bền khí thực R_x của vật liệu đang xét với độ bền khí thực R_{x0} của vật liệu chuẩn (loại vật liệu được sử dụng nhiều trong xây dựng công trình tháo nước, và đã được nghiên cứu nhiều về các đặc trưng chống xâm thực).

1.3.9 Hàm khí trong nước

1.3.9.1 Hàm khí trong nước là hiện tượng trong nước có chứa một thể tích không khí nhất định. Không khí chứa trong nước có thể từ các nguồn sau đây:

- Khí hoà tan tự nhiên;

- Khí bị hút vào dòng chảy từ mặt thoáng khi dòng chảy có lưu tốc lớn. Trường hợp này gọi là tự hàm khí;

- Không khí được đưa vào dòng chảy thông qua các bộ phận tiếp khí (BPTK).

1.3.9.2 Ảnh hưởng của hàm khí đến khí thực: đối với lớp dòng chảy sát bề mặt lòng dẫn, độ hàm khí trong nước càng cao thì khả năng khí thực càng giảm.

1.3.9.3 Đại lượng đo mức độ hàm khí:

$$S = \frac{dW_a}{dW_c} ; \quad (1-5)$$

Trong đó: S - hệ số hàm khí trong nước;

dW_c - thể tích một phân tố bao gồm cả nước và không khí;

dW_a - thể tích của phân không khí chứa trong dW_c .

1.3.10 Các trị số lưu tốc dùng trong tính toán khí thực

1.3.10.1 Các trị số lưu tốc nêu ở đây là trị số lưu tốc trung bình thời gian (chưa xét đến mạch động).

1.3.10.2 Lưu tốc cục bộ (u) là trị số lưu tốc tại một điểm xác định trong dòng chảy;

1.3.10.3 Lưu tốc bình quân mặt cắt (V) là trị số lưu tốc tính bình quân cho toàn mặt cắt:

$$V = \frac{Q}{\omega} ; \text{ m/s} ; \text{ trong đó: } Q - \text{lưu lượng, m}^3/\text{s} ; \omega - \text{diện tích mặt cắt, m}^2.$$

1.3.10.4 Lưu tốc sát thành (V_y) là trị số lưu tốc cục bộ tại một điểm cách mặt cơ bản của lòng dẫn một đoạn bằng y .

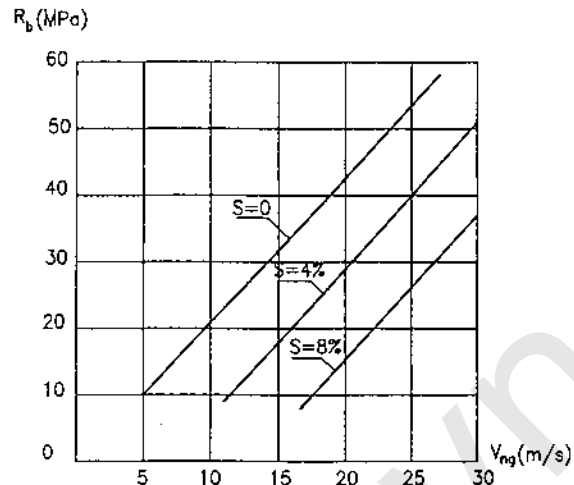
1.3.10.5 Lưu tốc đặc trưng (V_{DT}) là trị số lưu tốc quy ước để xác định hệ số khí hoá theo công thức (3-2). Trị số V_{DT} được quy ước cho từng loại vật chảy bao (xem điều 2.3.4.2).

1.3.10.6 Lưu tốc ngưỡng xâm thực V_{ng} là một trị số mà khi $V_y < V_{ng}$ thì vật liệu bề mặt lòng dẫn không bị xâm thực, mặc dù có khí hoá mạnh và tác động trong thời gian dài. ở

đây, V_y là trị số lưu tốc cục bộ ở gần thành rắn, được quy ước riêng cho từng loại vật chảy bao (xem bảng 2.4).

Trị số V_{ng} của vật liệu bê tông phụ thuộc vào độ bền nén của vật liệu (R_b) và hệ số hàm khí trong nước S như thể hiện ở hình 1.1.

1.3.10.7 Lưu tốc cho phép không xâm thực (V_{cp}): là một trị số mà khi $V < V_{cp}$ thì vật liệu bê mặt lòng dẫn không bị xâm thực, mặc dù có khí hoá mạnh và tác động trong thời gian dài. ở đây, V là trị số lưu tốc trung bình mặt cắt tại vị trí kiểm tra.



Hình 1.1. Quan hệ $V_{ng} = f(R_b, S)$ của vật liệu bê tông
S: hệ số hàm khí trong nước

2 KIỂM TRA SỰ XUẤT HIỆN KHÍ HOÁ TRÊN CÁC BỘ PHẬN CỦA CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC (CTTN)

2.1 Nguyên tắc chung

2.1.1 Mục đích của việc kiểm tra là để đảm bảo cho các bộ phận của CTTN làm việc trong điều kiện không có khí hoá, hoặc có khí hoá nhưng mức độ phát triển chưa đủ để gây nên khí thực nguy hiểm.

2.1.2 Việc kiểm tra cần tiến hành với các chế độ làm việc khác nhau của CTTN, trong đó phải xem xét đến:

- Công trình tháo với các cấp lưu lượng thay đổi từ 0 đến Q_{max} , với Q_{max} là lưu lượng tháo nước lớn nhất.
- Trường hợp cửa van mở hoàn toàn và mở từng phần.
- Trường hợp mở đều các cửa và trường hợp có một cửa bị hạn chế khả năng làm việc do sự cố.

2.1.3 Việc kiểm tra cần tiến hành cho các bộ phận, các mặt cắt khác nhau trên CTTN, trong đó trước hết cần xét đến:

- Đầu vào của các cửa tháo nước dưới sâu có áp, hay đỉnh đập tràn của các công trình xả mặt.
- Các gồ ghề cục bộ trên mặt đập tràn, dốc nước mà chúng phát sinh trong quá trình thi công, hay trong quá trình khai thác.
- Bộ phận buồng van, nơi có các khe, ngưỡng, mố phân dòng...
- Các mố phân dòng ở cuối dốc nước hay trong bể tiêu năng, tại đây có chế độ chảy bao không thuận.

2.1.4 Ứng với một chế độ làm việc của CTTN, điều kiện để không phát sinh khí hoá tại một bộ phận của nó là:

$$K > K_{pg}; \quad (2-1)$$

Trong đó, K và K_{pg} như đã giải thích tương ứng ở điều 1.3.4 và điều 1.3.5.

2.1.5 Trường hợp không chế theo điều kiện (2-1) dẫn đến kích thước công trình quá lớn, không thoả mãn điều kiện kinh tế thì có thể chấp nhận có khí hoá ở giai đoạn đầu (khả năng xâm thực là rất nhỏ). Khi đó điều kiện không chế là:

$$K > 0,85 K_{pg}; \quad (2-2)$$

Trong các công thức (2-1) và (2-2), trị số của K được xác định theo công thức (1-2) với các đại lượng trong đó được xác định như sau:

2.1.6.1 Cột nước đặc trưng:

$$H_{DT} = H_a + h_d; \quad (2-3)$$

Trong đó: h_d - cột nước áp lực dư, được quy ước tương ứng với từng loại vật liệu chảy bao (xem ở các điều từ 2.2 đến 2.5 sau đây);

H_a - cột nước áp lực khí trời, phụ thuộc vào cao độ mực nước tại điểm đang xét, cho trên Bảng 2.1.

Bảng 2.1 - Quan hệ giữa cột nước áp lực khí trời và cao độ

Cao độ (m)	H_a (m)	Cao độ (m)	H_a (m)	Cao độ (m)	H_a (m)	Cao độ (m)	H_a (m)
0	10,33	400	9,84	800	9,38	1500	8,64
100	10,23	500	9,74	900	9,28	2000	8,14
200	10,09	600	9,62	1000	9,18	2500	7,70
300	9,98	700	9,52	1200	8,95	3000	7,37

2.1.6.2 Cột nước áp lực phân giới:

Đối với nước, trị số cột nước áp lực phân giới (H_{pg}) phụ thuộc vào nhiệt độ như ở Bảng 2.2.

Bảng 2.2 - Trị số của cột nước áp lực phân giới

T (°C)	5	10	15	20	25	30	40
H_{pg} (m)	0,09	0,13	0,17	0,24	0,32	0,44	0,75

2.1.6.3 Lưu tốc đặc trưng (V_{DT})

Trị số của V_{DT} được quy ước tương ứng cho từng loại vật chảy bao, xem các điều từ 2.2 đến 2.5.

2.1.7 Trị số của K_{pg} phụ thuộc vào đặc trưng hình học của vật chảy bao và được xác định từ kết quả của hàng loạt thí nghiệm mô hình, được trình bày trong các điều từ 2.2 đến 2.5.

Trường hợp hình dạng của vật chảy bao đang xét không phù hợp với các vật chuẩn đã được nghiên cứu thì cần tiến hành các thí nghiệm mô hình để xác định K_{pg} tương ứng.

2.2 Kiểm tra sự xuất hiện khí hoá tại đầu vào của các ống tháo nước có áp

2.2.1 Hình dạng của đầu vào

Đầu vào của ống tháo nước có áp cần có dạng thuận dòng để giảm hệ số sức cản thuỷ lực và giảm khả năng xuất hiện chân không, dẫn đến phát sinh khí hoá và khí thực. Theo nguyên tắc này, đoạn đầu vào của ống được làm với mặt cắt mở rộng dần từ thân ống về phía thượng lưu.

Tùy theo số lượng ống tháo và bố trí tổng thể công trình tháo nước, có thể chọn sơ đồ mở rộng dần của đầu vào về phía thượng lưu theo 2 cách:

- Mở rộng không gian: đầu vào được mở rộng về phía thượng lưu theo cả phương đứng (lên trên và xuống dưới) và phương ngang (sang trái và sang phải).
- Mở rộng phẳng: đầu vào mở rộng về phía thượng lưu chỉ theo phương đứng, còn phương ngang giữ bề rộng không đổi.

Khi ống tháo đặt sát đáy đập thì sự mở rộng của đầu vào theo phương đứng chỉ là sự mở rộng lên trên.

Đường biên mở rộng của đầu vào về phía thượng lưu có thể chọn theo các dạng đường cong khác nhau, trong đó dạng cung 1/4 elip là thông dụng nhất. Cung 1/4 elip được đặc trưng bởi các thông số sau:

- Bán trục theo hướng song song với trục ống, ký hiệu là a.
- Bán trục theo hướng vuông góc với trục ống, ký hiệu là b.

Trường hợp $a = b$ thì đường biên của đầu vào là cung 1/4 đường tròn.

2.2.2 Các thông số hình học của đầu vào

a) Độ thoải của đường cong cửa vào:

$$K_s = \frac{a}{b}; \tag{2-4}$$

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

$$K_r = \frac{\omega_{cv}}{\omega_t}; \tag{2-5}$$

Trong đó:

ω_{cv} - diện tích mặt cắt ngang ống tại vị trí đầu cửa vào, m^2 ;

ω_t - diện tích mặt cắt ngang ống tại vị trí cuối đoạn vào (tiếp giáp với thân ống), m^2 .

2.2.3 Các thông số thủy lực của đầu vào có liên quan đến việc tính toán khí thực

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

$$\bar{C}_{p_{max}} = \frac{\gamma \cdot Z_v}{p_v}; \tag{2-6}$$

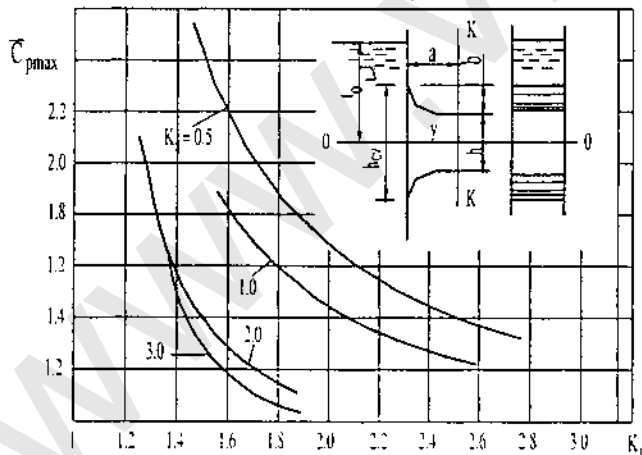
Trong đó:

γ - trọng lượng riêng của nước, KN/m^3 ;

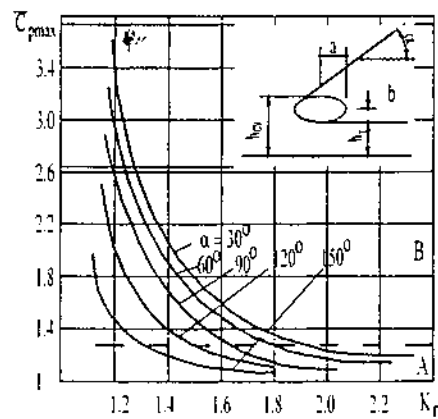
Z_v - chênh lệch cao độ mực nước thượng lưu với cao trình trần cống tại mặt cắt cuối đầu vào, m;

p_v - áp suất dư (trị số 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 khác nhau cho trên các hình (2.1) và (2.2).



Hình 2.1. Quan hệ $\bar{C}_{p_{max}} = f(K_s, K_r)$ của các cửa vào đường xả sâu



Hình 2.2. Quan hệ $\bar{C}_{p_{max}} = f(K_r, \alpha)$ của các cửa vào elip có $K_s = 2$ và mái thượng lưu nghiêng góc α
 A. Miền chảy không tách dòng
 B. Miền chảy tách dòng

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

$$\delta_p = \frac{\sigma_p}{V_1^2/2g} ; \tag{2-7}$$

Trong đó:

σ_p - trị số tiêu chuẩn mạch động cột nước áp lực tại mặt cắt cuối đoạn vào (xác định bằng cách xử lý thống kê các số liệu đo áp lực);

V_1 - lưu tốc bình quân tại mặt cắt cuối đoạn vào, m/s;

g - gia tốc trọng trường, m²/s.

Trị số δ_p của các dạng cửa vào khác nhau cho trên các hình (2.3), (2.4).

2.2.4 Hệ số khí hoá phân giới của cửa vào

$$K_{pg} = \bar{C}_{p_{max}} + \phi \cdot \delta_p ; \tag{2-8}$$

Trong đó $\bar{C}_{p_{max}}$ và δ_p đã trình bày ở điều 2.2.3;

ϕ - hệ số mạch động lớn nhất, phụ thuộc vào mức bảo đảm trong tính toán p%: cho ở bảng 2.3.

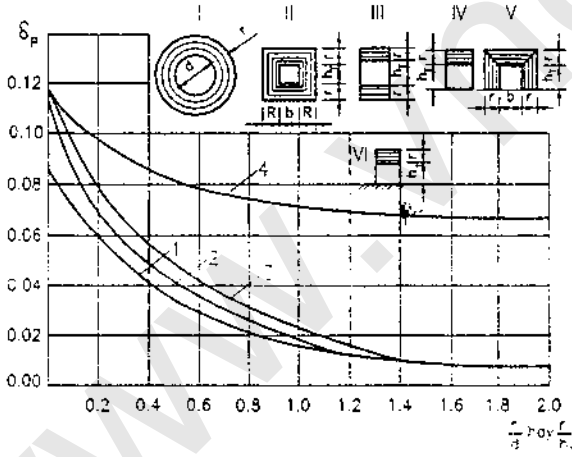
Bảng 2.3. Giá trị của ϕ theo các mức bảo đảm

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

Khi chọn mức bảo đảm p% cần tính đến cấp và thời gian làm việc của công trình, cụ thể như sau:

- Đối với công trình tạm thời, các cửa sửa chữa: p = 2%.
- Đối với các công trình lâu dài: p lấy theo tần suất kiểm tra được quy định trong quy phạm hiện hành.

Đối với các cửa vào được thiết kế theo điều kiện không cho phép phát sinh khí hoá thì lấy $\phi=4$.



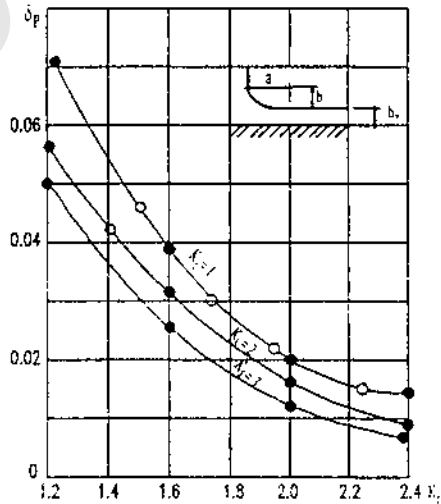
Hình 2.3. Trị số δ_p của các cửa vào có biên là cung 1/4 đường tròn

Trên hình 2.3: đường cong 1 dùng cho đầu vào kiểu I; đường 2 dùng cho đầu vào kiểu II, trần và tường kiểu V; đường 3 dùng cho trần và đáy kiểu III, trần kiểu IV, VI; đường 4 dùng cho tường kiểu III, IV và đáy kiểu IV.

2.2.5 Xác định hệ số khí hoá thực tế K:

Theo công thức (1-2), trong đó các trị số H_{DT} và V_{DT} được quy ước lấy như sau:

a) Cột nước đặc trưng: $H_{DT} = Z_v + H_a, m; \tag{2-9}$



Hình 2.4. Trị số δ_p của các cửa vào elip chỉ mở rộng về phía trên

ở đây, Z_v là chênh lệch cao độ giữa mực nước thượng lưu tính toán và trần cống tháo ở cuối đầu vào, m; H_u là cột nước áp lực khí trời lấy theo bảng 2.1, m.

b) Lưu tốc đặc trưng: $V_{DT} = V_T$,

trong đó, V_T là lưu tốc trung bình tại mặt cắt cuối đầu vào (tiếp giáp với thân ống).

2.3 Kiểm tra sự xuất hiện khí hoá tại các vị trí có gỗ ghề cục bộ trên bề mặt công trình tháo nước

2.3.1 Các dạng gỗ ghề cục bộ trên bề mặt CTTN

Bề mặt CTTN ở đây bao gồm mặt đập tràn, dốc nước, thành ống có áp... Trên các bề mặt này, do các nguyên nhân về thi công và trong quá trình khai thác, có thể hình thành các gỗ ghề cục bộ.

Về thực chất, hình dạng và phân bố của các mẫu gỗ ghề cục bộ là rất phong phú và mang nhiều yếu tố ngẫu nhiên. Trong tính toán kiểm tra khí hoá bề mặt CTTN, có thể quy về các dạng gỗ ghề cục bộ điển hình như sau:

a) Các mẫu dài chạy ngang chiều dòng chảy được tạo ra ở chỗ nối các phần của ván khuôn bê tông hoặc các tấm thép lát trên bề mặt lòng dẫn.

b) Các mẫu dài tương tự, nhưng chạy dọc theo chiều dòng chảy.

c) Các mẫu lỗi cục bộ trên nền tương đối đồng nhất của bề mặt CTTN. Chúng được tạo ra bởi các hờn cốt liệu lớn nằm sát bề mặt khối bê tông, các đinh và êcu, các đầu cốt thép nhô ra...

d) Độ nhám tự nhiên tương đối đồng đều trên bề mặt (mặt bê tông, bề mặt kim loại bị ăn mòn...).

e) Các lượn sóng thoải trên bề mặt (do thi công gây ra).

2.3.2 Khả năng phát sinh khí hoá tại các vị trí có gỗ ghề cục bộ.

Khi dòng chảy có lưu tốc lớn đi qua các vị trí có gỗ ghề cục bộ, các tia dòng sẽ không còn bám sát thành rắn, tạo nên chân không ở phía sau các mẫu này. Khi trị số áp lực chân không vượt quá áp lực phân giới thì sẽ hình thành khí hoá và có thể dẫn đến khí thực phá hoại bề mặt CTTN.

Điều kiện phát sinh khí hoá tại các vị trí này như đã nêu ở công thức (1-3).

2.3.3 Hệ số khí hoá phân giới (K_{pg}) của các dạng mẫu gỗ ghề đặc trưng

Các trị số K_{pg} được tìm ra bằng thí nghiệm mô hình. Trị số K_{pg} của mẫu gỗ ghề đặc trưng cho trên bảng 2.4.

2.3.4 Xác định hệ số khí hoá thực tế (K) tại vị trí có mẫu gỗ ghề.

2.3.4.1 Trị số của K được xác định theo công thức chung (1-2). Tuy nhiên cách xác định H_{DT} và V_{DT} phụ thuộc vào vị trí của mẫu gỗ ghề trên toàn bộ dòng chảy và được xác định theo các chỉ dẫn sau đây.

2.3.4.2 Phân đoạn dòng chảy để tính lưu tốc sát thành V_y .

Theo mức độ hình thành và phát triển của lớp biên rối, dòng chảy được chia thành các dạng đặc trưng như sau:

a) Dạng I: gọi là đoạn đầu của dòng chảy, nơi dòng chảy có biến dạng đột ngột do thay đổi hình dạng lòng dẫn; gồm các vùng co hẹp dòng chảy ở cửa vào CTTN, vùng co hẹp khi chảy dưới cửa van, dòng chảy ở mặt bên của đầu trụ pin, dòng chảy sau các khe van, bậc thụt, ngưỡng đáy. Các bộ phận này được đặc trưng bởi sự thay đổi đột ngột áp lực và lưu tốc trên một chiều dài không lớn, gia tốc dòng chảy ở gần bề mặt thì lớn, chiều dày lớp biên δ rất nhỏ, cùng bậc với chiều cao có thể có của các mẫu gỗ ghề.

b) Dạng II: Là đoạn có lớp biên phát triển dần, phân bố lưu tốc trên mặt cắt ngang thay đổi theo chiều dài dòng chảy; gồm các phần của đường tháo nước có áp có hình dạng và diện tích mặt cắt không đổi hoặc thay đổi theo chiều dài bề mặt của đập tràn, dốc nước, các phần của đường tháo nước sau cửa van...

c) Dạng III: Là đoạn có lớp biên đã phát triển và đạt đến ổn định, phân bố lưu tốc trên mặt cắt là không đổi, dọc theo chiều dài; gồm dòng chảy trên các đường tháo nước có áp hay không áp, ở cự ly cách xa mặt cắt đầu (vị trí cửa vào hay van điều tiết) một đoạn $> 40A$, trong đó A là kích thước mặt cắt ướt theo phương pháp tuyến với mặt đáy.

Các dạng đặc trưng của dòng chảy được thể hiện trên hình 2.5.

2.3.4.3 Xác định lưu tốc đặc trưng khi vị trí có mẫu gô ghề thuộc các đoạn khác nhau trên dòng chảy

a) Trên các bộ phận thuộc dạng I

- Dòng chảy ở cửa vào hay dưới cửa van.

$$V_{DT} = V_c ; \quad (2-10)$$

Trong đó, 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:

$$V_{DT} = V_{CB} ; \quad (2-11)$$

Trong đó V_{CB} là lưu tốc bình quân cục bộ ở gần bề mặt lòng dẫn, không kể đến lớp biên.

b) Trên các bộ phận thuộc dạng II: V_{DT} được xác định là lưu tốc cục bộ ở cao độ đỉnh mẫu gô ghề đối với các dạng mẫu số 1, 3, 4, 5, 6 trên bảng 2.4.

Riêng đối với bậc thụt theo chiều dòng chảy (dạng mẫu số 2 - bảng 2.4) thì quy ước lấy $V_{DT} = V_{max}$, trong đó V_{max} là trị số lưu tốc cục bộ tại vị trí cách bề mặt lòng dẫn một đoạn bằng δ (δ là chiều dày lớp biên của dòng chảy).

Như vậy, trên các bộ phận thuộc dạng II, quy ước lấy:

$$V_{DT} = V_y ; \quad (2-12)$$

Trong đó V_y là lưu tốc cục bộ tại vị trí cách mặt cơ bản của bề mặt lòng dẫn một khoảng bằng y .

Trị số của y đối với các mẫu gô ghề đặc trưng trên bảng 2.4 lấy như sau:

- Đối với dạng mẫu số 1, 3, 4, 5, 6: $y = Z_m + \Delta$.

- Đối với dạng mẫu số 2: $y = \delta + \Delta$.

Trong đó: Δ - chiều cao nhám tương đương trên bề mặt, phụ thuộc vào loại vật liệu và chất lượng thi công, xem bảng 2.5;

Z_m - Chiều cao mẫu gô ghề cục bộ;

δ - Chiều dày lớp biên tại mặt cắt đang xét.

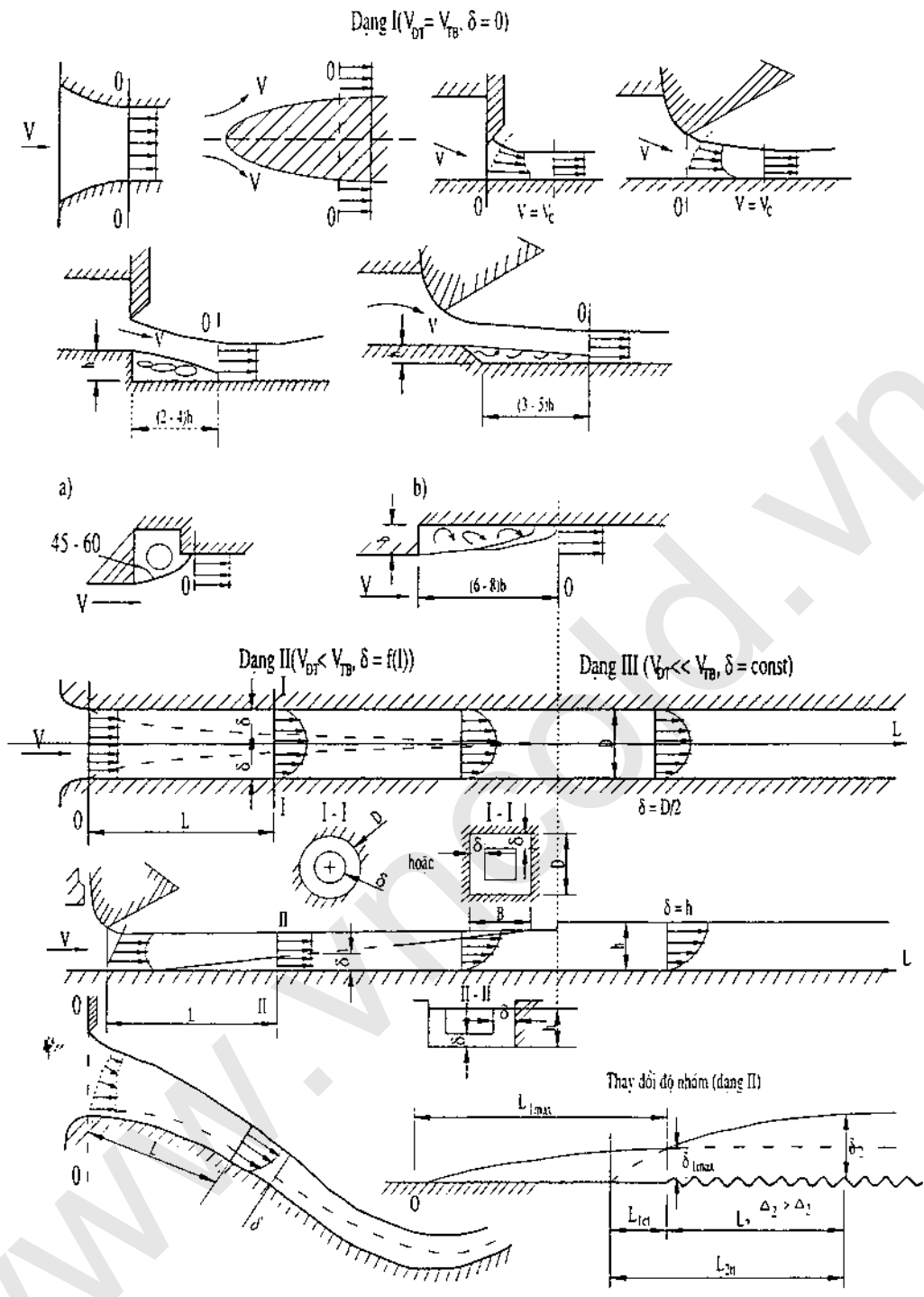
Trị số của lưu tốc sát thành V_y như sau:

$$V_y = \frac{V_{TB}}{\varphi_v} \cdot \sqrt{\xi_1 \cdot \xi_2} , \text{ m/s} ; \quad (2-13)$$

Trong đó các đại lượng ξ_1, ξ_2 phụ thuộc vào tỷ số δ/Δ và y/Δ như trên hình 2.6.

V_{TB} - lưu tốc trung bình mặt cắt, m/s;

φ_v - hệ số biểu thị quan hệ giữa lưu tốc trung bình và lưu tốc lớn nhất trong dòng chảy khi chiều dày lớp biên và dạng mặt cắt ngang của dòng chảy đã cho.



Hình 2.5. Các dạng chảy đặc trưng trên CTTN
 a. Khe van khí van mở một phần; b. Bậc thụ ở đáy
 $L = (6 \div 8) b$ khi mở van hoàn toàn và $L = (2 \div 4) b$ khi mở van 1 phần.

Bảng 2.4. Các dạng mấu gỗ ghề đặc trưng và trị số K_{pg} tương ứng

Thứ tự	Loại mấu	Sơ đồ	K_{pg}
1	Bậc lồi theo chiều dòng chảy (đầu lớp gia cố bề mặt, chỗ nối cốp pha, ...)		$0,125 \cdot \alpha^{0,65}$ (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 (mối hàn,...)		$2,24 \left(\frac{L_m}{Z_m}\right)^{0,5}$
5	Mấu lồi đơn độc có bề mặt sắc cạnh (đầu 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

Bảng 2.5. Chiều cao nhám tương đương trên bề mặt của một số vật liệu

STT	Đặc trưng nhám	Δ (mm)
1.	Bề mặt thép có các vết ăn mòn yếu	0,05 - 0,1
2.	Bề mặt thép bị hư hỏng do ăn mòn	0,1 - 1,5
3.	Mặt bê tông được trát và mài nhẵn cẩn thận	0,3 - 0,5
4.	Mặt bê tông phun	0,5 - 1,0
5.	Mặt bê tông với ván khuôn bằng kim loại	0,5 - 1,0
6.	Mặt bê tông với ván khuôn bằng gỗ	1,0 - 4,0
7.	Mặt bê tông với ván khuôn bằng gỗ hay kim loại, sau một số năm khai thác	1,5 - 6,0

- Với dòng không áp mặt cắt ngang hình chữ nhật có bề rộng B và độ sâu nước h:

$$\varphi_v = \frac{1}{Bh} \left\{ (h - \delta)(B - 2\delta) + \frac{\delta^2}{\ln \frac{\delta}{\Delta} + 3} \left[\frac{B + 2h}{\delta} \left(\ln \frac{\delta}{\Delta} + 2 \right) - 2 \ln \frac{\delta}{\Delta} - 5 \right] \right\}; \quad (2-14)$$

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

$$\varphi_r = \frac{1}{r^2} \left\{ (r - \delta)^2 + \frac{1}{2} \frac{\delta^2}{\ln \frac{\delta}{\Delta} + 3} \left[\frac{4r}{\delta} \left(\ln \frac{\delta}{\Delta} + 2 \right) - 2 \ln \frac{\delta}{\Delta} - 5 \right] \right\}; \quad (2-15)$$

Giới hạn của dòng chảy dạng II lấy đến mặt cắt mà tại đó 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) Trên các bộ phận dạng III: V_{DT} cũng xác định như bộ phận dạng II, nhưng với chiều dày lớp biên không đổi.

2.3.4.4 Xác định cột nước áp lực đặc trưng H_{DT}

$$H_{DT} = H_a + h_d; \quad (2-16)$$

Trong đó:

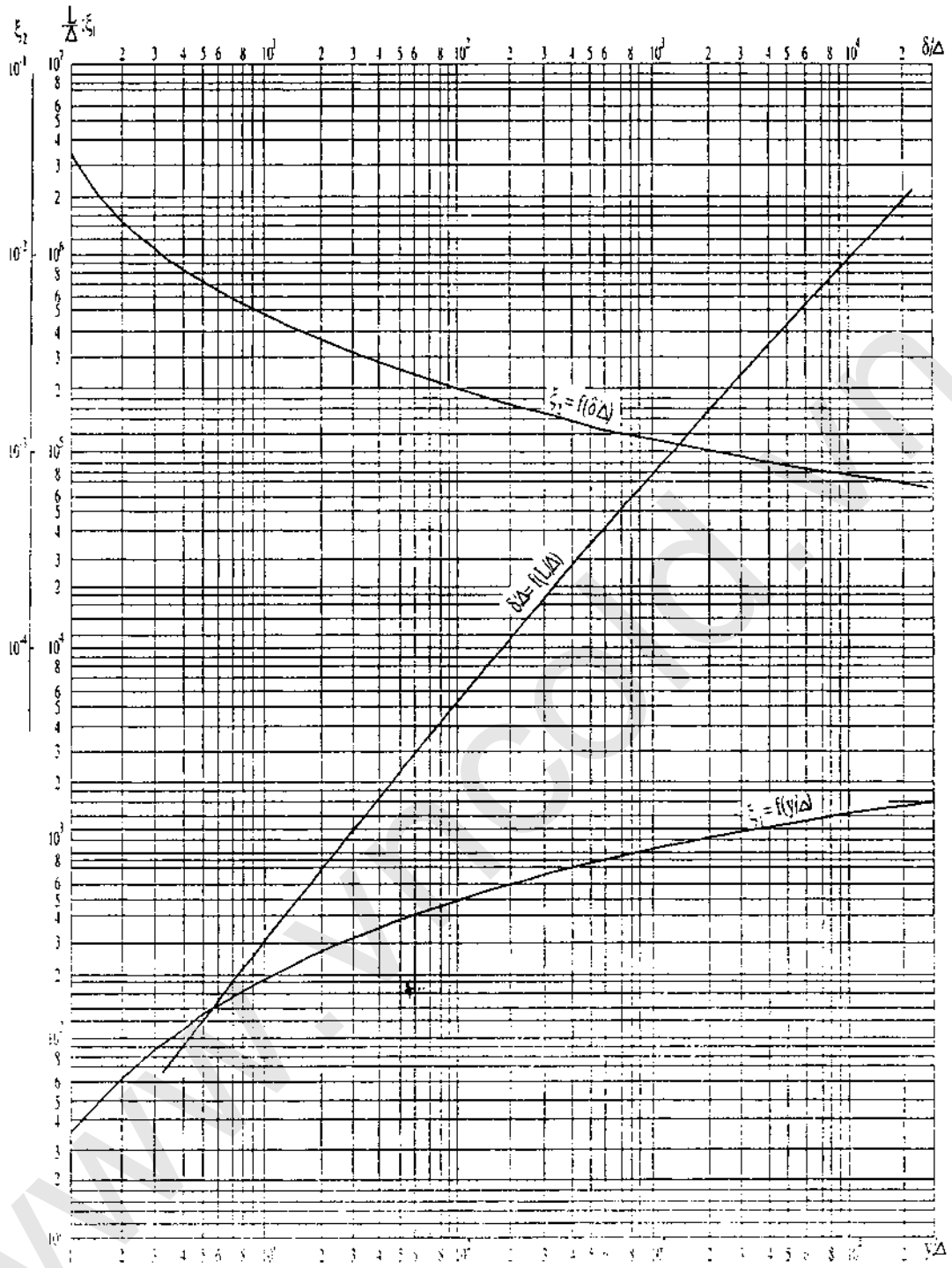
H_a - cột nước áp lực khí trời (bảng 4.1);

h_d - cột nước áp lực dư, xác định như sau:

- Đối với dòng chảy không áp.

$$h_d = h \cos \psi; \quad (2-17)$$

ở đây, h là chiều sâu dòng chảy tại mặt cắt tính toán, ψ là góc nghiêng của đáy lòng dẫn so với phương ngang.



Hình 2.6. Biểu đồ quan hệ $\xi_1 = f(y/\Delta)$; $\xi_2 = f(\delta/\Delta)$; $\delta/\Delta = f(L/\Delta)$.

- Đối với dòng chảy có áp.

$$h_d = Z - h_w ; \quad (2-18)$$

Trong đó:

Z - 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, được xác định theo phương pháp tính toán thủy lực thông thường.

2.4 Kiểm tra khí hoá tại các bộ phận của buồng van

2.4.1 Nguyên tắc chung

Khi dự báo khí hoá trên các bộ phận của buồng van, phải xét đến các trường hợp sau:

- Khí hoá trên các máng gõ ghê bề mặt buồng van và cửa van;
- Khí hoá trên các khe, cửa vào giếng van, bậc thụt ở đáy khi van mở hoàn toàn;
- Khí hoá trên các khe và trên cửa van khi van mở một phần;
- Khí hoá trên các đầu trụ pin trong buồng van;
- Khí hoá khi có rò nước qua các thiết bị khít nước ở cửa van.

2.4.2 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 2.7.

- Hệ số khí hoá phân giới tại mặt trước của khe

$$K_{pgt} = K_{pgy} [1 + 0,65 (\frac{w}{h} - 1)] K_d; \quad (2-19)$$

- Hệ số khí hoá phân giới tại mặt sau của khe:

$$K_{pgs} = A K_w K_B [1 + 0,65 (\frac{w}{h} - 1)]; \quad (2-20)$$

Trong đó:

K_{pgy} - lấy theo bảng 2.4, mục 2.

K_d - hệ số sửa chữa do lồi bề mặt lòng dẫn sau khe van về phía trụ (hình 2.7, dạng a) xác định theo bảng 2.6.

Bảng 2.6. Trị số của K_d trong công thức (2-19)

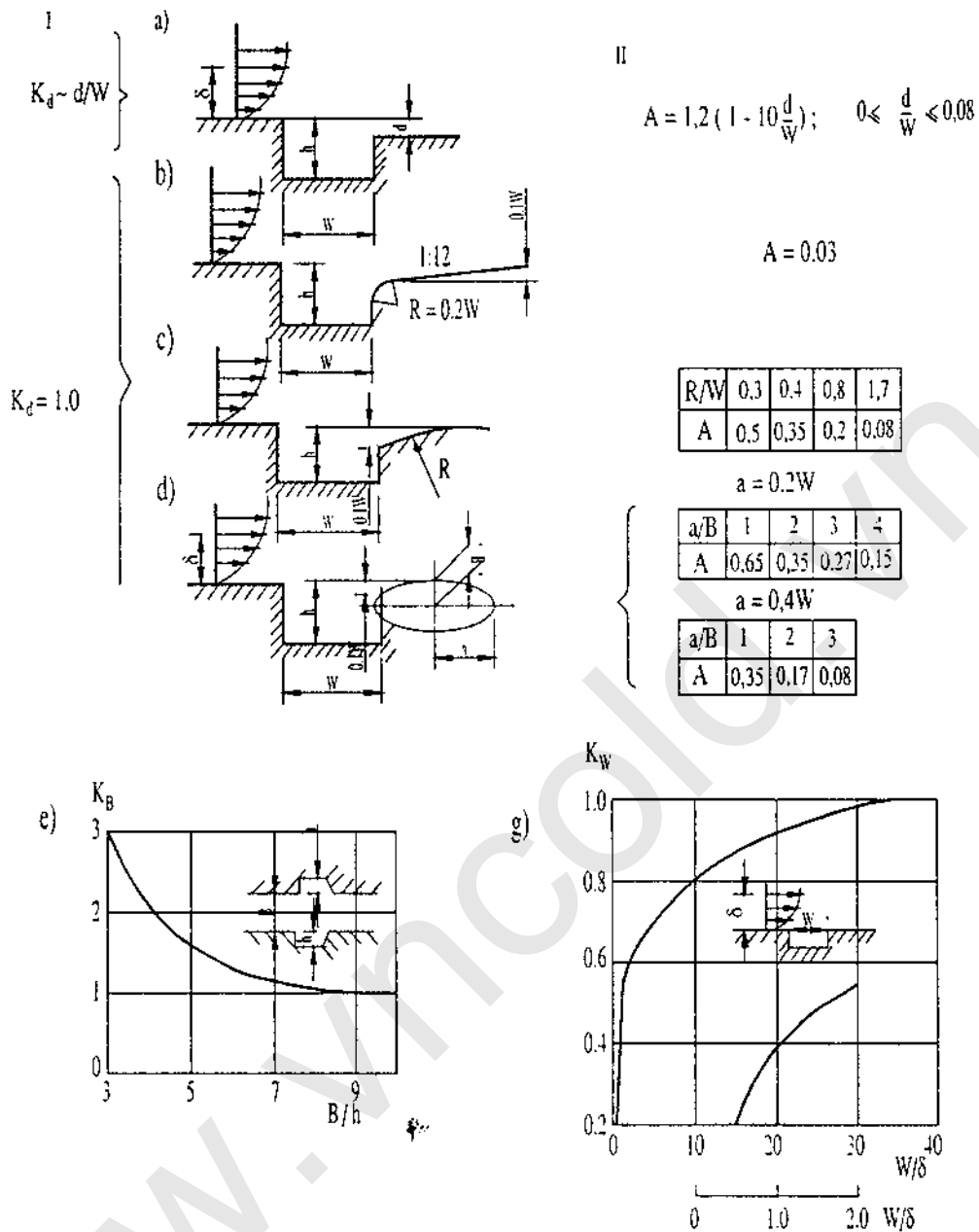
d/W	0	0,04	0,08	0,12
K_d	0,55	0,75	0,90	1,00

Các ký hiệu khác như thể hiện trên hình 2.7.

b) Xác định trị số K

Trị số K xác định theo công thức chung (1-2), trong đó:

V_{DT} lấy bằng trị số lưu tốc bình quân tại mặt cắt có khe van; $H_{DT} = H_d + h_d$, với h_d là cột nước áp lực dư tính đến điểm cao nhất của khe van, xác định bằng tính toán thủy lực.



Hình 2.7. Một số thông số về khí hoá ở các khe van khi mở van hoàn toàn (trong giới hạn $1.0 \leq W/h \leq 3.0$)

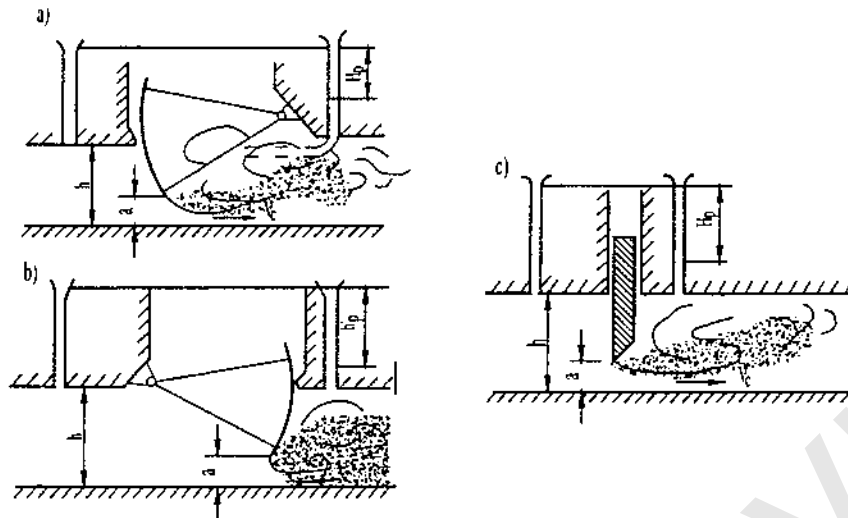
2.4.3 Kiểm tra khí hoá khi van mở từng phần

Trường hợp này cần kiểm tra khí hoá tại 2 vị trí: tách dòng tại tâm chấn của van và tách dòng tại các bộ phận cố định của buồng van.

2.4.3.1 Kiểm tra khí hoá do tách dòng sau cửa van.

a) Xác định trị số K_{pg}

Trị số K_{pg} phụ thuộc vào hình dạng của van và độ choán của van trong khe, xem hình 2.8. ở đây, độ choán là tỷ lệ giữa diện tích hình chiếu lên mặt phẳng nằm ngang của kết cấu van nằm trong phạm vi khe và diện tích mặt cắt ngang khe $W.h$ (W - bề rộng khe; h - độ sâu của khe). Khi độ choán nhỏ hơn 75% thì K_{pg} lấy theo giá trị lớn và không phụ thuộc vào độ mở van.



Hình 2.8. Hệ số khí hoá phân giới đối với một số dạng van mở từng phần

- a. Van cung: $K_{pg} = 1,2 \div 1,5$; b. Van cung ngược: - hạ lưu sắc mép: $K_{pg} = 1,9 \div 2,0$;
- mép tù: $K_{pg} = 1,3 \div 1,6$; c. Van phẳng khi độ choán $> 75\%$: $K_{pg} = 1,6 \div 2,0$.

b) Xác định trị số K - theo công thức (1-2), trong đó:

- Cột nước áp lực đặc trưng:

$$H_{DT} = H_a + h_d;$$

Trong đó: h_d là cột nước áp lực dư tại trần đường dẫn, tại vị trí mặt cắt co hẹp sau cửa van, xác định theo tính toán thủy lực.

- Lưu tốc đặc trưng: lấy bằng lưu tốc trung bình tại mặt cắt co hẹp sau cửa van:

$$V_{DT} = V_C = 0,95 \sqrt{2gH_p}; \quad (2-21)$$

Trong đó, H_p là cột nước tính toán của van (tức độ hạ thấp cột nước qua cửa van).

Trị số H_p phụ thuộc vào độ mở và xác định bằng tính toán thủy lực.

2.4.3.2 Kiểm tra khí hoá do tách dòng sau khe van, bậc thụt

a) Xác định trị số K_{pg} . Cần phân biệt các trường hợp sau:

- Van có bộ phận làm kín nước phía sau: $K_{pg} = 1,6 \div 2,2$;
- Van phẳng có bộ phận làm 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 (hình 2.7), nhưng với trị số $K_w = 1$.

b) Xác định trị số K: tương tự như ở điều 2.4.3.1.

c) Nếu tất cả các vùng tách dòng ở khe van, bán khe hay bậc thụt đều được tiếp khí một cách ổn định với mọi độ mở van thì không cần phải kiểm tra khí thực cho các bộ phận này.

2.4.4 Kiểm tra khí hoá ở đầu các trụ pin trong buồng van

a) Trường hợp lòng dẫn có chiều rộng lớn, cần dùng các trụ pin chia lòng dẫn thành nhiều khoang để giảm kích thước của van. Đầu trụ khi đó thường có đường biên dạng cung tròn hay cung liên hợp như trên hình 2.9.

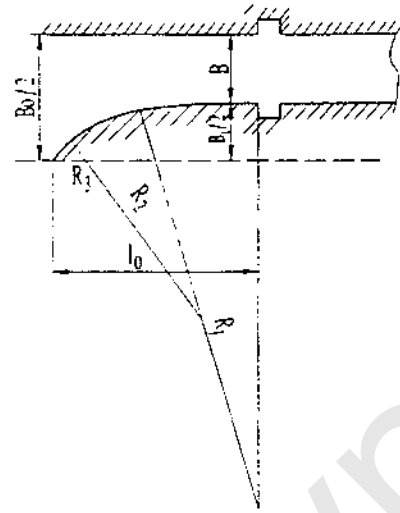
b) Trị số K_{pg} của đầu trụ pin phụ thuộc vào các thông số hình dạng của đầu trụ, thể hiện trên bảng 2.7.

c) Xác định trị số K - theo công thức chung 1-2, với:

- Cột nước áp lực đặc trưng: $H_{DT} = H_s + h_d$;

Trong đó h_d - cột nước áp lực dư tại trần của lòng dẫn ở mặt cắt cuối đầu trụ (mặt cắt có chiều rộng là B), xác định theo tính toán thủy lực.

- Lưu tốc đặc trưng: $V_{DT} = V_T$, trong đó, V_T là lưu tốc bình quân của dòng chảy ở mặt cắt cuối đầu trụ.



Hình 2.9. Sơ đồ đầu trụ

- R_1, R_2, R_3 - bán kính các cung liên hợp
- l_0 - Chiều dài đầu trụ
- B_1 - Chiều dày trụ
- B - Bề rộng 1 khoang (nhịp)

2.4.5 Kiểm tra khí hoá ở khe hở của thiết bị khít nước

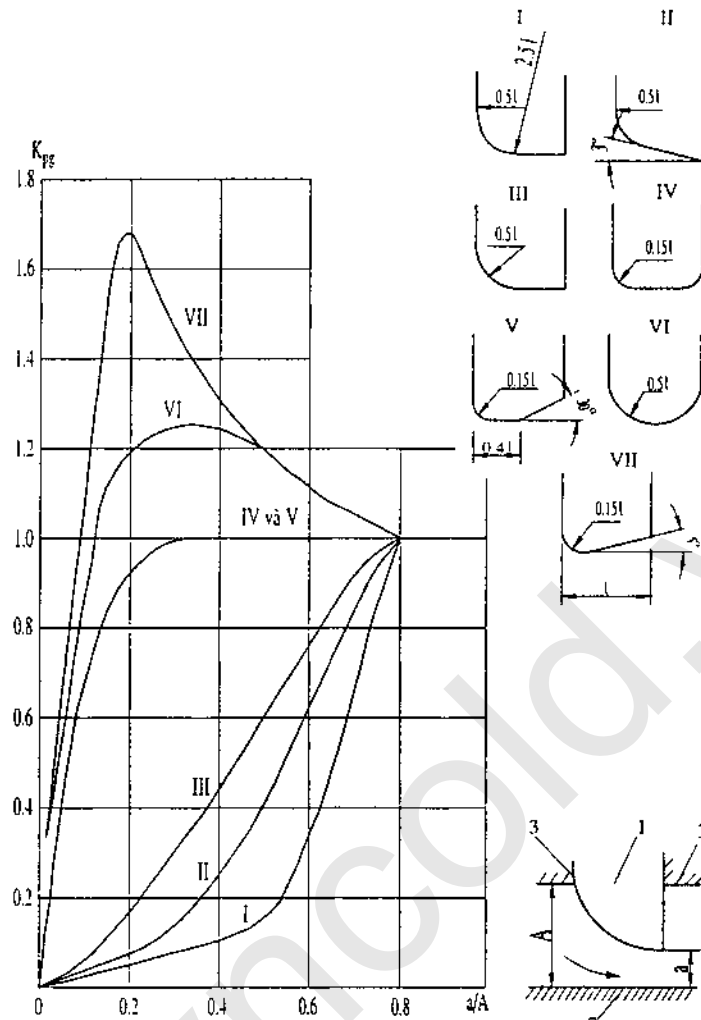
a) Tất cả các cửa van đều có thiết bị khít nước (chống rò nước). Khi van làm việc, nếu giữa thiết bị khít nước và bộ phận cố định có khe hở thì nước sẽ lách qua khe hở này, tạo nguy cơ phát sinh khí hoá.

b) Trị số K_{pg} về phát sinh khí hoá ở thiết bị khít nước phụ thuộc vào hình dạng và kích thước của nó, thể hiện trên hình 2.10.

c) Xác định trị số K theo công thức chung (1-2), trong đó H_{DT} và V_{DT} lấy tại mặt cắt ra khỏi khe hở, xác định bằng tính toán thủy lực.

Bảng 2.7. Thông số hình dạng và trị số K_{pg} của đầu trụ

Thông số (xem hình 2 - 9)	Đầu trụ dạng tròn	Dạng cung liên hợp			
		N ^o 1	N ^o 2	N ^o 3	N ^o 4
$\lambda = l_0 / B_1$	2.5	1.25	1.0	1.15	2.00
$\beta = \beta_1 / B$	0,125	0,25	0,5	0,4	0,5
R_1 / B_1	0.5	5,15	1,48	2,1	9,2
R_2 / B_1	-	1,48	0,70	0,75	1,6
R_3 / B_1	-	-	0,15	0,15	0,15
K_{pg}	1,15	0,75	0,22	0,21	0,20



Hình 2.10. Hệ số khí hoá phân giới của thiết bị khít nước

2.5 Kiểm tra khí hoá tại các mố tiêu năng, mố phân dòng

2.5.1 Các mố tiêu năng, tường và mố phân dòng được bố trí ở hạ lưu công trình tháo nước để cải thiện điều kiện tiêu năng và phân tán dòng chảy trên mặt bằng. Điều kiện chảy bao quanh các mố và tường này thường là không thuận nên khi dòng chảy có lưu tốc lớn thì thường xuất hiện khí hoá và có thể dẫn đến khí thực làm hư hỏng các thiết bị này.

2.5.2 Hình dạng, bố trí của các dạng mố thường dùng và trị số K_{pg} của chúng được thể hiện trên hình 2.11.

2.5.3 Trường hợp có nước nhảy ngập bao trùm trên mố với hệ số ngập trong phạm vi $\sigma_n = 1,0 \div 1,5$ thì trị số K_{pg} tương ứng xác định như sau:

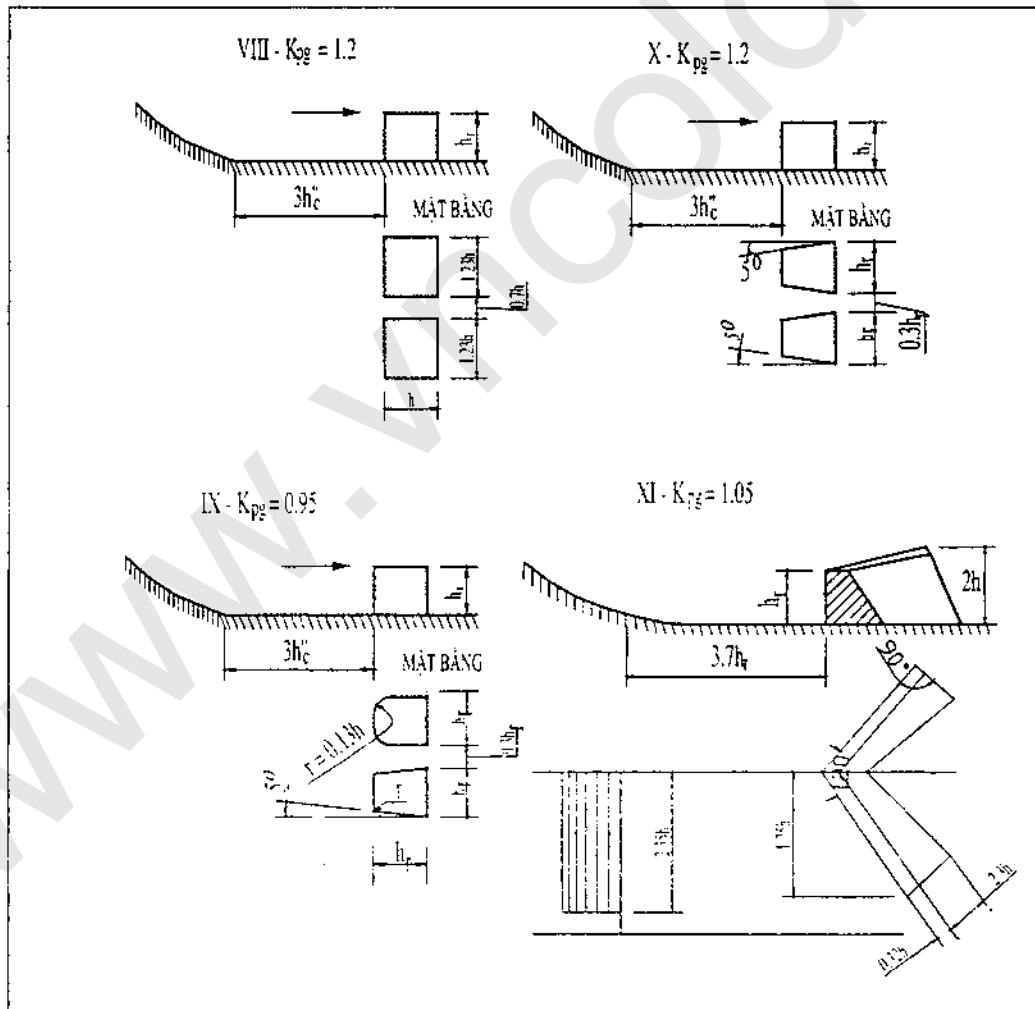
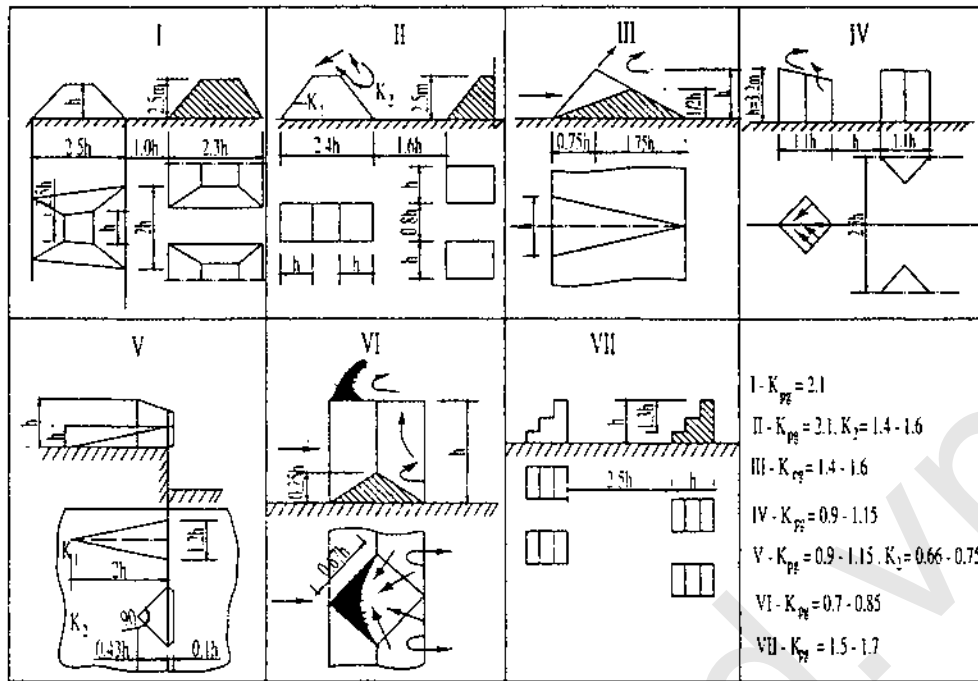
$$(K_{pg})_n = K_{pg} - \alpha (\sigma_n - 1); \quad (2-22)$$

Trong đó:

$(K_{pg})_n$ - hệ số khí hoá phân giới ứng với độ ngập σ_n ;

K_{pg} - hệ số khí hoá phân giới ứng với $\sigma_n = 1$ (xác định theo hình 2.11).

α - hệ số; đối với mố quân cờ vuông: $\alpha = 0,70$; mố quân cờ hình thoi: $\alpha = 0,52$; mố hình tháp: $\alpha = 0,64$.



Hình 2.11. Sơ đồ một số loại mô tiêu năng và trị số K_{pg}

- 2.5.4** Trị số của hệ số khí hoá thực tế K xác định theo công thức chung (1-2), trong đó:
- Cột nước áp lực đặc trưng: $H_{DT} = H_s + h$, với h là chiều dày lớp nước ngập trên mố, xác định theo tính toán thủy lực.
 - Lưu tốc đặc trưng: $V_{DT} = V_c$, với V_c là lưu tốc bình quân tại mặt cắt co hẹp dòng chảy ở đầu bể tiêu năng.

3 KIỂM TRA KHẢ NĂNG XÂM THỰC BỀ MẶT LÒNG DẪN

3.1 Nguyên tắc chung

3.1.1 Trong trường hợp thiết kế các bộ phận của CTTN theo điều kiện không cho phép phát sinh khí hoá (công thức 2-1), hoặc chỉ cho phép phát sinh khí hoá ở giai đoạn đầu (công thức 2-2) mà dẫn đến kích thước của công trình quá lớn, không đảm bảo yêu cầu kinh tế thì có thể xem xét trường hợp chấp nhận có phát sinh khí hoá, nhưng phải lựa chọn vật liệu bề mặt lòng dẫn có đủ độ bền để không xảy ra khí thực nguy hiểm.

3.1.2 Việc tính toán kiểm tra cũng phải tiến hành với các chế độ làm việc khác nhau, và tại các vị trí khác nhau của CTTN như đã nêu ở các điều 2.1.2, 2.1.3, và tại các vị trí mà qua kiểm tra ở phần trên thấy có xuất hiện khí hoá.

3.2 Kiểm tra theo lưu tốc ngưỡng xâm thực

3.2.1 Ứng với một chế độ làm việc của CTTN, điều kiện để không xảy ra khí thực tại một bộ phận của nó là:

$$V_y < V_{ng} ; \quad (3-1)$$

Trong đó: V_y là lưu tốc cục bộ của dòng chảy tại bộ phận đang xét, và V_{ng} là lưu tốc ngưỡng xâm thực của vật liệu bề mặt lòng dẫn.

3.2.2 Trị số của V_y được xác định theo các chỉ dẫn ở điều 2.3.4.3.

3.2.3 Trị số của lưu tốc ngưỡng xâm thực V_{ng} phụ thuộc vào loại vật liệu và hàm lượng khí có trong nước. Đối với các vật liệu bê tông, trị số V_{ng} xác định theo đồ thị hình 1.1.

3.3 Kiểm tra theo lưu tốc cho phép không xâm thực

3.3.1 Trong thiết kế sơ bộ, lựa chọn phương án, cũng như khi thiết kế kỹ thuật các công trình từ cấp III trở xuống, có thể kiểm tra khả năng khí thực theo lưu tốc cho phép không xâm thực. Điều kiện để không sinh khí thực tại một mặt cắt xác định trên CTTN:

$$V < V_{cp} ; \quad (3-2)$$

Trong đó V là lưu tốc trung bình của dòng chảy tại mặt cắt ngang đang xét, và V_{cp} là lưu tốc cho phép không xâm thực.

3.3.2 Trị số của V_{cp} được suy diễn từ trị số V_{ng} và phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau: loại vật liệu, dạng mặt cắt, dạng vật chảy bao và kích thước các mấu gỗ ghề... Công thức chung để xác định V_{cp} như sau:

$$V_{cp} = \frac{\varphi_v V_{ng}}{\sqrt{\xi_1 \xi_2}} ; \quad (3-3)$$

Trong đó: V_{ng} xác định theo hình (1.1); các trị số; φ_v , ξ_1 , ξ_2 xác định theo các chỉ dẫn ở điều 2.3.4.3.

3.3.3 Đối với lòng dẫn bê tông có mặt cắt chữ nhật trị số V_{cp} có thể xác định theo các đồ thị ở phụ lục A.

4 GIẢI PHÁP PHÒNG KHÍ THỰC BẰNG CÁCH TIẾP KHÔNG KHÍ VÀO DÒNG CHẢY

4.1 Nguyên tắc chung

4.1.1 Mục đích của việc tiếp không khí vào dòng chảy là làm tăng độ hàm khí trong nước ở lớp dòng chảy sát thành, nhờ đó mà tăng được lưu tốc ngưỡng xâm thực và ngăn ngừa được khả năng khí thực tại các bộ phận khác nhau của CTTN, cho dù tại đây có thể xuất hiện khí hoá mạnh và duy trì trong khoảng thời gian dài.

4.1.2 Khi trên CTTN có nhiều vị trí có thể phát sinh khí thực thì cần bố trí bộ phận tiếp khí (BPTK) đến tất cả các vị trí này. Các BPTK trên một CTTN có thể bố trí liên thông hoặc là độc lập với nhau tùy thuộc vào đặc điểm và kích thước của công trình.

4.1.3 Trên mỗi CTTN, những vị trí cần ưu tiên xem xét bố trí BPTK là:

- Bề mặt đập tràn, dốc nước mà trên đó có thể tồn tại các mẫu gỗ ghề cục bộ.
- Buồng van, nơi có các bộ phận làm cho dòng biên của dòng chảy thay đổi đột ngột.
- Các mố và thiết bị tiêu năng, phân dòng, nơi có chế độ dòng chảy bao không thuận.

4.1.4 Đối với các CTTN từ cấp II trở lên, các kết quả tính toán thiết kế BPTK cần được chính xác hoá thông qua thí nghiệm mô hình thủy lực.

4.1.5 Lưu lượng để tính toán BPTK là lưu lượng thiết kế của CTTN.

4.2 Tính toán BPTK trên mặt tràn, dốc nước

4.2.1 Các hình thức BPTK

4.2.1.1 Vị trí đặt BPTK

a) Đặt ở đáy lòng dẫn: BPTK dạng mũi hắt hoặc bậc thụt, hoặc kết hợp mũi hắt và bậc thụt để tạo vùng tách dòng sau BPTK, từ đây, không khí được trộn vào dòng chảy, làm tăng khả năng chống khí thực. Loại này bảo vệ tốt cho bề mặt đập tràn, bản đáy dốc nước.

b) Đặt ở thành bên lòng dẫn: cũng thường làm dạng mũi hắt, hay bậc thụt ở thành bên, tạo ra khoảng trống để trộn không khí vào dòng chảy. Khoảng trống này thường được nối thông với máng khí ở đáy. Loại này phòng khí thực được cho cả bản đáy và tường bên.

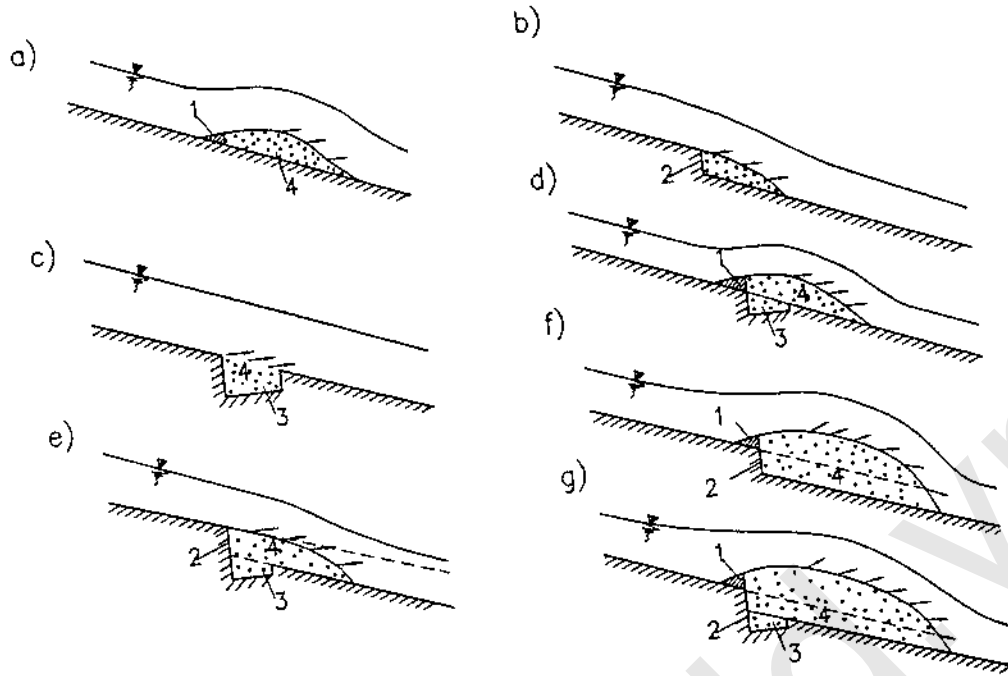
4.2.1.2 Hình thức kết cấu cơ bản của BPTK

- a) Mũi hắt (hình 4-1a)
- b) Bậc thụt (hình 4-1b)
- c) Máng (hình 4-1c)
- d) Các dạng hỗn hợp:
 - Mũi hắt kết hợp với máng (hình 4-1d)
 - Bậc thụt kết hợp với máng (hình 4-1e)
 - Mũi hắt kết hợp với bậc thụt (hình 4-1f)
 - Mũi hắt + bậc thụt + máng (hình 4-1g).

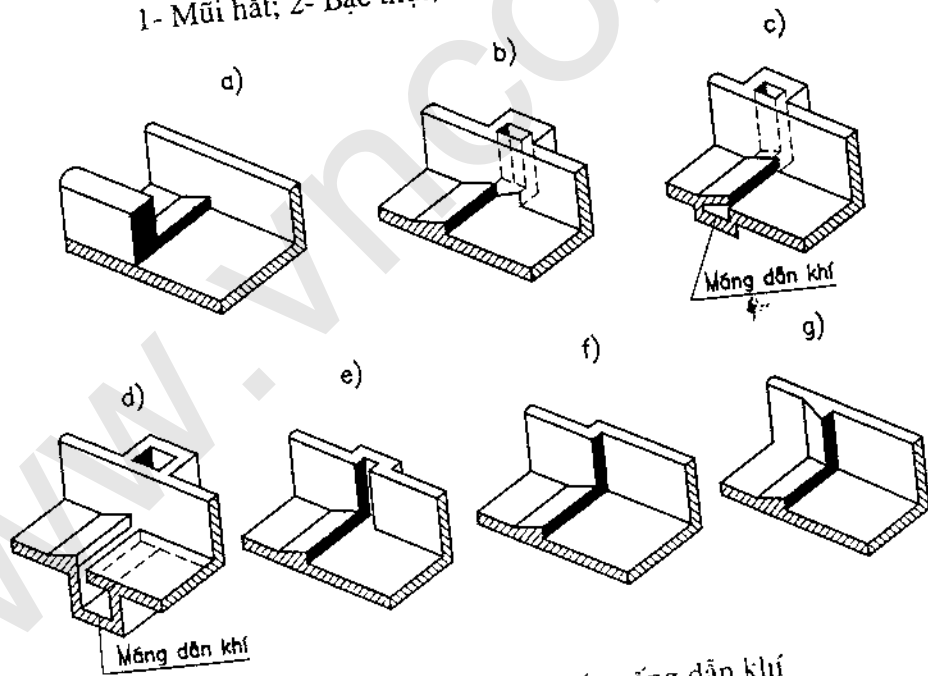
4.2.1.3 Hình thức của hệ thống ống dẫn khí có các loại sau:

- a) Không khí vào từ khoảng không ở sau trụ pin (hình 4 - 2a)
- b) Ống chôn ở 2 tường bên (hình 4-2b)
- c) Ống chôn ở 2 tường bên nối thông với máng đặt dưới mũi hắt (hình 4 -2c).
- d) Ống chôn ở 2 tường bên nối thông với máng đặt sau mũi hắt (hình 4-2d).
- e) Máng thông khí đặt ở tường bên (hình 4 - 2e)
- f) Bậc thụt (đột ngột mở rộng) ở tường bên (hình 4 -2f).
- g) Máng chiết lưu ở tường bên (hình 4 -2g).

Nói chung có nhiều hình thức kết cấu BPTK và hệ thống ống dẫn khí. Trong thiết kế tùy theo đặc điểm và quy mô của công trình tháo nước mà lựa chọn cho phù hợp.



Hình 4.1- Các loại BPTK
1- Mũi hắt; 2- Bạc thụt; 3- Máng; 4- Buồng khí



Hình 4.2. Các loại hệ thống ống dẫn khí

4.2.2 Kích thước hình học của BPTK

4.2.2.1 Kích thước mũi hắt

- a) Chiều cao mũi hắt Z_m , mũi hắt đơn thuần, hoặc kết hợp với máng dẫn khí có thể lấy $Z_m = 0,50 \div 0,85m$. Trường hợp chọn Z_m lớn hơn cần có luận chứng.
Nếu mũi hắt kết hợp với bạc thụt, có thể lấy $Z_m = 0,1 \div 0,2m$.
- b) Góc nghiêng của mũi hắt (góc hắt): θ

- Với dốc nước: chọn mũi hắt dốc ngược, với góc hắt: $\theta = 0 \div 6''$ (θ là góc giữa mặt mũi hắt với phương nằm ngang, chọn θ thiên nhỏ trong trường hợp lòng dẫn có độ dốc lớn, lưu tốc lớn).

- Với mặt tràn có độ dốc đáy lớn: thường chọn mũi hắt dốc thuận với trị số $\frac{Z_m}{L_m} = \frac{1}{6} \div \frac{1}{5}$; ở đây, L_m là chiều dài của mũi (theo chiều dòng chảy).

4.2.2.2 Chiều cao bậc thụt Z_b

Có thể chọn $Z_b = 0,6 \div 2,0m$. Với lòng dẫn có độ dốc lớn, chọn Z_b thiên nhỏ.

Khi bậc thụt kết hợp với mũi hắt, có thể chọn Z_b nhỏ hơn trị số nêu trên.

4.2.2.3 Máng thông khí.

- Kích thước mặt cắt máng chọn phù hợp với ống dẫn khí.

- Để tránh nước hoặc bùn cát đọng trong máng, biên hạ lưu máng nên bạt bằng với cao trình đáy máng.

4.2.2.4 Mở rộng đột ngột thành bên: thường bố trí ở sau các cửa cống dưới sâu. Trị số b_0/B nên chọn trong khoảng $0,04 \div 0,10$ (b_0 - độ mở rộng mỗi bên, B - bề rộng lòng dẫn tại cửa van).

4.2.3 Trình tự tính toán BPTK ở đáy lòng dẫn

4.2.3.1 Sơ bộ xác định vị trí BPTK trên dốc:

- Vị trí đầu tiên: xác định theo kết quả tính toán dự báo khả năng xâm thực.

- Các vị trí sau cách nhau từ $50 \div 100m$.

- Vị trí BPTK cuối cùng cách mặt cắt cuối dốc không dưới $50m$ để tránh ảnh hưởng đến chế độ tiêu năng sau dốc.

4.2.3.2 Từ kết quả vẽ đường mặt nước trên dốc (ứng với lưu lượng thiết kế), xác định được các thông số thủy lực tại từng vị trí đặt BPTK:

- Độ sâu nước h ;

- Lưu tốc bình quân V ;

- Số Frut $Fr = V^2/gh$.

4.2.3.3 Tính toán các thông số BPTK tại từng vị trí:

1) Xác định chiều cao mũi hắt Z_m

$$Z_m = \frac{L_p \cdot \cos 2\psi}{25(\sqrt{Fr} - 1)}, m; \quad (4-1)$$

Trong đó:

L_p - chiều dài cần bảo vệ phía sau BPTK, m;

ψ - góc nghiêng của đáy dốc đối với phương ngang;

Fr - số Frut của dòng chảy phía trên BPTK.

2) Chọn độ nghiêng của mũi hắt: thường chọn độ nghiêng tương đối của mũi hắt so với đáy lòng dẫn $\frac{Z_m}{L_m} = \frac{1}{6} \div \frac{1}{5}$, trong đó Z_m là chiều cao mũi, tính theo phương thẳng đứng; L_m là chiều dài mũi, tính theo phương nằm ngang.

3) Xác định chiều dài buồng khí tạo ra sau mũi hắt:

$$L_b = \frac{h}{\cos \psi} \left[\frac{Z_m + \sqrt{Fr} \frac{\cos(\psi - \theta)}{\cos \psi}}{h} (\sqrt{Fr} \sin \theta + \sqrt{Fr \cdot \sin^2 \theta + \frac{2Z_m \cos \psi}{h}}) \right] \quad (4-2)$$

4) Xác định lưu lượng khí đơn vị cần cấp:

$$q_a = 0,033 \cdot L_b \cdot V; \quad (4-3)$$

Trong đó:

V - lưu tốc bình quân của dòng chảy phía trên buồng khí, có thể lấy bằng lưu tốc bình quân của dòng chảy phía trên mũi hắt.

5) Tính lưu lượng khí tổng cộng cần phải cấp:

$$Q_a = q_a \cdot B; \quad (4-4)$$

6) Tính diện tích tổng cộng của mặt cắt ngang các ống dẫn khí:

$$\omega_a = \frac{Q_a}{V_a}; \quad (4-5)$$

Trong đó: V_a - lưu tốc khí không chế trong ống, chọn $V_a \leq 60$ m/s.

7) Xác định kích thước ống dẫn khí: ống dẫn khí cấp cho buồng khí thường làm theo mặt cắt chữ nhật, kích thước $B_a \times t_a$, trong đó, B_a - độ dài cạnh theo chiều dòng chảy, t_a - độ dài cạnh theo chiều dày tường (trụ).

Thường bố trí 2 ống cấp khí ở 2 tường bên của đường trần. Trường hợp bề rộng của đường trần lớn, yêu cầu ω_a lớn thì phải bố trí thêm các trụ trung gian ở trong lòng dẫn và đặt ống không khí ở các trụ này. Khi đó hình dạng, kích thước các ống thông khí nên làm bằng nhau:

$$\omega_{a1} = \frac{\omega_a}{n}; \quad (4-6)$$

Trong đó: n là tổng số ống dẫn khí.

8) Xác định độ chân không ở trong buồng khí:

$$h_{ck} = \frac{V_a^2}{2g \cdot \mu_a^2} \cdot \frac{\gamma_a}{\gamma}; \quad (4-7)$$

Trong đó:

h_{ck} - độ chân không (tính theo mét cột nước), ở trong buồng khí để tạo áp lực hút khí vào buồng;

V_a - lưu tốc khí trong ống, m/s;

μ_a - hệ số lưu lượng của ống dẫn khí;

γ_a - trọng lượng riêng của không khí, KN/m³;

γ - trọng lượng riêng của nước, KN/m³.

Trong điều kiện bình thường, lấy $\frac{\gamma_a}{\gamma} = \frac{1}{780}$.

Trị số μ_a xác định theo công thức thủy lực:

$$\mu_a = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i}} \quad (4-8)$$

Trong đó $\sum \xi_i$ - tổng hệ số tổn thất áp lực trên toàn ống dẫn, bao gồm tổn thất tại cửa vào, các đoạn uốn cong, và tổn thất dọc đường.

Để đảm bảo ổn định của đường tháo, trị số h_{ck} tính theo (4-7) không được vượt quá 0,5m.

Trường hợp ngược lại, cần chọn lại V_a (theo hướng giảm) và tính toán lại.

9) Tính toán kích thước máng dẫn khí sau mũi hắt: máng dẫn khí bố trí liên tục phía sau mũi hắt và nối thông với các ống dẫn khí từ tường bên hay trụ. Kích thước máng lấy như sau:

- Bề rộng (theo chiều dòng chảy):

$$B_{mk} = B_a;$$

- Chiều cao:

$$t_{mk} = t_a - Z_m;$$

Trong đó B_a và t_a là các kích thước của 1 ống dẫn khí đã xác định ở phần trên.

10) Tính toán chiều cao thành lòng dẫn sau BPTK.

$$H_t = h_b + h + \Delta H; \quad (4-9)$$

Trong đó:

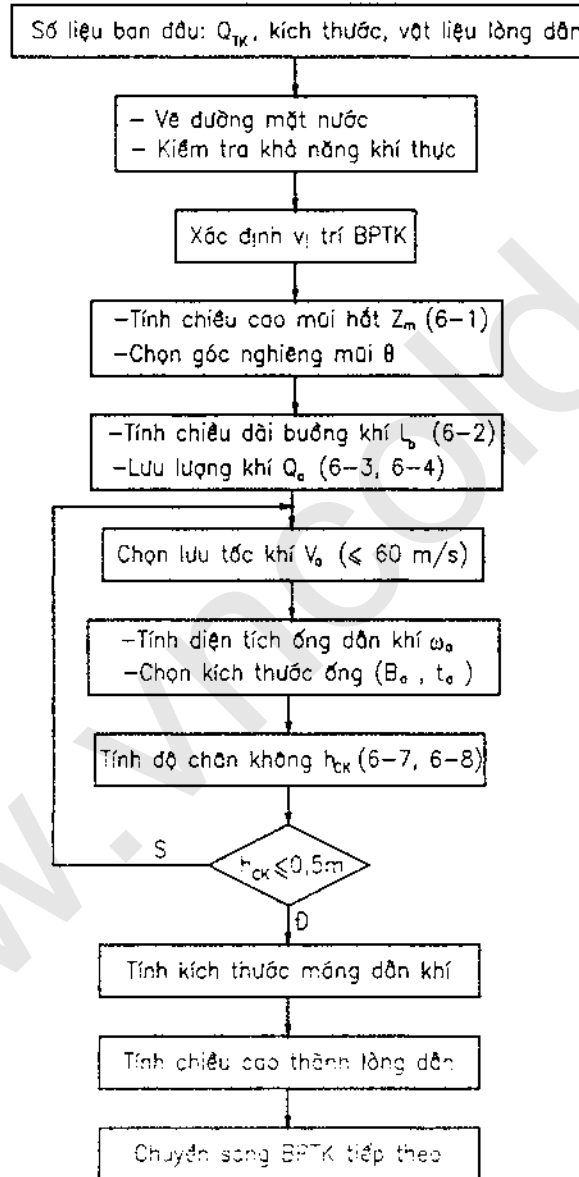
h_b - chiều cao lớn nhất của buồng khí;

h - chiều dày lớp nước phía trên buồng khí (lấy gần đúng bằng độ sâu nước trên mũi hắt);

ΔH - độ cao an toàn, xác định theo cấp công trình.

Trị số h_b được tính toán từ quỹ đạo của tia nước từ mũi phóng, không xét đến chân không trong buồng khí:

$$h_b = Z_m + \frac{V^2}{2g} \cdot \cos^2 \theta \cdot (\operatorname{tg} \theta + \operatorname{tg} \psi)^2; \quad (4-10)$$



Hình 4.3. Lưu đồ tính toán bộ phận tiếp khí trên mặt tràn, dốc nước

4.3 Tính toán BPTK tại buồng van của ống dưới sào

4.3.1 Các sơ đồ bố trí BPTK

4.3.1.1 Tiếp khí vào khoảng không phía trên dòng chảy thông qua ống dẫn khí chính (giếng thông khí). Đây là loại đường tiếp khí đơn giản và phổ biến nhất.

Cửa ra của ống dẫn khí chính đặt ở trần đoạn đường dẫn nước ngay sau cửa van, còn cửa vào của nó đặt cao hơn mực nước kiểm tra của hồ và tại cửa vào có bố trí lưới chắn để bảo vệ.

4.3.1.2 Tiếp khí vào các vị trí có tách dòng trong buồng van như khe van, bán khe, ngưỡng đáy, bậc thụt (là những vị trí dễ bị khí thực nhất). Các sơ đồ bố trí như sau (hình 4-4):

a) Đối với khe van phẳng có thiết bị khít nước đặt ở phía trước: làm lòng dẫn mở rộng đột ngột ở sau cửa van với góc mở $\alpha \geq 50^\circ$. Khi đó khe van trở thành máng dẫn khí nối thông với khoảng không bên trên dòng chảy (h.4.4a).

b) Đối với van cung: làm bán khe mở rộng mỗi bên là $b_1 = (0,05 - 0,08)B$, trong đó B là bề rộng lòng dẫn tại vị trí van. Phần đầu của bán khe sẽ tạo thành ống dẫn khí nối thông với khoảng không phía trên dòng chảy.

c) Đối với van phẳng có thiết bị khít nước đặt phía sau (h.4 -4c, d): làm các gờ nhỏ ở thành cống sau van để tạo khoảng trống ở phía sau đó. Chiều rộng của gờ nhỏ b_1 cũng xác định như đối với bán khe ở van cung.

d) Đối với ngưỡng đáy hay bậc thụt: làm các đường ống chôn ngầm trong tường bên và bản đáy của lòng dẫn cống; cửa vào của các ống này nối với khoảng không phía trên dòng chảy sau cửa van, còn cửa ra của ống nối với vùng tách dòng ở sau ngưỡng hay bậc thụt (h.4 - 4e).

Chú thích:

a) Các khe van phẳng có vật chắn nước đặt phía trước, $\alpha \geq 50^\circ$, hàm khí thông qua các khe nối với khoảng không trên dòng chảy

b) Các bán khe của van cung;

c,d). Các khe van phẳng có vật chắn nước phía sau;

e) Ngưỡng đáy (bậc thụt), hàm khí nhờ các đường ống nối với khoảng không phía trên dòng chảy.

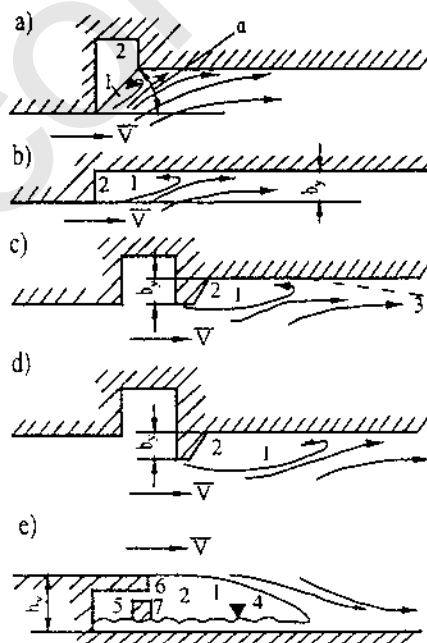
1. Ranh giới tia dòng chảy; 2. Vùng hàm khí;

3. Phương án đường biên thành lòng dẫn để khôi phục chiều rộng của lòng dẫn sau khe;

4. Lớp nước do dòng chảy ngược ở đáy;

5. Ống dẫn khí; 6. Cửa tiếp khí;

7. Cửa để tháo nước ra từ ống dẫn khí.



Hình 4.4. Sơ đồ tiếp khí cho các vùng tách dòng cục bộ tại buồng van

4.3.2 Tính toán lưu lượng thông khí cần thiết qua ống dẫn khí chính (Q_{ak}).

4.3.2.1 Khí sau van là dòng chảy không áp, chiều dài đường dẫn nhỏ (chiều dài không vượt quá 50 lần chiều sâu dòng chảy):

$$Q_{ak} = Q_{.B} \cdot m^3/s; \quad (4-11)$$

Trong đó: Q_{aB} là lưu lượng khí bị cuốn vào vùng tách dòng sau ngưỡng, khe van, bậc thụt, m^3/s .

$$Q_{aB} = 0,1.l_b.Z_b.V, m^3/s; \quad (4-12)$$

ở đây:

l_b - chiều dài bậc, khe, ngưỡng, m;

Z_b - chiều cao ngưỡng, bậc hay độ sâu của khe, m;

V - lưu tốc trung bình của dòng chảy trước vùng tách dòng, m/s.

Trường hợp có nhiều bộ phận tách dòng thì Q_{aB} phải là tổng cộng của các trị số lưu lượng khí bị hút vào từng bộ phận riêng.

4.3.2.2 Khi sau van là dòng chảy không áp, chiều dài đường dẫn lớn (hơn 50 lần chiều sâu dòng chảy):

$$Q_{ak} = Q_{aB} + Q_{ac};$$

Trong đó: Q_{ac} là lưu lượng do tự hàm khí trên mặt thoáng khi dòng chảy có lưu tốc lớn:

$$Q_{ac} = 0,04 \cdot \sqrt{Fr_R - 40} \cdot Q, m^3/s; \quad (4-13)$$

Ở đây, Q - lưu lượng nước, m^3/s ; Fr_R - số Frut tính theo bán kính thủy lực R :

$$Fr_R = \frac{V^2}{gR}; \quad (4-14)$$

Với V - lưu tốc bình quân của dòng chảy, m/s;

R - bán kính thủy lực của mặt cắt ướt tương ứng có lưu tốc bình quân là V , m.

4.3.2.3 Khi sau van, dòng chảy chuyển sang có áp thông qua nước nhảy:

$$Q_{ak} = Q_{aB} + Q_{ac} + Q_{ax}, m^3/s; \quad (6-15)$$

Trong đó: các trị số Q_{aB} và Q_{ac} như đã giải thích ở trên; Q_{ax} - lưu lượng khí bị cuốn vào dòng nước tại vùng xoáy của nước nhảy:

$$Q_{ax} = 0,012 ((\sqrt{Fr_1} - 1)^{1,4} \cdot Q, m^3/s; \quad (4-16)$$

Ở đây Fr_1 là trị số Frut tính cho mặt cắt phía trước nước chảy có độ sâu h_1 và lưu tốc bình quân tương ứng là V_1 :

$$Fr_1 = \frac{V_1^2}{gh_1}; \quad (4-17)$$

4.3.3 Tính toán mặt cắt các ống dẫn khí:

$$\omega_a = \frac{Q_a}{V_a}, m^2; \quad (4-18)$$

Trong đó: Q_a - lưu lượng khí cần dẫn, m^3/s ;

V_a - lưu tốc dòng khí trong ống, thường chọn $V_a \leq 60$ m/s.

4.3.4 Tính toán độ chênh áp lực ở hai đầu của ống dẫn khí: độ chênh áp lực này sẽ tạo ra dòng khí trong ống với lưu tốc V_a đã chọn. Thường đánh giá độ chênh áp lực Δp thông qua độ chênh áp lực cột nước Δh .

4.3.4.1 Đối với ống dẫn khí chính

Cửa vào của ống dẫn khí chính nối thông với khí trời, còn cửa ra nối với khoảng không của đường dẫn nước ngay sau cửa van. Vì vậy, chênh lệch cột nước áp lực ở hai đầu ống dẫn khí chính là cột nước áp lực chân không ở sau cửa van (h_{ck}). Trị số h_{ck} xác định theo công thức (4-7).

4.3.4.2 Đối với ống dẫn khí đến vị trí tách dòng ở đáy (do ngưỡng hay bậc thụt):

$$\Delta h = \frac{V_a^2}{2g \cdot \mu_a^2} \cdot \frac{\gamma_a}{\gamma}, m; \quad (4-19)$$

Trong đó: Δh - chênh lệch cột nước áp lực ở 2 đầu của ống, các trị số V_a , μ_a , γ_a , γ như đã giải thích ở công thức (4-7).

4.3.5 Kiểm tra độ chân không ở các buồng khí.

Để đảm bảo sự làm việc ổn định của công trình tháo nước, cần phải khống chế độ chân không ở các buồng khí không vượt quá trị số cho phép.

4.3.5.1 Đối với buồng khí chính (ngay sau cửa van).

$$\text{Khống chế: } h_{ck} \leq 0,5m \quad (4-20)$$

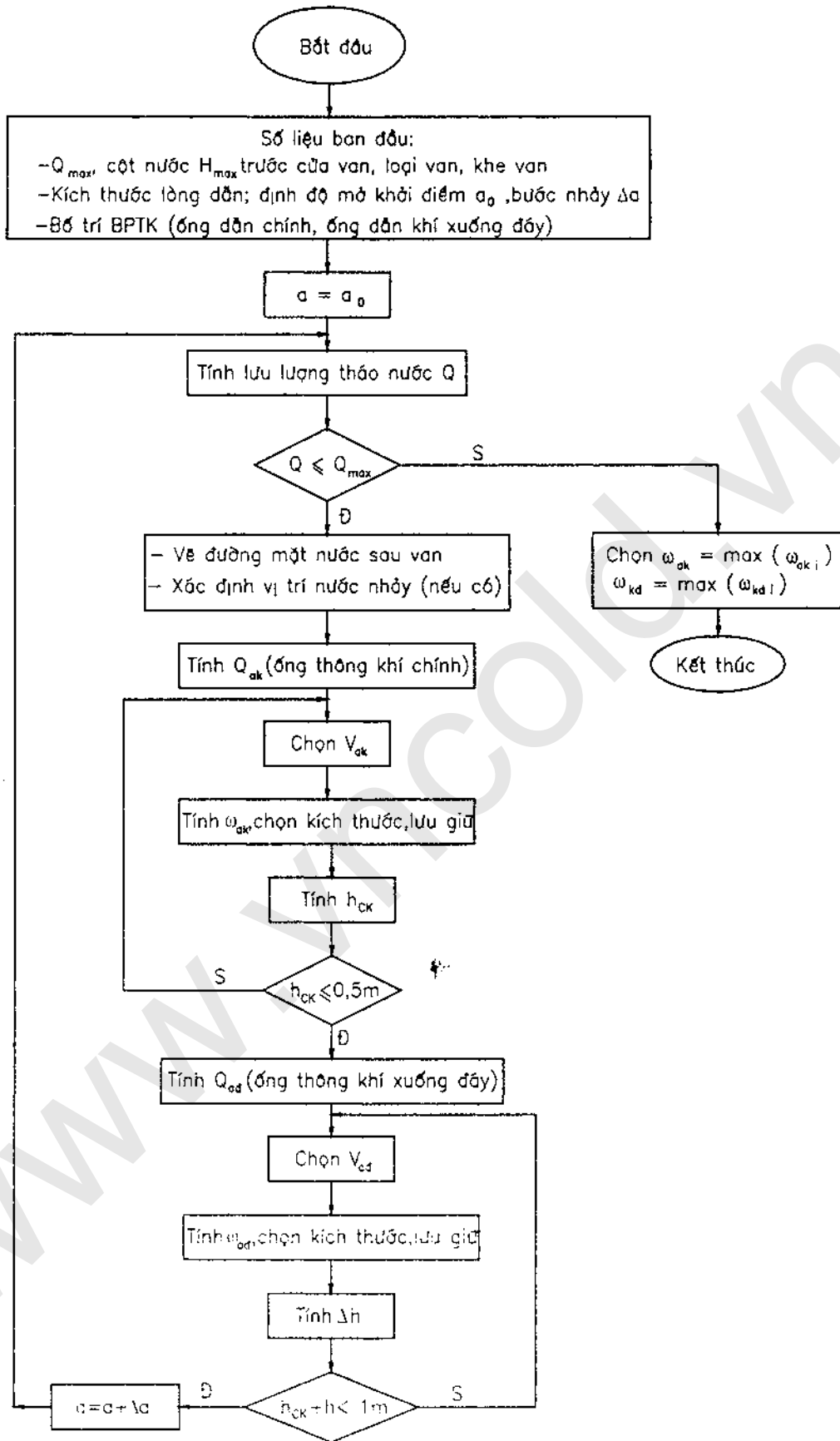
4.3.5.2 Đối với buồng khí ở đáy, khống chế

$$h_{ck} + \Delta h \leq 1,0m \quad (4-21)$$

Nếu các điều kiện (4-20), (4-21) không thoả mãn, cần tính toán lại mặt cắt các ống dẫn khí trên cơ sở giảm bớt trị số V_a .

4.3.6 Quy trình tính toán: như chỉ dẫn trên sơ đồ hình 4.5. Trong việc thu thập số liệu ban đầu cần chú ý:

- Lưu lượng Q_{max} : lưu lượng tháo lớn nhất qua cống, lấy $Q_{max} = 1,2 Q_{tk}$ (để phòng trường hợp van mở quá độ mở cần thiết).
- Cột nước H_{max} trước van: tính với mực nước lớn nhất ở thượng lưu khi cống làm việc, có xét đến tổn thất thủy lực ở đoạn cống trước van.
- Độ mở van khởi điểm a_0 : độ mở van nhỏ nhất có thể duy trì trong thực tế, tùy quy mô cống, có thể lấy $a_0 = 0,05 - 0,1m$.
- Bước nhảy độ mở Δa : tự chọn, để đảm bảo số cấp lưu lượng cần thiết trong tính toán.
- Bố trí bộ phận tiếp khí (BPTK): chọn vị trí cửa vào, cửa ra của ống dẫn khí, tuyến bố trí đường ống, từ đó xác định được chiều dài ống, số vị trí ống đổi hướng (góc ngoặt).



Hình 4.5. Lưu đồ tính toán thông khí buồng van cổng dưới sâu

Phụ lục A. Đồ thị xác định trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật, ứng với độ hàm khí trong nước $S=0$ (Tham khảo)

Ghi chú: Các ký hiệu dùng trong bảng tra:

B - Bề rộng mặt cắt;

H - Độ sâu nước tại mặt cắt;

Δ - Chiều cao tương đương của nhám phân bố trên bề mặt vật liệu, tra theo bảng

2.5.

y - Khoảng cách từ đỉnh máu gỗ ghề đến mặt cơ bản của bề mặt lòng dẫn:

$$y = Z_m + \Delta ; \quad (A-1)$$

Ở đây, Z_m là chiều cao của máu gỗ ghề cục bộ trên bề mặt vật liệu.

Đường cong số 1 - Ứng với bê tông có $R_b = 10$ MPa;

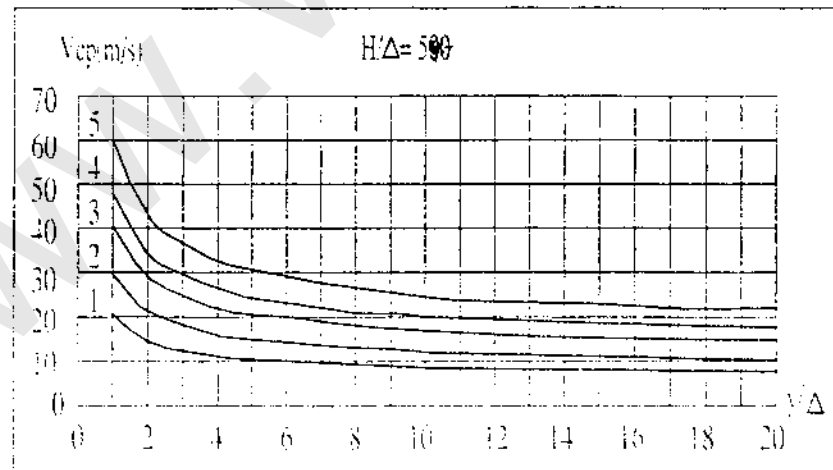
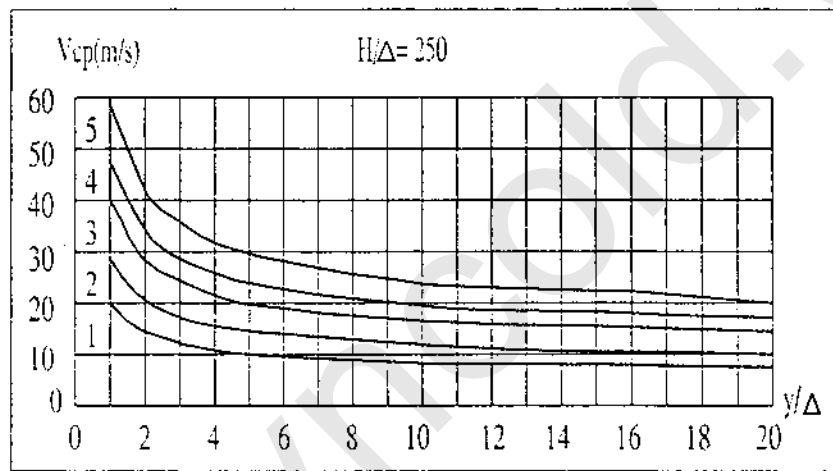
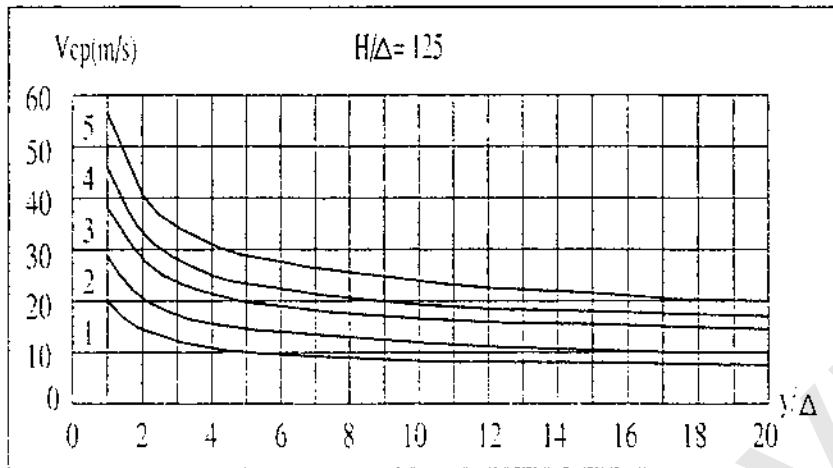
Đường cong số 2 - Ứng với bê tông có $R_b = 15$ MPa;

Đường cong số 3 - Ứng với bê tông có $R_b = 20$ MPa;

Đường cong số 4 - Ứng với bê tông có $R_b = 25$ MPa;

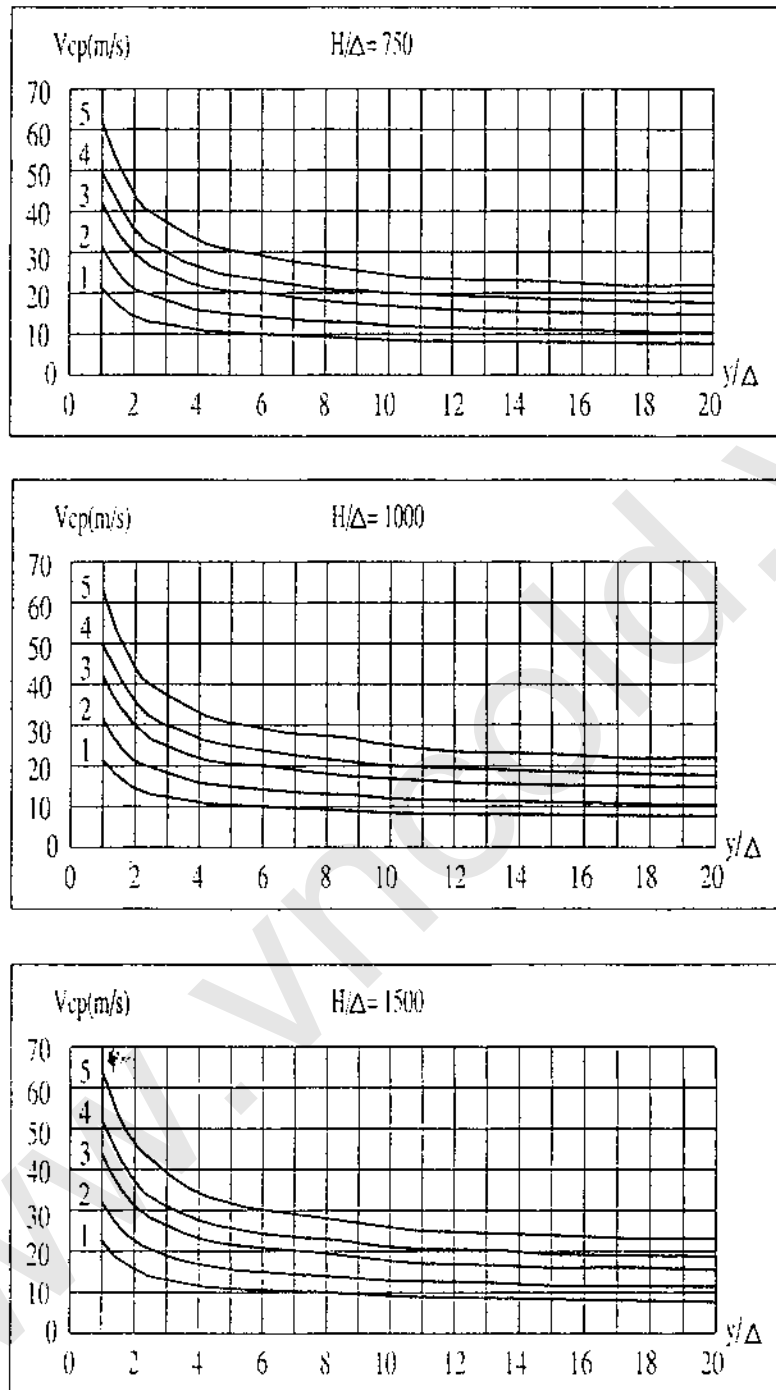
Đường cong số 5 - Ứng với bê tông có $R_b = 30$ MPa.

Trường hợp $H/B = 1/16$



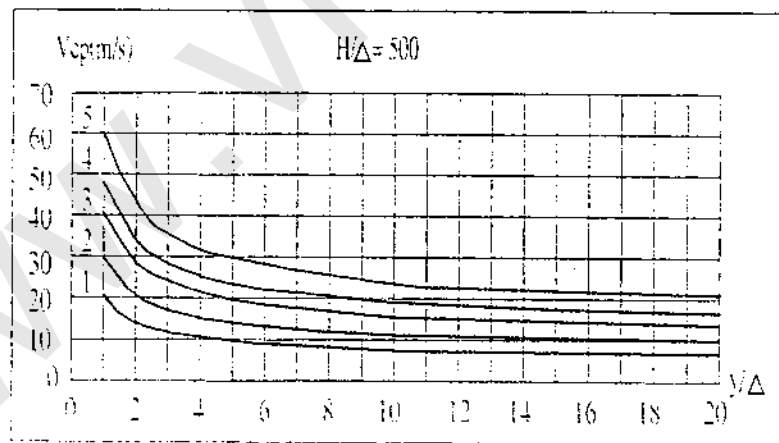
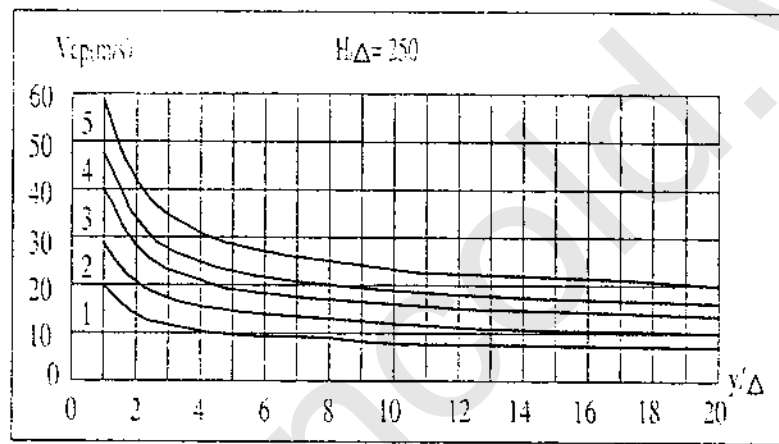
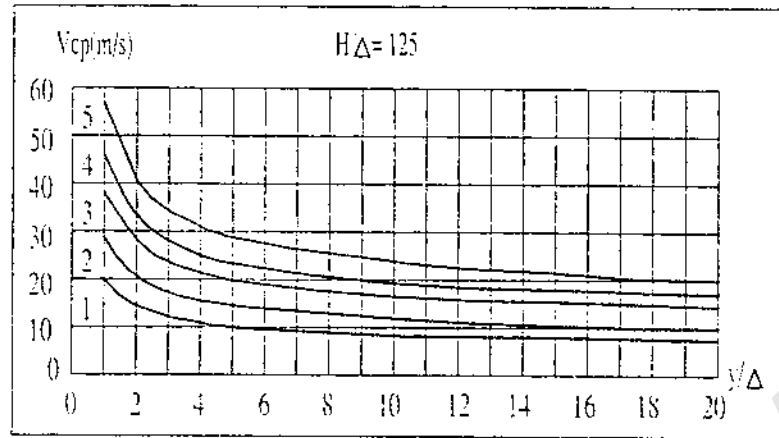
Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật

Trường hợp $H/B = 1/16$ (tiếp)



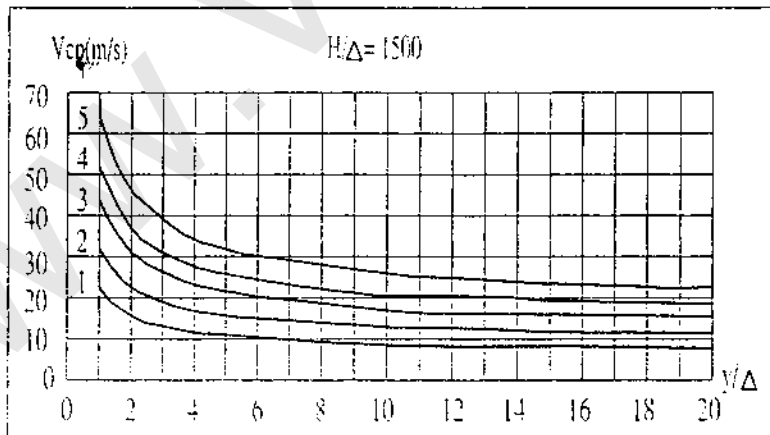
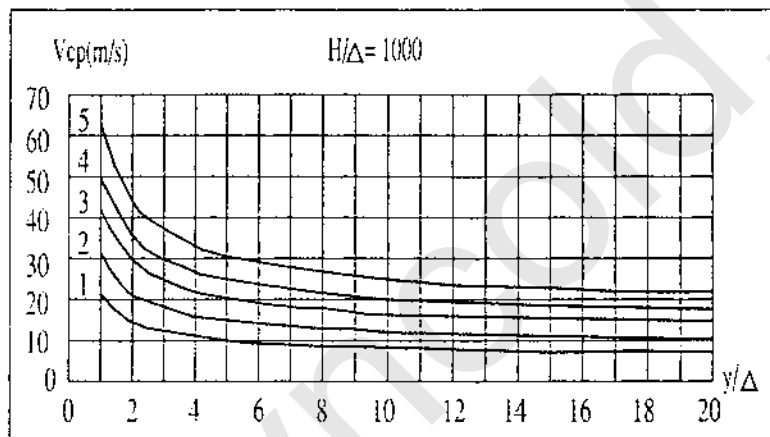
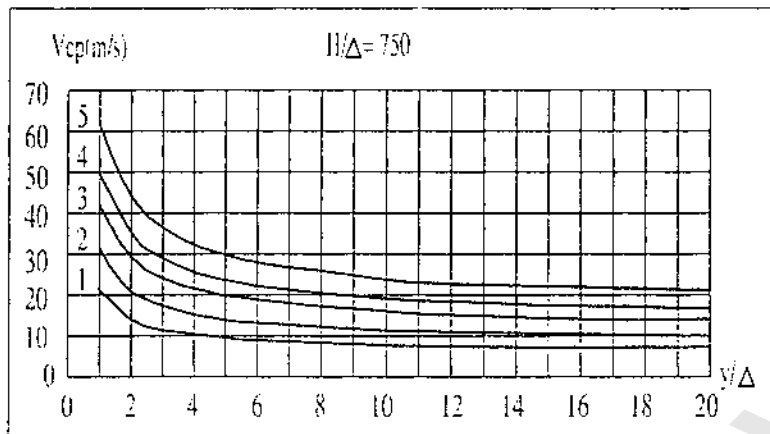
Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật (tiếp)

Trường hợp $H/\Delta = 1/8$



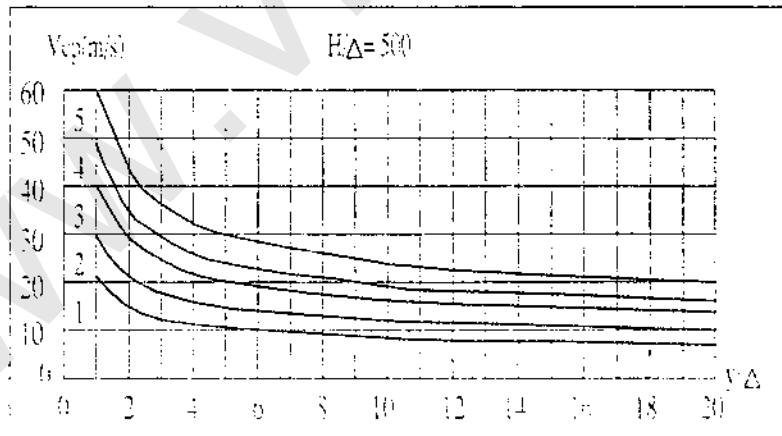
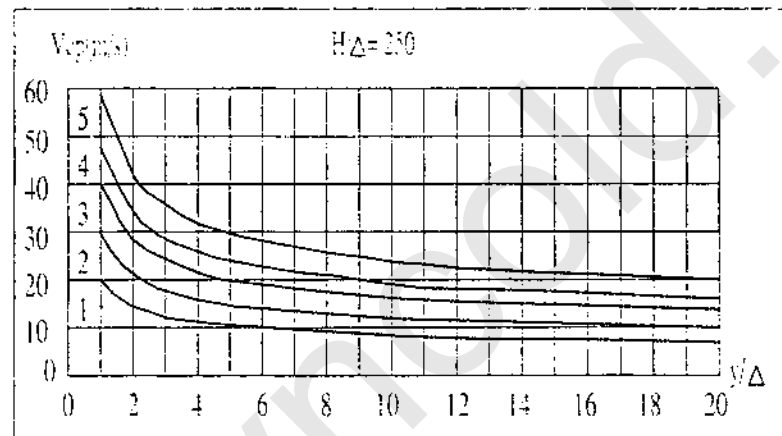
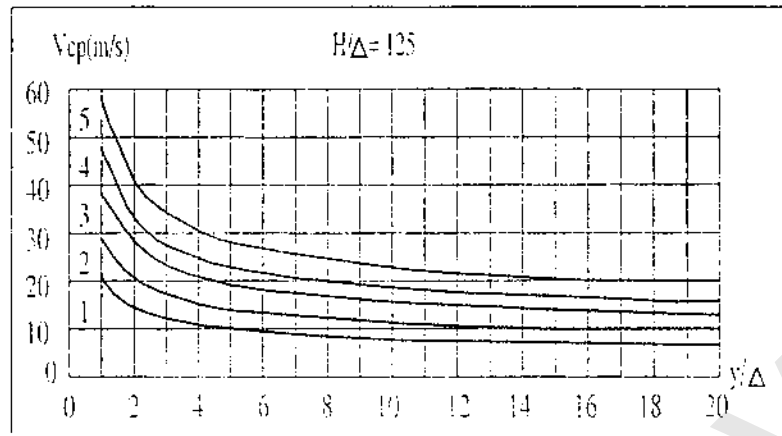
Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật (tiếp)

Trường hợp $H/B = 1/8$ (tiếp)



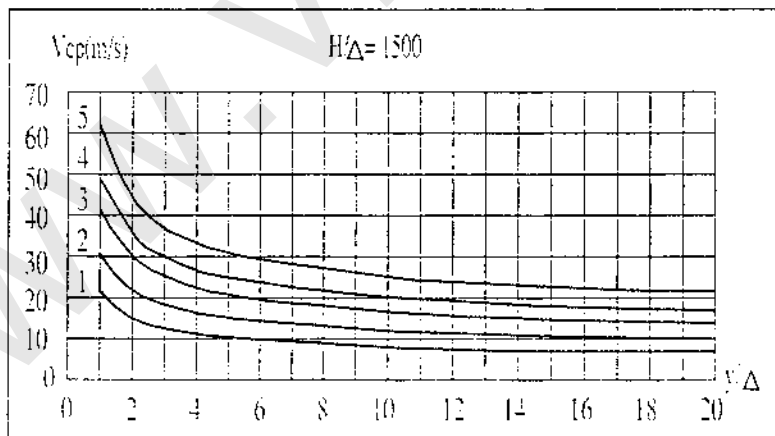
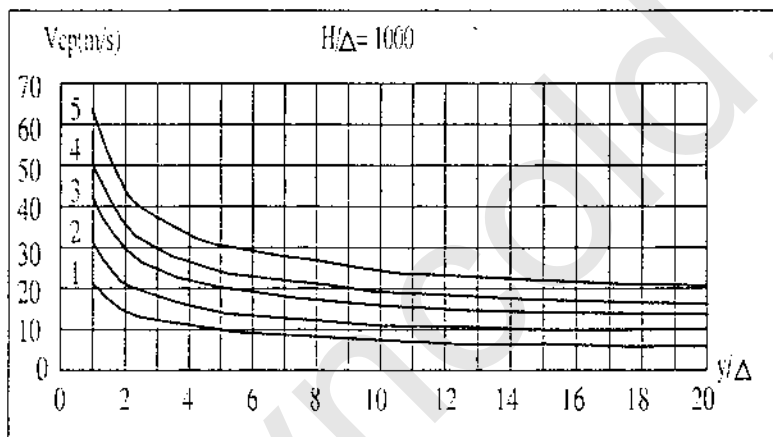
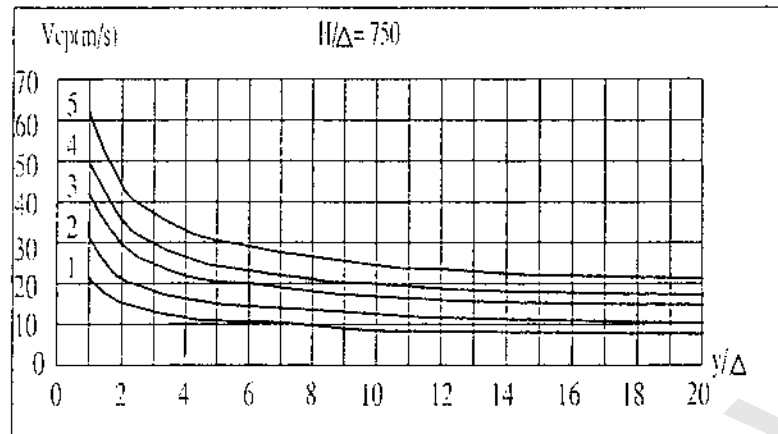
Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cát chữ nhật (tiếp)

Trường hợp $H/B = 1/4$



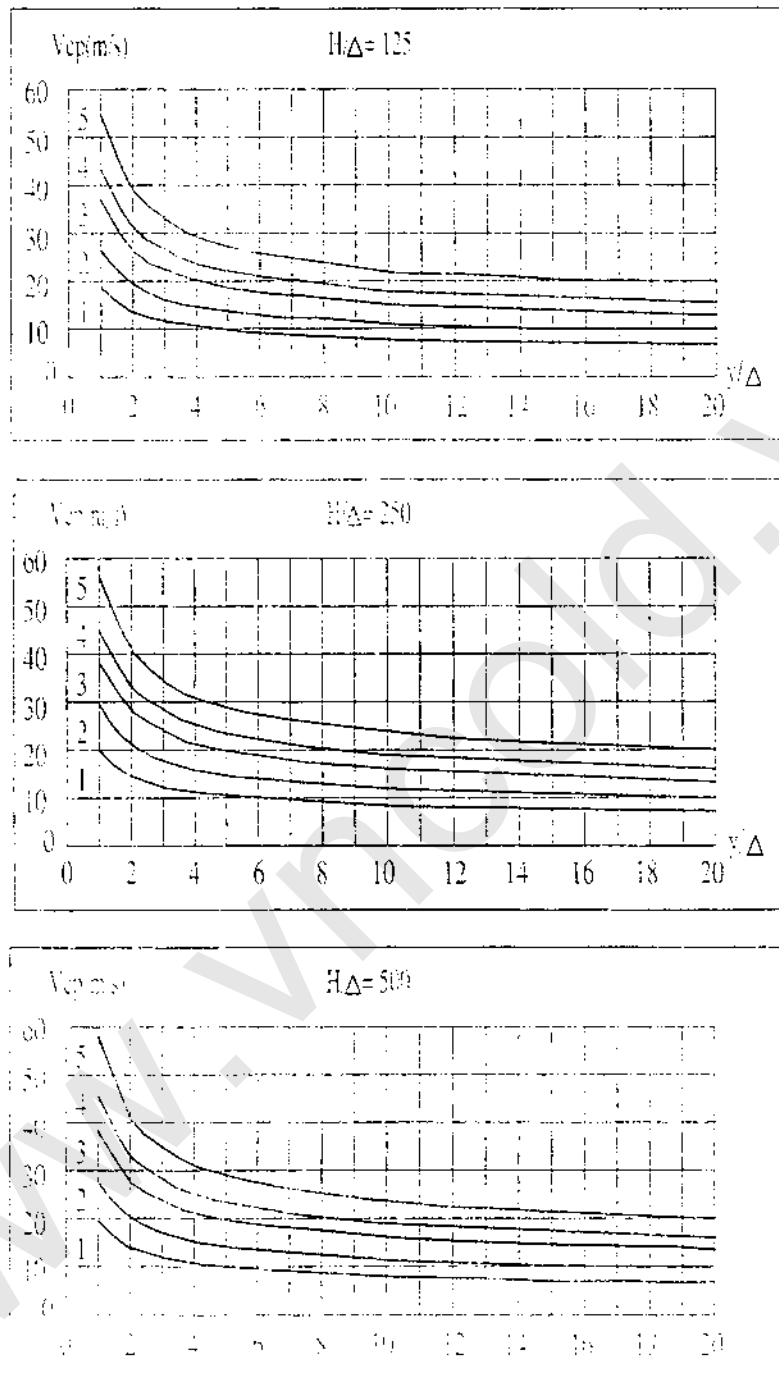
Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật (tiếp)

Trường hợp $H/B = 1/4$ (tiếp)



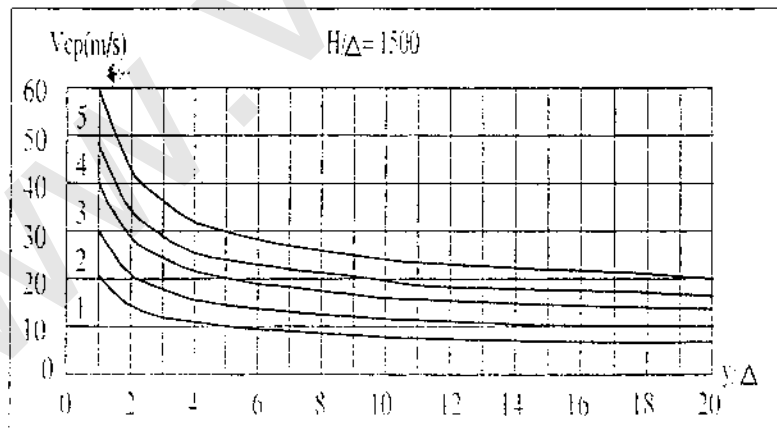
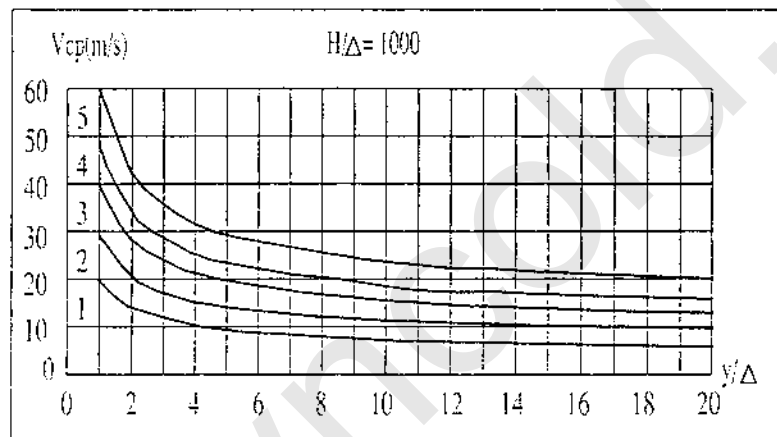
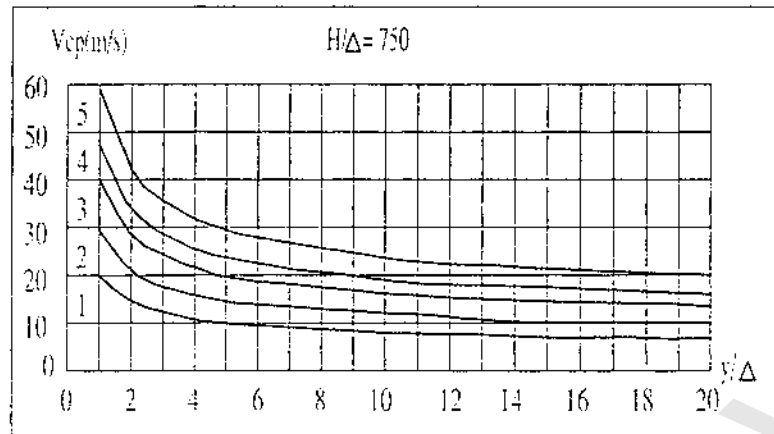
Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật (tiếp)

Trường hợp $H/B = 1/2$



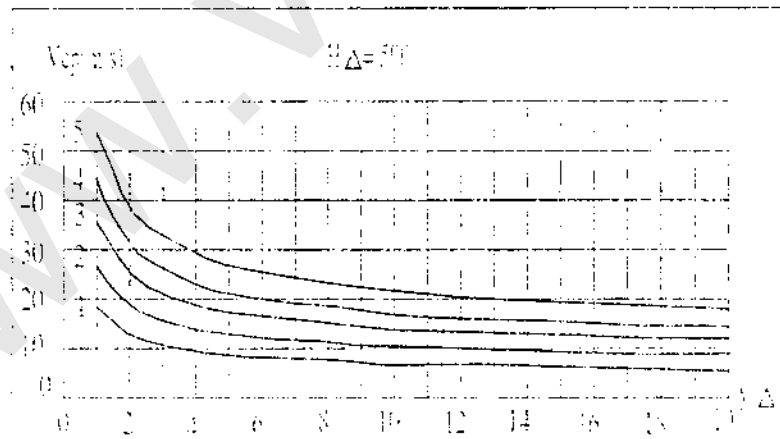
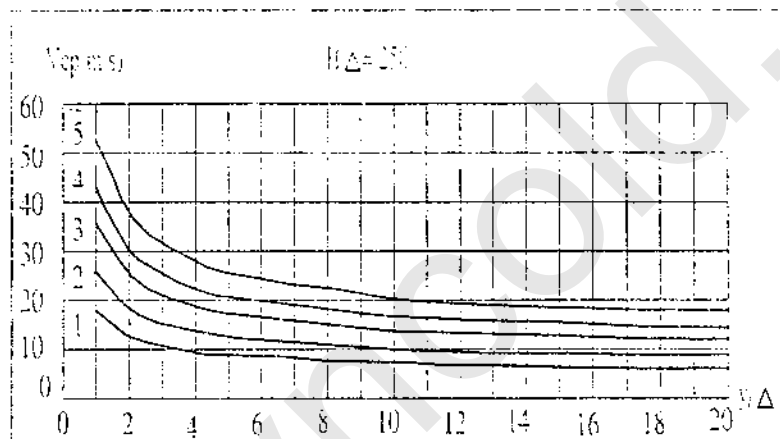
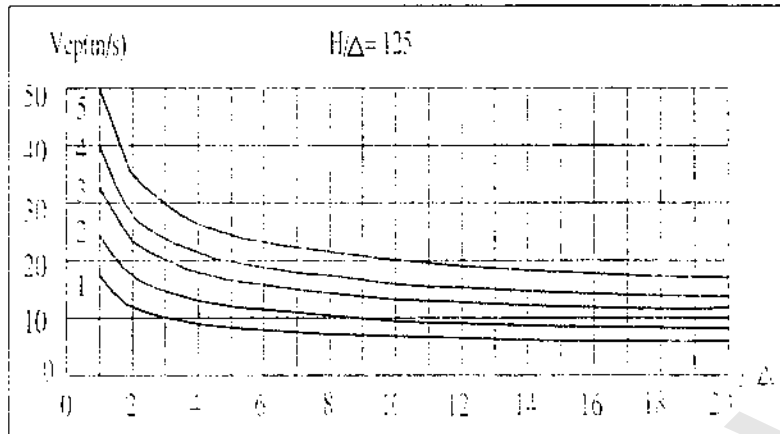
Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật (tiếp)

Trường hợp $H/B = 1/2$ (tiếp)



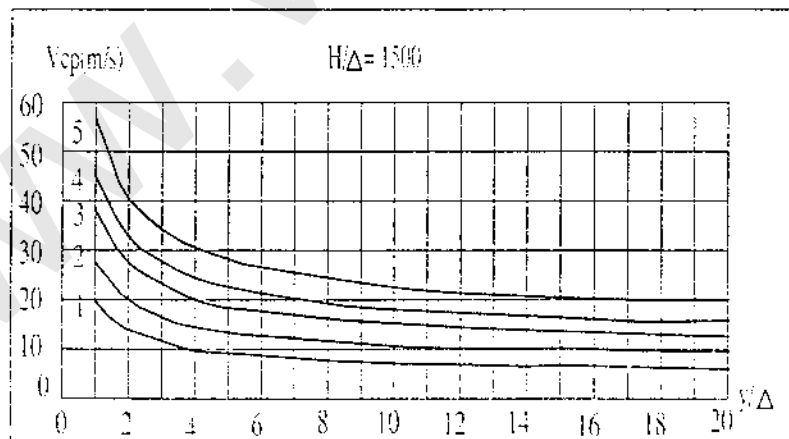
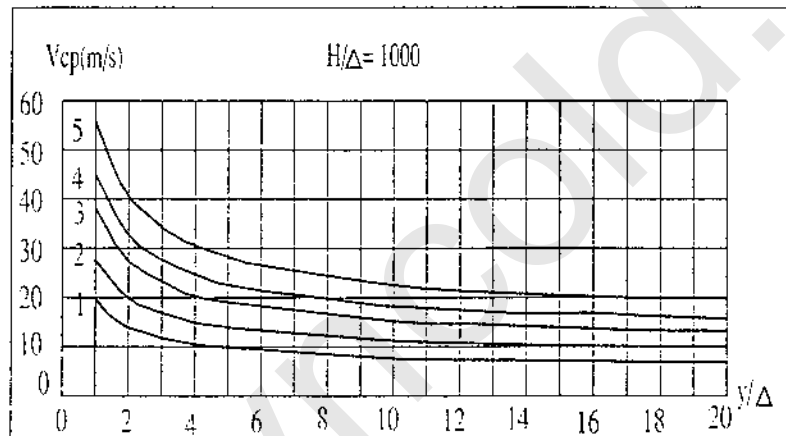
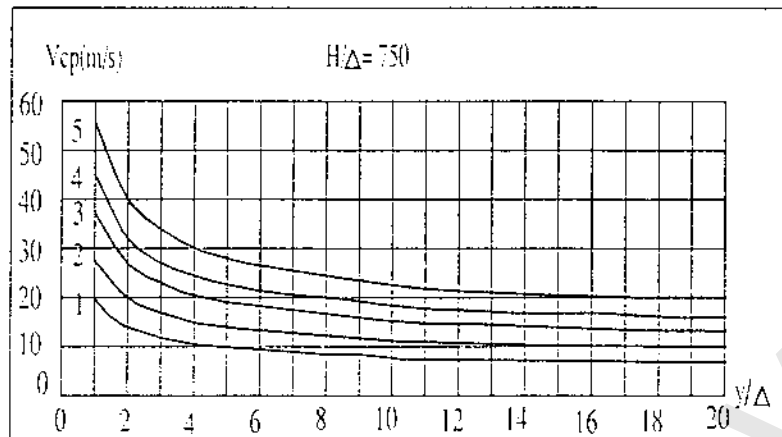
Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật (tiếp)

Trường hợp $H/B = 1$



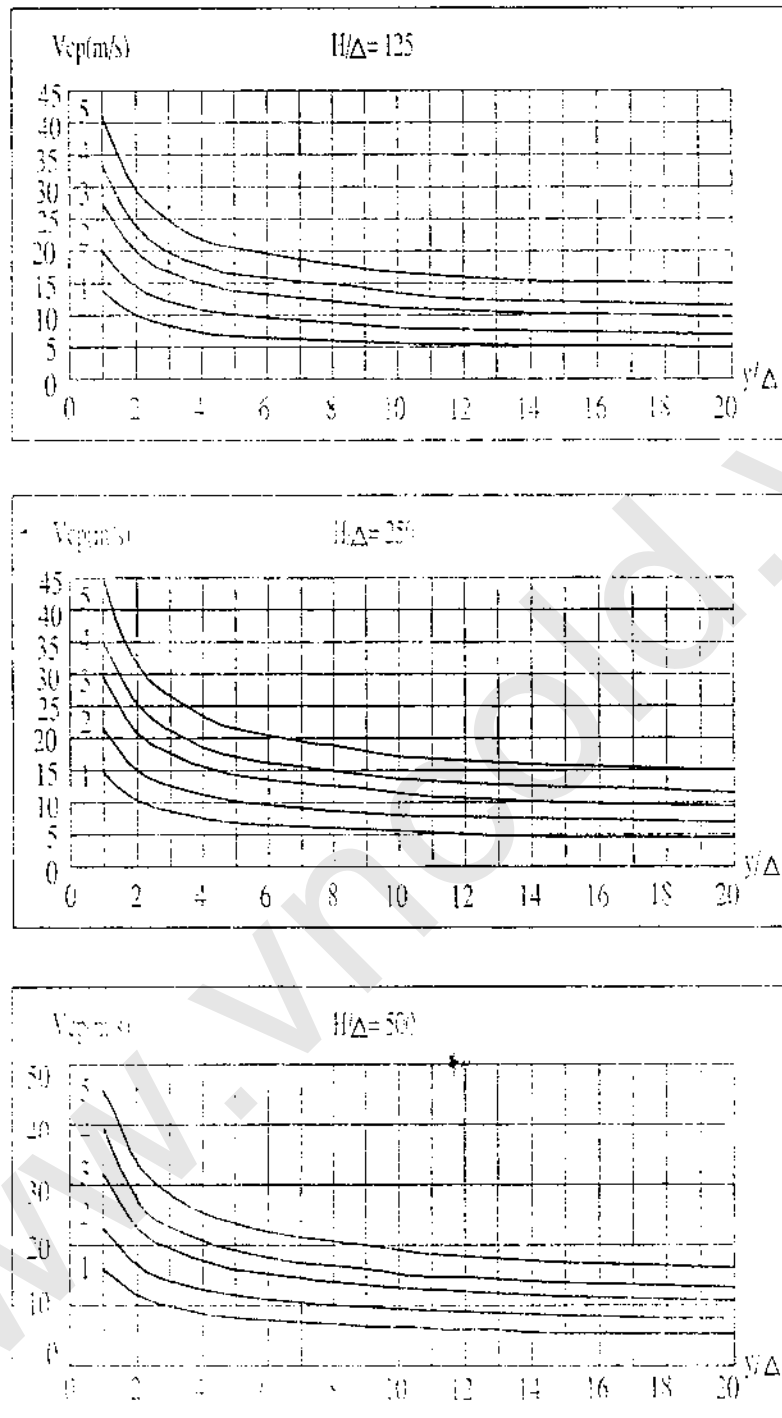
Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật (tiếp)

Trường hợp $H/B = 1$ (tiếp)



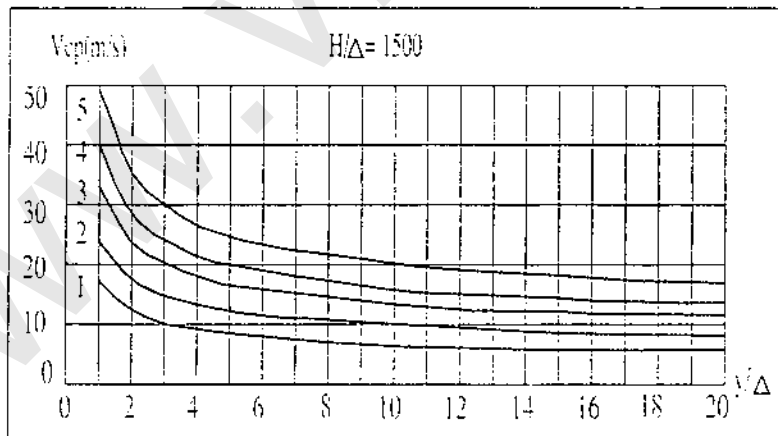
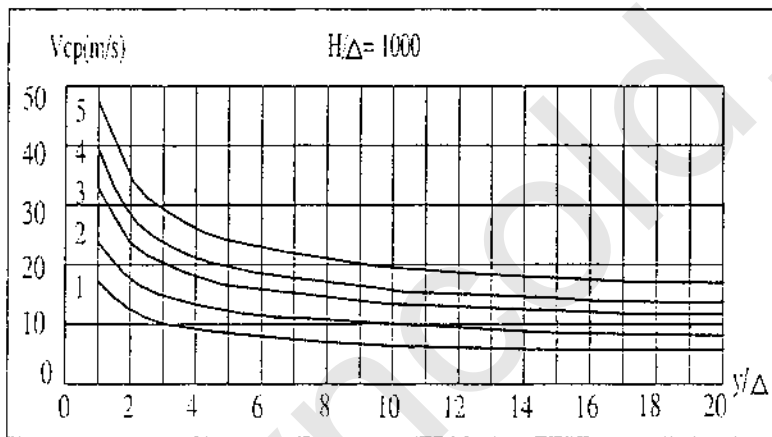
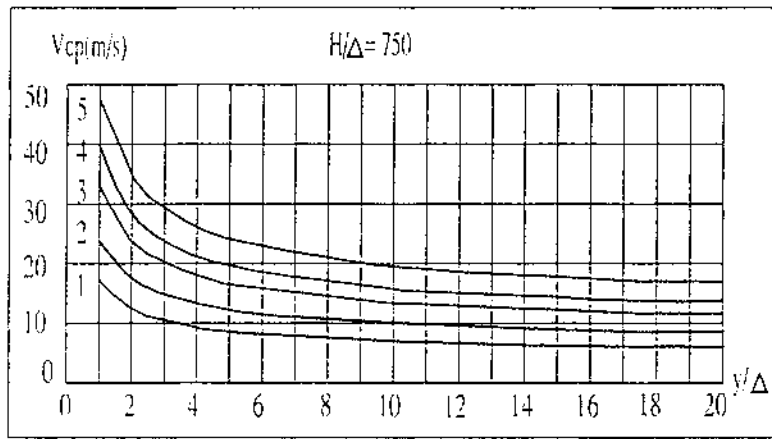
Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật (tiếp)

Trường hợp $H/B = 2$



Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật (tiếp)

Trường hợp $H/B = 2$ (tiếp)



Hình A.1. Trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cắt chữ nhật (tiếp)

Phụ lục B. Ví dụ tính toán kiểm tra khí hoá trên các bộ phận của CTTN (Tham khảo)

B.1 Đầu vào của cống tháo nước dưới sâu

Bài toán: Yêu cầu kiểm tra điều kiện khí hoá dòng chảy ở cửa vào một cống xả nước có áp dưới đáy đập bê tông. Cống có mặt cắt ngang hình chữ nhật với $b_T = 6,0\text{m}$; $h_T = 10,0\text{m}$; cao trình đáy: $145,0\text{m}$; cửa vào không mở rộng theo phương ngang, có mở rộng theo phương đứng (về phía trên) theo cung $1/4$ elip với các bán trục $a = 10\text{m}$, $b = 5\text{m}$.

Mặt thượng lưu đập thẳng đứng. Lưu lượng tháo qua cống $Q = 1956 \text{ m}^3/\text{s}$, ứng với mực nước thượng lưu $Z_{TL} = 215,0\text{m}$, nhiệt độ nước $T = 25^\circ\text{C}$.

Giải:

B.1.1 Xác định hệ số khí hoá phân giới của cửa vào

a) Thông số hình học của cửa vào:

$$K_s = a/b = 2,0$$

$$K_r = 1 + b/h_T = 1,5$$

b) Hệ số giảm áp lớn nhất tại cửa vào:

$$\text{Tra đồ thị hình 2.2 với } \alpha = 90^\circ \text{ được } \bar{C}_{p\max} = 1,46.$$

c). Hệ số khí hoá phân giới: Theo công thức (2.8), trong đó:

- Hệ số chuẩn mạch động áp lực tại cửa vào, tra theo đồ thị hình 2.4, được: $\delta_p = 0,036$.

- Hệ số mạch động lớn nhất: chọn $\phi = 4,0$ (thiết kế theo điều kiện không cho phép phát sinh khí hoá).

$$\text{Thay vào được: } K_{pg} = \bar{C}_{p\max} + \phi \cdot \delta_p = 1,604$$

B.1.2 Xác định hệ số khí hoá thực tế:

Theo công thức (1 - 2). Các thông số trong công thức:

a) Cột nước đặc trưng: $H_{DT} = Z + H_a$;

$$Z = Z_{TL} - Z_{\text{đáy}} - h_T = 215 - 145 - 10 = 60,0 \text{ (m)};$$

$$H_a = 10,08\text{m (tra bảng 2.1 với độ cao } 215\text{m)};$$

$$\text{Thay vào được: } H_{DT} = 70,08 \text{ m.}$$

b) Cột nước áp lực phân giới

$$\text{Tra bảng 2.2 được } H_{pg} = 0,32\text{m}$$

c) Lưu tốc đặc trưng

$$V_{DT} = \frac{Q}{b_T \cdot h_T} = 32,6 \text{ (m/s)}$$

Thay vào công thức (1-2) được $K = 1,29$.

Như vậy có $K < K_{pg}$, dòng chảy tại cửa vào sẽ bị khí hoá, cần áp dụng các biện pháp để phòng khí thực.

B.2 Bề mặt đập tràn, dốc nước

Bài toán: Kiểm tra khả năng khí hoá dòng chảy tại vị trí A có mẫu gỗ ghè đơn độc có bề mặt sắc cạnh (do nối cốt pha) với chiều cao $Z_m = 5\text{mm}$, trên mặt đập tràn bê tông. Cao độ tại A là $Z_A = 150\text{m}$, mặt tràn có góc nghiêng $\varphi = 40,5^\circ$.

Khoảng cách từ cửa van (ở ngưỡng tràn) đến vị trí A là 45m . Dòng chảy có $B \times h = 38,0 \times 6,0\text{m}$ lưu tốc bình quân $V = 26,0\text{m/s}$; độ nhám bình quân mặt tràn $\Delta = 0,45\text{mm}$. Nhiệt độ nước 30°C .

Giải:

B.2.1 Xác định hệ số khí hoá phân giới:

Theo sơ đồ mẫu loại 2 trên bảng 2.4: $K_{pg} = 2,0$

B.2.2 Xác định hệ số khí hoá thực tế: Theo công thức 1-2:

$$H_{DT} = H_a + h_T \cdot \cos\varphi = 10,16 + 6,0 \times \cos 40,5^\circ = 14,72 \text{ (m)}$$

$$H_{pg} = 0,44m \text{ (ứng với } T = 30^{\circ}C);$$

$$V_{DT} = V_y = \frac{V}{\varphi_v} \sqrt{\xi_1 \cdot \xi_2}$$

Sử dụng các biểu đồ hình (2.6) để xác định ξ_1, ξ_2, δ .

$$\text{- Ở đây có } \frac{L}{\Delta} = \frac{45000}{0,45} = 10^5;$$

$$\text{Tương ứng với } \frac{\delta}{\Delta} = 2,0 \times 10^{-3}; \delta = 2,0 \times 10^{-3} \times 0,45 \times 10^{-3} = 0,90 \text{ (m)}$$

Từ quan hệ $\xi_2 = f(\delta/\Delta)$ được $\xi_2 = 0,001$.

- Tại máu gỗ ghè:

$$y = Z_m + \Delta = 5,45mm; y/\Delta = 12,11;$$

Tra quan hệ $\xi_1 = f(y/\Delta)$ được $\xi_1 = 250$.

- Xác định φ_v theo công thức (4-14) tương ứng với mặt cắt chữ nhật, trong đó:

$$B = 38,0m; h = 6,0m; \delta = 0,90m; \ln \frac{\delta}{\Delta} = 7,601;$$

Thay vào (2-14) được $\varphi_v = 0,964$

Thay vào (2-13) được $V_y = 13,48m/s$

Thay tất cả vào (1-2) được $K = 1,54$

Như vậy tại vị trí kiểm tra có $K < K_{pg}$, có khả năng khí hoá dòng chảy, cần áp dụng các biện pháp phòng khí thực.

B.3 Buồng van của cống dưới sâu

Bài toán: Kiểm tra khả năng khí hoá dòng chảy qua mặt khe van phẳng kín nước phía sau của một cống dưới sâu.

Hình dạng khe như trên hình (2-7a) có các thông khí: $W = 0,4m$; $h = 0,3m$; $d = 0,03m$; cột nước trước cửa van $H = 30m$, cao độ đáy cống tại vị trí van bằng $270,0m$; bề rộng lòng dẫn $B = 2,0m$; chiều dài $h_T = 2,4m$; nhiệt độ nước $T = 25^{\circ}C$.

Yêu cầu kiểm tra trong 2 trường hợp:

1. Khi van mở hoàn toàn, dòng chảy qua buồng van có $V = 16m/s$; $\delta = 0,25m$
2. Khi van mở một phần với độ mở $a = 0,5m$; mặt cắt co hẹp sau van không bị ngập. Chiều dài cống $L < 30 \cdot h_N$ (h_N : độ sâu nước sau cống), trên đó có chế độ chảy xiết với $h_N < h_T$ (khoảng không phía trên dòng chảy thông với khí trời qua cửa ra hạ lưu cống).

Giải:

B.3.1 Trường hợp van mở hoàn toàn

B.3.1.1 Xác định hệ số khí hoá phân giới

a) Cho mặt trước của khe: Tính theo (2-19), trong đó:

$$K_{pgv} = 1 \text{ (tra theo bảng 2.4) mục 2 với } Z_m = h = 0,03m > \delta.$$

$$d/W = 0,03 / 0,4 = 0,075. \text{ Tra bảng 2.6 được } K_d = 0,88$$

$$W/h = 0,4 / 0,3 = 1,33.$$

Thay tất cả vào (2-19) được $K_{pg1} = 1,07$

b) Cho mặt sau của khe: Tính theo (2-20) trong đó:

$$\text{- Theo hình (2.7a): } A = 1,2 \cdot (1 - 10d/W) = 0,4;$$

$$\text{- Theo hình (2.7e), với } B/h = 6,67 \text{ ta được: } K_B = 1,15;$$

$$\text{- Theo hình (2.7g), với } W/\delta = 1,6 \text{ ta được: } K_W = 0,5;$$

Thay tất cả vào (2.20) được: $K_{pgs} = 0,28$

B.3.1.2 Xác định hệ số khí hoá thực tế (theo 1-2):

Tại vị trí cống, mực nước thượng lưu ở cao độ 300,0m; tương ứng với $H_a = 9,98\text{m}$ (tra bảng 1-2)

$$H_{TB} = H - h_T/2 = 28,8\text{m};$$

$$H_{DT} = H_{TB} + H_a = 38,78\text{m};$$

$$H_{pg} = 0,32\text{m} \text{ (ứng với } t = 25^\circ);$$

$$V_{DT} = V = 16 \text{ m/s};$$

Thay tất cả vào công thức (1-2) được $K = 2,948$

Như vậy dòng chảy qua khe van có:

$$K > K_{pg1}; K > K_{pgs}.$$

Cả mặt trước và mặt sau khe, dòng chảy không bị khí hoá.

B.3.2 Trường hợp van mở một phần

B.3.2.1 Xác định hệ số khí hoá phần giới

a). Đoạn khe gần vị trí van (đang mở một phần) có $1,6 \leq K_{pg1} \leq 2,2$ lấy theo trị số giới hạn là $K_{pg1} = 2,2$ (thiên an toàn).

b) Đoạn khe gần đáy:

- Mặt trước: Tính theo (2-19) giống như trường hợp van mở hoàn toàn: $K_{pg1} = 1,07$.

- Mặt sau: Tính theo (2-20) với $\delta \approx 0$; $\frac{W'}{\delta} \approx \infty$; $K_W = 1$; các trị số khác như ở

trường hợp trên, ta được:

$$\begin{aligned} K_{pgs} &= A \cdot K_W \cdot K_B [1 + 0,65 (W/h - 1)] \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 1,15 [1 + 0,65 (\frac{0,4}{0,3} - 1)] = 0,56. \end{aligned}$$

B.3.2.2 Xác định hệ số khí hoá thực tế (theo 1-2)

a) Cột nước đặc trưng: $H_{DT} = H_a + h_c$, trong đó:

$$H_a = 10,01 \text{ (ứng với cao độ mặt nước sau van là } 270,3\text{m)}$$

$$h_c - \text{độ sâu co hẹp sau van: } h_c = \alpha a$$

$$a - \text{độ mở van, } a = 0,5\text{m}$$

α - hệ số co hẹp đúng, có thể xác định theo công thức Altsul:

$$\alpha = 0,57 + n \cdot \frac{0,043}{1,1 - \eta};$$

$$\text{ở đây } \eta = \frac{a}{H} = \frac{0,5}{30} = 0,017;$$

$$\text{Thay vào được: } \alpha = 0,61.$$

Từ đó: $h_c = 0,305\text{m}$

$$H_{DT} = 10,01 + 0,305 = 10,315 \text{ m.}$$

b) Cột nước áp lực phần giới:

$$\text{ứng với } T = 25^\circ, \text{ có } H_{pg} = 0,32\text{m.}$$

c) Lưu tốc đặc trưng:

$$V_{DT} = V_C = \varphi \sqrt{2g(H - h_c)}$$

$$\text{ở đây } \varphi = 0,95; H = 30\text{m}; h_c = 0,305\text{m}$$

$$\text{Thay vào được: } V_{DT} = 22,93 \text{ (m/s)}$$

$$\text{Thay tất cả vào (1-2) được } K = 0,373.$$

B.3.2.3 Kiểm tra khí hoá:

a) Đoạn khe gần vị trí van:

$$K < K_{pg1} = 2,2 \Rightarrow \text{phát sinh khí hoá}$$

b) Đoạn khe sát đáy cống:

$$\text{- Mặt trước khe: } K < K_{pg1} = 1,07 \Rightarrow \text{có khí hoá}$$

- Mật sau khe: $K < K_{pgs} = 0,56 \Rightarrow$ có khí hoá

Như vậy ở cả 3 khu vực kiểm tra đều có phát sinh khí hoá cần áp dụng các biện pháp để phòng khí thực.

B.4 Các mô tiêu năng, mô phân dòng

Bài toán: Kiểm tra điều kiện khí hoá dòng chảy tại mô hình tháp bố trí ở đáy bể tiêu năng (hình 2-11, I). Chế độ nối tiếp trong bể là nước chảy ngập với $\sigma_n = 1,1$; chiều sâu nước trên đỉnh mô $h = 4,0\text{m}$; lưu tốc bình quân tại mặt cắt co hẹp $V_c = 15\text{m/s}$; nhiệt độ nước $T = 30^\circ\text{C}$; cao trình đỉnh mô $396,0\text{m}$.

Giải:

B.4.1 Xác định hệ số khí hoá phân giới của mô trường hợp có xét đến nước chảy ngập

$$(K_{pg})_n = K_{pg} - \alpha (\sigma_n - 1);$$

Với loại mô hình tháp có: $\alpha = 0,64$; $K_{pg} = 2,1$ (theo hình 2-11, I).

Với $\sigma_n = 1,1$, thay vào (2-22) được: $(K_{pg})_n = 2,036$.

B.4.2 Xác định hệ số khí hoá thực tế

Theo công thức (1-2) trong đó:

a) Cột nước đặc trưng: $H_{DT} = h + H_a$; $h = 4,0\text{m}$

Cao độ mặt nước = $296,0 + 4,0 = 300,0\text{m} \Rightarrow H_a = 9,98\text{m}$

Thay vào được: $H_{DT} = 13,98\text{m}$

b) Cột nước áp lực phân giới: $H_{pg} = 0,44\text{m}$ (ứng với $T = 30^\circ\text{C}$)

c) Lưu tốc đặc trưng: $V_{DT} = V_c = 15\text{m/s}$

Thay tất cả vào (1-2) được: $K = 1,18$

Như vậy có $K < (K_{pg})_n$, tại mô tiêu năng sẽ phát sinh khí hoá, cần có biện pháp để phòng khí thực phá hoại mô.

Phụ lục C. Ví dụ tính toán kiểm tra khả năng khí thực và giải pháp phòng khí thực trên dốc nước (Tham khảo)

C.1 Tài liệu ban đầu

- Dốc nước sau đập tràn có sơ đồ như hình C.1
- Chiều dài từ ngưỡng tràn đến đầu dốc $L_n = 38.0\text{m}$;
- Chiều dài dốc: $L_d = 220\text{m}$ (trên mặt bằng);
- Độ dốc $i = 0,2$; góc dốc $\varphi = 11.3^\circ$;
- Vật liệu thân dốc: BTCT M30;
- Độ nhám bề mặt: $n = 0.017$ ($\Delta = 0.5\text{mm}$);
- Gồ ghề cục bộ tại các khớp nối (dự kiến): $Z_m = 6\text{mm}$;
- Cao độ đầu dốc: $\nabla_d = 95,90$;
- Mặt cắt ngang dốc: chữ nhật, $B = 67,0\text{m}$;
- Lưu lượng thiết kế: $Q_{TK} = 8200 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Độ sâu đầu dốc: $h_d = 5,44\text{m}$;
- Hình thức tiêu năng cuối dốc: mũi phun.

C.2 Kiểm tra khả năng khí hoá dòng chảy trên dốc khi tháo lưu lượng thiết kế

C.2.1 Vẽ đường mặt nước trên dốc

Dùng phương pháp sai phân, xuất phát từ mặt cắt đầu dốc, tính độ sâu nước tại các mặt cắt tiếp theo bằng cách thử dần theo phương trình:

$$\Delta L = \frac{\Delta E}{i - J_{TB}} \quad (\text{C-1})$$

Trong đó:

ΔL - Khoảng cách (theo phương ngang) giữa 2 mặt cắt tính toán;

$\Delta E = E_2 - E_1$;

$E_2 = h_2 + \frac{V_2^2}{2g}$; $E_1 = h_1 + \frac{V_1^2}{2g}$;

h_1, h_2 : Độ sâu tương ứng tại mặt cắt 1 (đầu đoạn) và 2 (cuối đoạn);

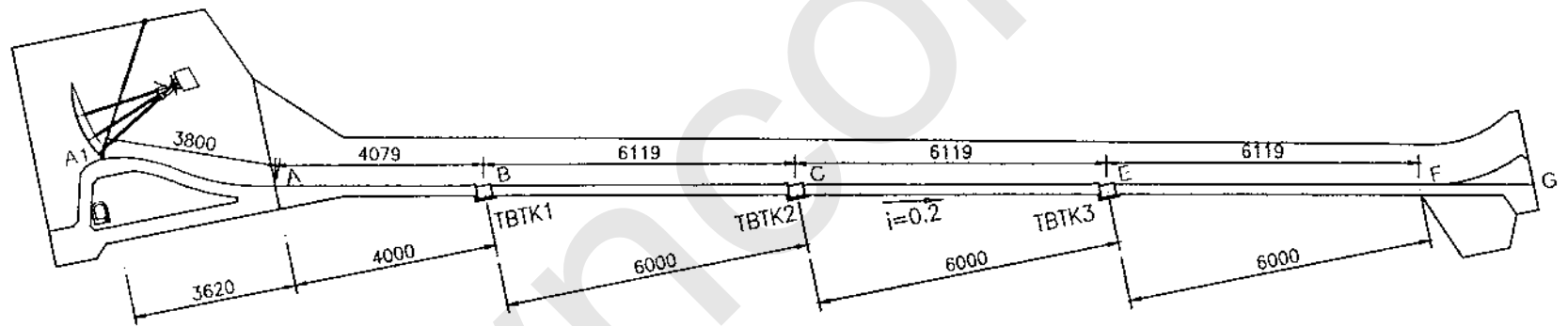
V_1, V_2 : Lưu tốc bình quân tại mặt cắt 1 và 2;

i : Độ dốc đáy dốc nước;

$J_{TB} = (J_1 + J_2)/2$;

J_1, J_2 : Độ dốc thủy lực tại mặt cắt 1 và 2.

Kết quả tính và vẽ đường mặt nước như trên bảng C.1



Hình C.1. Sơ đồ dốc nước sau đập tràn

Bảng C.1. Vẽ đường mặt nước trên dốc với $Q = 8200\text{m}^3/\text{s}$, $h_1 = 5,44\text{m}$

Mặt cắt	h (m)	Z (m)	ω (m ²)	R (m)	$C\sqrt{R}$	V(m/s)	J	J_{TB}	$i - J_{TB}$	E	ΔE	ΔL	L
1	5,44	77,87	364,30	4,68	152,92	22,51	0,0217			31,2657			0
2	5,10	77,20	341,70	4,43	147,27	24,00	0,0265	0,0241	0,1759	34,4578	3,1921	18,15	18,15
3	4,80	76,60	321,60	4,20	143,15	25,50	0,0317	0,0291	0,1709	37,9422	3,4844	20,39	38,54
4	4,50	76,00	301,50	3,97	138,32	27,20	0,0387	0,0352	0,1648	42,2085	4,2663	25,89	64,43
5	4,25	75,50	284,75	3,77	133,99	28,80	0,0462	0,0424	0,1576	46,5252	4,3167	27,39	91,82
6	4,05	75,10	271,35	3,61	130,50	30,22	0,0536	0,0499	0,1501	50,5968	4,0716	27,12	118,94
7	3,90	74,80	261,30	3,49	127,83	31,38	0,0605	0,0570	0,1430	54,0888	3,4920	24,42	143,36
8	3,75	74,50	251,25	3,37	125,11	32,64	0,0681	0,0642	0,1358	58,0502	3,9614	29,17	172,53
9	3,65	74,30	244,55	3,29	123,28	33,53	0,0740	0,0710	0,1290	60,9551	2,9049	22,52	195,05
10	3,56	74,12	238,52	3,22	121,67	34,38	0,0798	0,0769	0,1231	63,8038	2,8487	23,15	218,20

C.2.2 Xác định hệ số khí hoá phân giới

Với giả thiết tại các khớp nối đo lún không đều giữa các đoạn sẽ phát sinh bậc lồi (hay bậc thụt) với chiều cao không chế $Z_m = 6\text{mm}$, góc $\alpha = 90^\circ$. Khi đó hệ số khí hoá phân giới (tính cho trường hợp bất lợi nhất là bậc lồi) sẽ là:

$$K_{pg} = 0,125 \alpha^{0,65} = 2,33.$$

C.2.3 Xác định hệ số khí hoá thực tế tại các mặt cắt tính toán :

Theo công thức (1-2):
$$K = \frac{H_{DT} - H_{pg}}{V_{DT}^2 / 2g};$$

$$H_{DT} = H_a + h \cos\psi;$$

h - độ sâu nước tại mặt cắt;

H_a - cột nước áp lực khí trời, tương ứng với cao độ mặt nước tại mặt cắt ($Z_{ma} = Z_{đáy} + h$);

$$H_{pg} = 0,44\text{m (ứng với } T = 30^\circ\text{C)};$$

Theo công thức (2-13)
$$V_{DT} = V_y = \frac{V}{\varphi_r} \sqrt{\xi_1 \cdot \xi_2}$$

Sử dụng các biểu đồ hình (2.6) để xác định ξ_1, ξ_2, δ từ đó tính φ_r theo công thức (2-14). Thay vào (2-13) tìm được V_{DT} , từ đó xác định K theo công thức (1-2)

Kết quả tính toán được ghi trên bảng C.2. Từ kết quả này cho thấy tại các mặt cắt tính toán đều có $K < K_{pg} = 2,33$. Vậy tại các mặt cắt đều có khí hoá dòng chảy, nếu tồn tại các gồ ghề cục bộ như mô tả ở phần tài liệu ban đầu.

C.3 Kiểm tra khả năng khí thực trên dốc nước

Khi khí hoá được duy trì trong thời gian đủ dài, và dòng chảy có lưu tốc cục bộ tại đỉnh mấu gồ ghề $V_{DT} > V_{ng}$ thì thành dốc nước có khả năng bị xâm thực.

Trị số V_{DT} lấy theo bảng C.2, còn trị số V_{ng} tra theo đồ thị hình (1.1). Với bê tông bề mặt lòng dẫn có $R_b = 30 \text{ MPa}$; độ hàm khí trong nước $S = 0$. ta có: $V_{ng} = 13,0 \text{ m/s}$.

Từ các giá trị V_{DT} ở bảng C.2 cho thấy

- Tại mặt cắt 4 có $V_{DT} < V_{ng} \Rightarrow$ không bị xâm thực

- Tại mặt cắt 5 có $V_{DT} > V_{ng} \Rightarrow$ có khả năng xâm thực:

Bảng nội suy từ biểu đồ lưu tốc V_{DT} dọc theo dòng chảy, xác định được mặt cắt có $V_{DT} = V_{ng} = 13\text{m/s}$ là mặt cắt B (nằm giữa mặt cắt 4 và 5) cách đầu dốc một khoảng $L_B = 70,4\text{m}$.

Đoạn từ mặt cắt B đến cuối dốc cần có biện pháp bảo vệ chống khí thực.

Bảng C.2. Kiểm tra khả năng khí hoá tại các mặt cắt tính toán

Mặt cắt	h (m)	Z _{mn} (m)	H _a (m)	H _{DT} (m)	L* (m)	L*/Δ (10 ⁴)	δ/Δ (10 ³)	δ (m)	ξ ₂ (10 ⁻³)	ξ ₁	φ _v	V _{DT} (m/s)	K	Khả năng khí hoá
1	5,44	101,23	10,23	15,56	38,0	7,60	0,94	0,470	1,12	222	0,990	11,34	2,307	Có
2	5,10	97,27	10,23	15,23	56,2	11,24	1,43	0,715	1,05	222	0,984	11,78	2,091	Có
3	4,80	92,90	10,24	14,95	76,5	15,30	1,98	0,990	1,00	222	0,977	12,30	1,882	Có
4	4,50	87,43	10,24	14,65	102,4	20,48	2,54	1,270	0,95	222	0,971	12,86	1,686	Có
5	4,25	81,70	10,25	14,42	129,8	25,96	3,10	1,550	0,92	222	0,964	13,50	1,505	Có
6	4,05	76,08	10,25	14,22	156,9	31,38	3,56	1,780	0,90	222	0,957	14,11	1,358	Có
7	3,90	71,05	10,26	14,08	181,4	36,28	4,20	2,100	0,88	222	0,948	14,63	1,250	Có
8	3,75	65,07	10,26	13,94	210,5	42,10	4,96	2,480	0,86	222	0,938	15,20	1,146	Có
9	3,65	60,45	10,27	13,85	233,0	46,60	5,28	2,640	0,85	222	0,933	15,61	1,080	Có
10	3,56	55,75	10,27	13,76	256,2	51,24	5,80	2,900	0,84	222	0,926	16,03	1,017	Có

Ghi chú: L* - chiều dài đoạn dòng chảy từ ngưỡng tràn đến mặt cắt tính toán; với công trình đang xét, L* = L + 38,0 (m), trong đó L là chiều dài đoạn dòng chảy từ mặt cắt đầu dốc (mặt cắt 1) đến mặt cắt tính toán.

C.4 Thiết kế biện pháp chống khí thực

C.4.1 Lựa chọn hình thức công trình

Để đề phòng khí thực trên đoạn dốc sau mặt cắt B, có thể xem xét các phương án sau:

a) Làm mố nhám gia cường để tăng hệ số nhám, từ đó giảm lưu tốc dòng chảy trên dốc. Biện pháp này cho hiệu quả tốt với những dốc có chiều sâu dòng chảy trên đó không lớn ($h \leq 2\text{m}$).

Với trường hợp đang xét, dòng chảy có độ sâu h khá lớn ($h > 3,5\text{m}$) do đó dùng mố nhám gia cường sẽ kém hiệu quả, dẫn đến khối lượng công trình tăng nhiều, không kinh tế.

b) Tăng cường độ bê tông thân dốc. Phương án hiện tại đã dùng bê tông M30. Có thể xem xét sử dụng bê tông M35 hoặc M40.

- Nếu dùng M35, tương ứng $V_{ng} = 14,5\text{m/s}$, tức đoạn sau mặt cắt 6 đến cuối dốc vẫn phải xử lý chống xâm thực.

- Nếu dùng M40, tương ứng $V_{ng} = 17,3\text{m/s}$, khi đó trên toàn dốc sẽ có $V_{DT} < V_{ng}$, đảm bảo không có khí thực.

Tuy nhiên, muốn đạt được bê tông M40 cần phải sử dụng phụ gia tăng cường độ và có công nghệ thi công thích hợp. Phương án này cần được đưa vào để so sánh lựa chọn.

c) Bố trí thiết kế máng trộn khí trên dốc. Giải pháp này đã được sử dụng có kết quả trên nhiều công trình tháo nước có quy mô lớn. Với công trình đang xét ở ví dụ này thì giải pháp thiết bị máng trộn khí trên dốc cũng là một phương án cần được tính toán để so sánh lựa chọn.

C.4.2 Tính toán bộ phận tiếp khí (BPTK)

C.4.2.1 Bố trí các BPTK trên dốc

Theo tính toán ở mục trên thì đoạn dốc nước từ sau mặt cắt B (cách đầu dốc 70,4 m) cần được bảo vệ chống khí thực. Để đảm bảo an toàn cho thân dốc, bố trí các BPTK như sau:

- BPTK 1 đặt tại mặt cắt M_1 , cách đầu dốc 40m;
- BPTK 2 đặt tại mặt cắt M_2 , cách đầu dốc 100m;
- BPTK 3 đặt tại mặt cắt M_3 , cách đầu dốc 160m.

Theo cách bố trí này, chiều dài bảo vệ L_p của các BPTK là bằng nhau và bằng 60,0m.

Trong thực tế thiết kế cần tính toán với một số phương án bố trí khác nhau để so sánh và chọn phương án hợp lý nhất.

Với phương án bố trí đã nêu, nội suy từ đường mặt nước (bảng C.1) ta có các thông số thủy lực tại các mặt cắt có bố trí BPTK như sau:

Bảng C.3. Thông số tính toán các BPTK

Vị trí	L (m)	L_p (m)	h (m)	V (m/s)	Fr	\sqrt{Fr}
BPTK 1	40	60	4,78	25,60	13,98	3,74
BPTK 2	100	60	4,19	29,21	20,76	4,56
BPTK 3	160	60	3,81	32,12	27,60	5,25

Ghi chú: L - khoảng cách từ đầu dốc đến vị trí đặt BPTK; L_p - chiều dài cần bảo vệ sau từng BPTK.

C.4.2.2 Tính toán BPTK 1

1. Xác định chiều cao mũi hắt Z_m theo công thức (4.1): $Z_m = \frac{L_p \cdot \cos 2\psi}{25(\sqrt{Fr} - 1)}$

ở đây có $L_p = 60,0\text{m}$; $\psi = 11,3^\circ$; $\cos 2\psi = 0,9232$; $Fr = 13,98$

Thay vào được: $Z_m = 0,81$
(m)

2. Chọn độ nghiêng mũi hắt:

Sơ đồ bố trí mũi như trên hình C.2.

Chọn chiều dài mũi $L_m = 3,0\text{m}$.

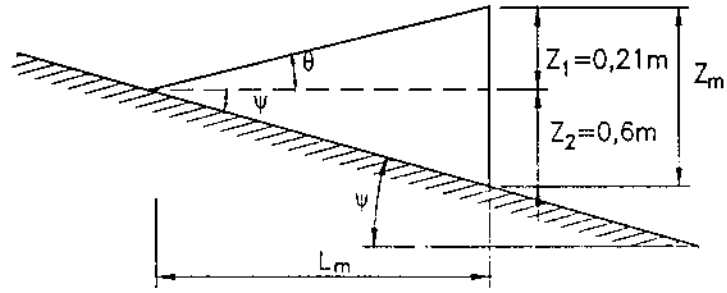
Với độ dốc dọc $\tan\psi = 0,2$, ta có:

$$Z_1 = 3,0 \times 0,2 = 0,6\text{m};$$

$$Z_2 = Z_m - Z_1 = 0,21\text{m};$$

$$\tan\theta = Z_2/L_m = 0,07;$$

Do đó $\theta = 4^\circ$ (mũi dốc ngược)



Hình C.2. Bố trí mũi hắt tại BPTK 1

3. Tính chiều dài buồng khí sau mũi hắt:

Theo công thức (4-2) ta có: $L_b = 18,6\text{m}$.

4. Xác định lưu lượng khí đơn vị cần cấp:

$$q_a = 0,033V.L_b;$$

trong đó: $V = 25,6\text{m/s}$; $L_b = 18,6\text{m}$. Từ đó, $q_a = 15,71\text{m}^3/\text{s.m}$

5. Tính lưu lượng khí tổng cộng:

$$Q_a = q_a B = 1052,8 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

6. Tính diện tích tổng cộng của mặt cắt ngang các ống dẫn khí:

$$\omega_a = \frac{Q_a}{V_a};$$

Chọn $V_a = 50\text{m/s}$, ta có $\omega_a = 21,06 \text{ (m}^2\text{)}$

Do trị số ω_a lớn, nếu chỉ làm 2 ống ở 2 thành bên thì kích thước mỗi ống phải quá lớn, khó bố trí và không kinh tế.

Giải pháp hợp lý hơn là bố trí thêm 2 trụ trung gian ở trong lòng dẫn (tại vị trí BPTK), chia bề rộng lòng dẫn thành 3 khoang đều nhau. Chiều dày mỗi trụ $d = 3,0\text{m}$, tại đây bố trí ống thông khí nối với buồng khí ở đáy lòng dẫn phía sau mũi hắt.

Như vậy, tổng cộng có 4 ống thông khí (2 ống ở tường bên, 2 ống ở trụ). Bố trí kích thước các ống là như nhau, diện tích tối thiểu mỗi ống phải là:

$$\omega_{a_i} = \frac{\omega_a}{4} = 5,265 \text{ (m}^2\text{)}$$

7. Chọn kích thước ống: $B_a \times t_a = 3,5 \times 1,6\text{m}$, trong đó:

B_a - cạnh của mặt cắt ngang ống theo chiều dòng chảy

t_a - cạnh của mặt cắt ống theo chiều vuông góc với mặt bên của tường hay trụ.

Với kích thước ống đã chọn, vận tốc khí trong ống sẽ là:

$$V_a = \frac{Q_a}{4.B_a.t_a} = 47,0 \text{ (m/s)}$$

8. Xác định độ chân không ở trong buồng khí:

Theo công thức (4-7): $h_{v_k} = \frac{V_a^2}{2g.\mu_a^2} \cdot \frac{\gamma_a}{\gamma}$

ở đây: $V_a = 47,0 \text{ m/s}$; $\frac{\gamma_a}{\gamma} = \frac{1}{780}$

Trị số μ_a xác định theo công thức thủy lực (4-8) trong đó các hệ số tổn thất áp lực như sau:

- Tổn thất tại cửa vào: $\xi_{cv} = 0,5$ (cửa vào không thuận);
- Tổn thất tại vị trí uốn cong gấp 90° (trục ống từ thẳng đứng chuyển sang nằm ngang ở đáy dốc): $\xi_u = 1,1$;

- Tổn thất áp lực dọc đường: tính với chiều dài ống $L_a = H_1 + \frac{t_a}{2} + \frac{B_1}{2} + 2t_1$, trong đó:

H_1 - Chiều cao thành lòng dẫn, $H_1 = 8,0\text{m}$

t_a - Chiều rộng mặt cắt ống thông khí: $t_a = 1,6\text{m}$

B_1 - Bề rộng của mỗi khoang, ở đây có:

$$B_1 = \frac{B - 2d}{3} = 20,33 \text{ (cm)};$$

t_1 - Chiều dày thành ống dẫn trong trụ và thành bên, chọn $t_1 = 0,7\text{m}$;

Thay vào được: $L_a = 20,4\text{m}$

Mặt cắt ống có $B_a = 3,5\text{m}$, $t_a = 1,6\text{m}$; $\chi_a = 10,2\text{m}$; $\omega_{a1} = 5,6\text{m}^2$, $R = 0,549\text{m}$; $C\sqrt{R} = 40,20$

Hệ số tổn thất áp lực dọc đường:

$$\xi_d = \frac{2gL_a}{C^2R} = 0,25;$$

Như vậy ống có $\sum \xi_i = 1,85$;

$$\mu_a = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i}} = 0,592;$$

Thay vào (4-7) được: $h_{ck} = 0,41\text{m}$

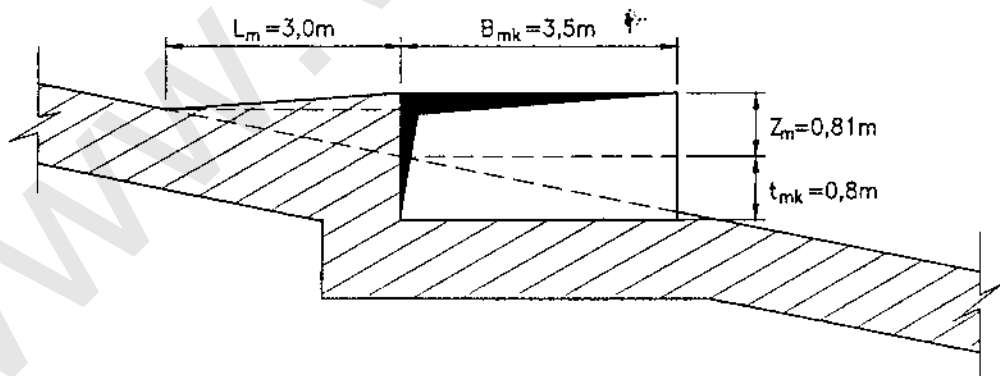
Trị số $h_{ck} < 0,5\text{m}$, đảm bảo điều kiện làm việc ổn định của đường tháo.

9. Tính toán kích thước máng dẫn khí ở đáy, sau mũi hắt

- Bề rộng máng: $B_{mk} = B_a = 3,5\text{m}$;

- Chiều sâu: $t_{mk} = t_a - Z_m$;

ở đây có $t_a = 1,6\text{m}$; $Z_m = 0,81\text{m}$. Vậy chọn $t_{mk} = 0,8\text{m}$.



Hình C.3. Bố trí mũi hắt và máng dẫn khí (BPTK 1)

10. Tính chiều cao lớn nhất của buồng khí

$$\text{Theo công thức (4-10)} \quad h_b = Z_m + \frac{V^2}{2g} \cdot \cos^2 \theta \cdot (\text{tg} \theta + \text{tg} \psi)^2$$

ở đây có: $Z_m = 0,81\text{m}$; $V = 25,6\text{m/s}$; $\cos \theta = 0,9976$; $\text{tg} \theta = 0,0699$; $\text{tg} \psi = 0,2$;

Thay vào được: $h_b = 3,23\text{m}$.

(Trị số h_b là 1 yếu tố để xác định chiều cao tường bên của dốc nước).

Với các BPTK khác cũng tính tương tự. Kết quả tính toán ghi trên bảng C.4.

Bảng C.4. Kết quả tính toán các BPTK

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	BPTK 1	BPTK 2	BPTK 3
Vị trí đặt	L	m	40,0	100,0	160,0
Chiều cao mũi hắt	Z_{m1}	m	0,81	0,62	0,52
Chiều dài mũi hắt	L_m	m	3,0	2,6	2,3
Góc nghiêng mũi	θ	độ	$4,0^0$	$2,2^0$	$1,5^0$
Chiều dài buồng khí	L_b	m	18,6	16,3	14,3
Lưu lượng khí	Q_a	m^3/s	1052,8	1052,7	1015,1
Số ống dẫn khí	n		4	4	4
Kích thước 1 ống	$B_d \times t_d$	m	3,5 x 1,6	3,5 x 1,6	3,5 x 1,6
Độ chân không	h_{CK}	m	0,41	0,41	0,41
Bề rộng máng khí	B_{mk}	m	35	3,5	3,5
Chiều sâu máng	t_{mk}	m	0,8	1,0	1,1
Chiều cao buồng khí	h_b	m	3,23	3,09	3,20

Phụ lục D. Ví dụ tính toán bộ phận tiếp khí tại buồng van của cống dưới sâu (Tham khảo)

D.1 Tài liệu ban đầu

- Cống hộp BTCT dưới đập đất X có nhiệm vụ tháo nước thường xuyên và kết hợp dẫn dòng thi công.
- Mặt cắt ngang cống: $B \times H = 2,2 \times 2,2$ m
- Van công tác là van phẳng đặt trong tháp, có thiết bị kín nước phía sau;
- Kích thước khe van: $W = 0,3\text{m}$; $h = 0,25\text{m}$;
- Bậc thụt sau cửa van có $Z_b = 0,2\text{m}$;
- Cao trình đáy cống tại tháp: $136,5\text{m}$;
- Cao trình trần cống sau tháp: $138,5\text{m}$;
- Cao trình cửa vào ống thông khí: $163,5\text{m}$;
- Trường hợp đang xét có mực nước thượng lưu $Z_{TL} = 161,8$; độ mở cửa cống: $a = 1,0\text{m}$, lưu lượng $Q = 28,14\text{m}^3/\text{s}$. Sau cửa van có đoạn chảy xiết không ngập, tiếp đến là nước nhảy, và sau nước nhảy là đoạn cống chảy có áp. Độ sâu trước nước nhảy là $h_1 = 0,8\text{m}$ (theo kết quả tính toán thủy lực).

Yêu cầu tính toán thông khí để đảm bảo chế độ chảy ổn định trong cống.

D.2 Tính toán ống thông khí chính

D.2.1 Bố trí: ống thông khí chính có tuyến thẳng đứng, cửa vào đặt ở cao trình $163,5\text{m}$ (cao hơn mực nước lớn nhất ở thượng lưu), cửa ra ở cao trình trần cống ($138,5\text{m}$) để tiếp khí cho khoảng không sau cửa van.

D.2.2 Tính toán lưu lượng thông khí cần thiết

Trong trường hợp này tính theo công thức (4-15): $Q_{ak} = Q_{aB} + Q_{ac} + Q_{ax}$;

a) Tính Q_{aB} (lưu lượng khí cần cấp cho vùng tách dòng sau khe van và bậc thụt).

Vùng tách dòng bao gồm:

- Sau khe van, phần nước qua:

$$Q_{aB1} = 0,1 (2a \times h) \cdot V ;$$

- Sau bậc thụt:

$$Q_{aB2} = 0,1 (B \times Z_b) \cdot V ;$$

$$\text{Từ đó: } Q_{aB} = Q_{aB1} + Q_{aB2} = 0,1 (2ah + BZ_b)V \quad (D-1)$$

ở đây:

a - độ mở van, $a = 1,0\text{m}$;

h - chiều sâu khe van, $h = 0,25\text{m}$;

B - bề rộng cống, $B = 2,2\text{m}$;

Z_b - chiều cao bậc, $Z_b = 0,2\text{m}$;

V - Lưu tốc bình quân dòng chảy dưới cửa van;

$$V = \frac{Q}{B \cdot a} = \frac{28,14}{2,2 \times 1,0} = 12,79(\text{m/s})$$

Thay vào (D-1) được $Q_{aB} = 1,20 \text{ m}^3/\text{s}$

b) Tính Q_{ac} (lưu lượng do tự hàm khí) theo công thức (4-13):

$$Q_{ac} = 0,04 \cdot \sqrt{Fr_R - 40} \cdot Q ;$$

ở đây: $Q = 28,14\text{m}^3/\text{s}$;

$$\text{Tính theo công thức (4-14): } Fr_R = \frac{V_c^2}{gR} ;$$

$$V_c - \text{lưu tốc bình quân tại mặt cắt co hẹp sau cửa van: } V_c = \frac{Q}{Bh_c}$$

h_c - độ sâu co hẹp, $h_c = \alpha \cdot a$;

H - cột nước trước cửa van, bỏ qua lưu tốc tới gần và tổn thất cột nước do ma sát ở đoạn cống trước đập, ta có:

$$H = Z_{\text{TL}} - \nabla_{\text{đáy cống tại đập}} = 161,8 - 136,5 = 25,3 \text{ (m)}$$

α - hệ số co hẹp đứng, phụ thuộc vào tỷ số a/H , tra theo bảng của Jucopxki (sổ tay thủy lực);

$$\text{ở đây } a/H = 1/25,3 = 0,04 \text{ ứng với } \alpha = 0,613;$$

$$\text{Từ đó: } h_c = 0,613 \times 1,0 = 0,613 \text{ (m).}$$

Tại mặt cắt co hẹp có:

$$\chi = 2 \cdot h_c + B = 3,426 \text{ (m);}$$

$$\omega = B \cdot h_c = 1,3486 \text{ (m}^2\text{);}$$

$$R = \omega / \chi = 0,394 \text{ (m);}$$

$$\text{Thay vào (4-14) được: } Fr_R = 112,7.$$

$$\text{Thay vào (4-13) được } Q_{ax} = 9,60 \text{ m}^3/\text{s}.$$

c) Tính Q_{ax} (lưu lượng khí bị cuốn vào tại vị trí nước nhảy) theo công thức (4-16):

$$Q_{ax} = 0,012 ((\sqrt{Fr_1} - 1)^{1,4} \cdot Q$$

Tại mặt cắt trước nước chảy có $h_1 = 0,8\text{m}$

$$V_1 = \frac{Q}{Bh_1} = 15,99 \text{ (m/s);}$$

$$Fr_1 = \frac{V_1^2}{gh_1} = 32,57;$$

$$\text{Thay vào (4-16) được: } Q_{ax} = 2,96 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$\text{Thay tất cả vào (4-15) được: } Q_{ak} = 13,8 \text{ m}^3/\text{s}.$$

D.2.3 Tính toán kích thước ống dẫn khí chính

- Chọn vận tốc dòng khí trong ống: $V_{ak} = 43\text{m/s}$;

- Diện tích mặt cắt ngang: $\omega_{ak} = Q_{ak}/V_{ak} = 0,32 \text{ m}^2$;

- Chọn kích thước mặt cắt ngang ống:

$$B_a \times t_a = 0,8 \times 0,4\text{m}$$

D.2.4 Tính toán độ chân không ở khoảng trống sau cửa van

$$\text{Theo công thức (4-7): } h_{ck} = \frac{V_{ak}^2}{2g \cdot \mu_{ak}^2} \cdot \frac{\gamma_a}{\gamma}$$

$$\text{ở đây } V_{ak} = 43 \text{ m/s}; \frac{\gamma_a}{\gamma} = \frac{1}{780};$$

$$\text{Theo công thức (4-8): } \mu_{ak} = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i}}$$

Các hệ số tổn thất áp lực qua ống dẫn khí chính bao gồm:

- Tổn thất tại cửa vào: $\xi_{cv} = 0,5$ (cửa vào không thuận)

- Tổn thất dọc đường: $\xi_d = \frac{2gL_k}{C^2R}$ (D-2)

L_k - chiều dài ống thông khí chính:

$$L_k = \nabla_{\text{cửa vào}} - \nabla_{\text{cửa ra}} = 25,0 \text{ (m)}$$

Mặt cắt ngang ống dẫn khí chính có: $B_a = 0,8\text{m}$; $t_a = 0,4\text{m}$; $\chi = 2,4\text{m}$; $\omega_{ak} = 0,32\text{m}^2$; $R = 0,133\text{m}$;

Tra sổ tay thủy lực với $n = 0,014$ được $C\sqrt{R} = 20,38$;

Thay vào (D-2) được: $\xi_d = 1,181$;

Thay vào (4-8) được: $\mu_{ak} = 0,61$.

Từ (4-7) xác định được: $h_{ck} = 0,32m$.

Như vậy có $h_{ck} < 0,5m$, đảm bảo chế độ chảy ổn định trong cống.

D.3 Tính toán ống thông khí xuống bậc thụt ở đáy

D.3.1 Bố trí: Đặt 2 ống thông khí ở 2 thành bên cống.

- Cửa vào: đặt sát trần cống, ở mặt cắt sau van;
- Cửa ra: đặt ở đầu bậc thụt (vị trí bản đáy giáp với thành bên);
- Tổng chiều dài 1 ống: $L_u = 3,0m$;
- Trên mỗi ống có 2 vị trí cong gấp với góc đổi hướng $\alpha = 90^\circ$.

D.3.2 Tính toán kích thước ống dẫn khí

- Lưu tốc khí dẫn trong 1 ống:

$$Q_{ak} = Q_{aB}/2 = 0,6 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

- Chọn lưu tốc khí trong ống $V_a = 40m/s$;

- Diện tích mặt cắt ngang ống:

$$\omega_{a1} = Q_{a1}/V_a = 0,015 \text{ (m}^2\text{)}$$

- Chọn loại ống mặt cắt tròn, đường kính $d_1 = 2\sqrt{\omega_{a1}/\pi} = 0,14 \text{ (m)}$

D.3.3 Tính toán độ chân không phía sau bậc thụt

Theo công thức (4-19): $\Delta h = \frac{V_a^2}{2g \cdot \mu_a} \cdot \frac{\gamma_a}{\gamma}$;

Trong đó: Δh là chênh lệch cột nước áp lực giữa khoảng không ở trần cống và ở sau bậc thụt.

ở đây có $V_a = 40m/s$;

Các hệ số tổn thất áp lực trên ống:

- Tại cửa vào: $\xi_{cv} = 0,5$ (cửa vào không thuận);
- Tại chỗ uốn cong: $\xi_{cong} = 2 \times 1,1 = 2,2$;
- Dọc đường: ống có bán kính thủy lực

$$R_1 = d_1/4 = 0,035 \text{ (m)}; \text{ với } n = 0,014 \text{ tương ứng có } C\sqrt{R} = 8,54$$

$$\text{Từ đó } \xi_d = \frac{2gL_a}{C^2R} = 0,81;$$

$$\mu_a = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \xi_i}} = 0,47;$$

Thay vào (4-19) được: $\Delta h = 0,47m$.

Độ chân không ở khoảng trống sau bậc thụt:

$$h_{ck1} = h_{ck} + \Delta h = 0,79 \text{ (m)}$$

Ta có $h_{ck1} < 1,0m$; đảm bảo chế độ làm việc an toàn.

Ghi chú: Trong thực tế thiết kế, cần tính toán với nhiều chế độ mở cống khác nhau để chọn được kích thước ống dẫn khí (ω_{ak} và ω_{a1}) an toàn nhất. *Ulee*

KT. BỘ TRƯỞNG
THỨ TRƯỞNG



Nguyễn Ngọc Thuật

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
14TCN 197 : 2006	
CÔNG TRÌNH THỦY LỢI - CỐNG LẤY NƯỚC BẰNG THÉP BỌC BÊ TÔNG BÊ TÔNG CỐT THÉP - HƯỚNG DẪN THIẾT KẾ	1
1 Quy định chung	1
2 Các yêu cầu về thiết kế	2
3 Một số chỉ dẫn về cấu tạo chi tiết	6
Phụ lục A. Thuật toán tính thủy lực cống dới đập có van điều tiết ở hạ lưu (tham khảo)	10
Phụ lục B. Đặc tính thủy lực của một số loại van bố trí cuối cống thép (tham khảo)	22
14TCN 198 - 2006	
CÔNG TRÌNH THỦY LỢI - CÁC CÔNG TRÌNH THÁO NƯỚC - HƯỚNG DẪN TÍNH KHÍ THỰC	25
1 Quy định chung	25
2 Kiểm tra sự xuất hiện khí hoá trên các bộ phận của công trình tháo nước	28
3 Kiểm tra khả năng xâm thực bề mặt lòng dẫn	44
4 Giải pháp phòng khí thực bằng cách tiếp không khí vào dòng chảy	44
Phụ lục A. Đồ thị xác định trị số V_{cp} của lòng dẫn bê tông, mặt cát chữ nhật, ứng với độ hàm khí trong nước $S=0$ (tham khảo)	54
Phụ lục B. Ví dụ kiểm tra khí hoá trên các bộ phận của CTTN (tham khảo)	67
Phụ lục C. Ví dụ tính toán kiểm tra khả năng khí thực và giải pháp phòng khí thực trên dốc nước (tham khảo)	71
Phụ lục D. Ví dụ tính toán thiết bị tiếp khí tại buồng van của cống dưới sâu (tham khảo)	80

www.vncold.vn