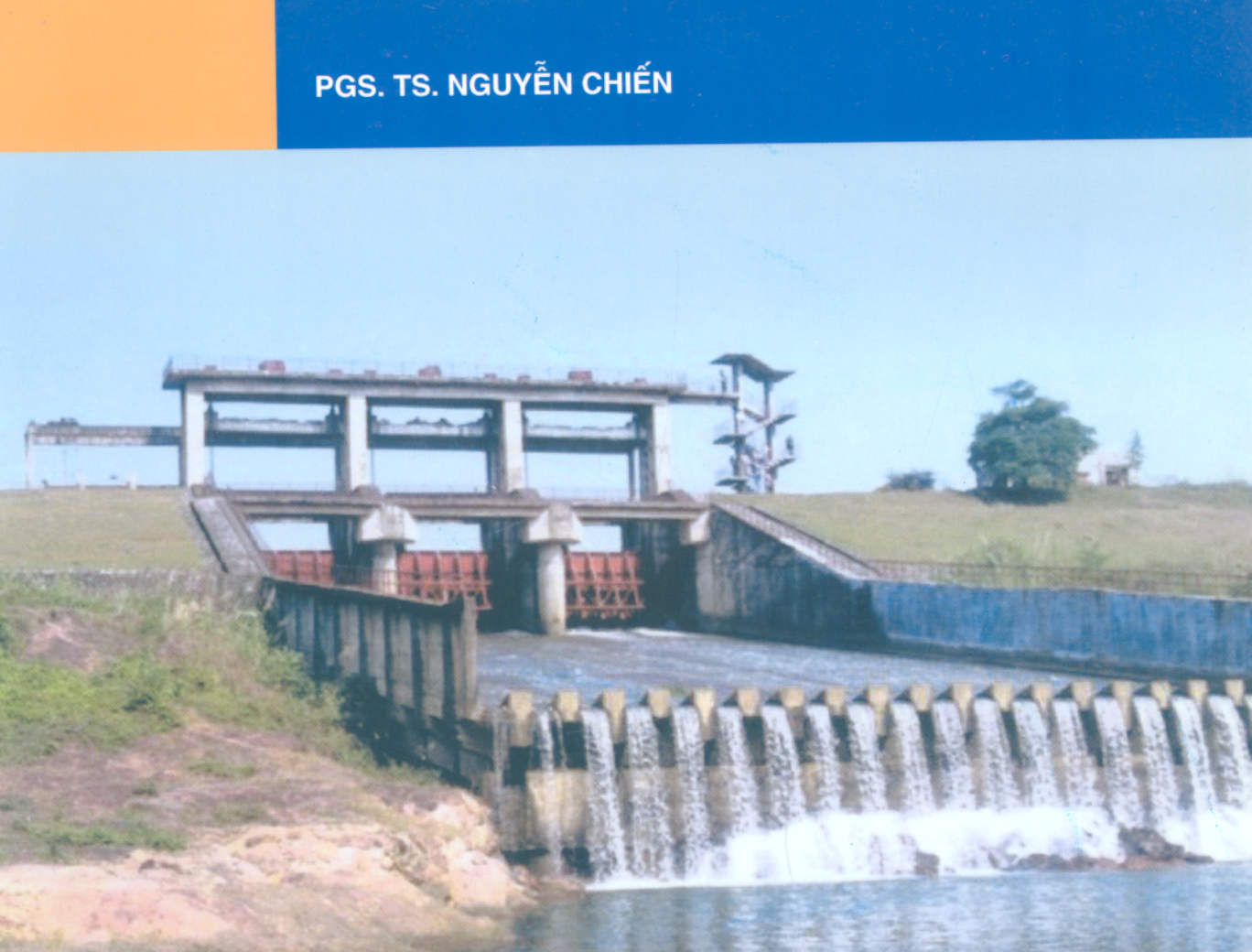


PGS. TS. NGUYỄN CHIẾN



TÍNH TOÁN KHÍ THỰC

CÁC CÔNG TRÌNH THỦY LỢI



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

PGS. TS. NGUYỄN CHIẾN

TÍNH TOÁN
KHÍ THỰC
CÁC CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2003

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm qua, chúng ta đã xây dựng hàng ngàn công trình đầu mối thủy lợi để phục vụ các mục đích dân sinh kinh tế, phát triển đất nước. Trong sự nghiệp công nghiệp hoá, hiện đại hoá nước nhà hiện nay, thủy lợi càng thể hiện vai trò to lớn của mình. Nhiều dự án thủy lợi lớn nhỏ phục vụ cho mục đích phát điện, cấp nước, phòng chống thủy tai, cải tạo môi trường đang được quy hoạch, nghiên cứu, khảo sát, thiết kế và xây dựng.

Do mức độ quan trọng và tính đặc thù của các công trình thủy lợi, những yêu cầu về đảm bảo an toàn và kinh tế trong việc tính toán thiết kế, thi công và quản lý khai thác chúng được đặt ra ngày càng cao. Những yêu cầu này càng cần được đặc biệt quan tâm khi mà thời gian gần đây, môi trường thiên nhiên đã có nhiều biến đổi, những quy luật về mưa, gió, dòng chảy... đã có những chuyển biến bất lợi hơn đối với sự làm việc của công trình.

Công trình tháo xả nước là một trong những hạng mục quan trọng nhất của một hệ thống thủy lợi. Chính ở đây diễn ra sự tương tác giữa dòng chảy và thành rắn. Sự tương tác đó đặc biệt là khi dòng chảy có lưu tốc lớn sẽ gây ra những hệ quả bất lợi cho công trình như mạch động, sóng xung kích, hàm khí, khí thực..., trong đó khí thực là một trong những vấn đề cần được ưu tiên xem xét do những sự cố mà nó gây ra là nghiêm trọng và ngày càng phổ biến.

Đáng chú ý là vấn đề tính toán khí thực các công trình tháo xả nước ở nước ta trong thời gian qua chưa được chú trọng đúng mức. Trong khi đó, những năm gần đây, đã ghi nhận được ngày càng nhiều các sự cố hư hỏng công trình do các nguyên nhân có liên quan đến hiện tượng khí thực như ở đường tràn của các công trình đầu mối Nam Thạch Hãn, Thác Bà, Phú Ninh... Điều này đòi hỏi trong tính toán thiết kế cũng như thi công xây dựng các công trình mới phải đề cập đầy đủ hơn đến vấn đề dự báo khí thực, cũng như áp dụng các biện pháp kỹ thuật chuyên môn để phòng ngừa sự cố. Ngoài ra, ở các công trình đã xây dựng cũng cần phải tiến hành tính toán kiểm tra và áp dụng các biện pháp xử lý khi cần thiết.

Trong cuốn sách này trình bày một cách cô đọng những khái niệm cơ bản về khí hoá và khí thực, những tính toán cần thiết để dự báo sự bắt đầu khí hoá và khí thực, cũng như những giải pháp kỹ thuật để phòng và chống lại hiện tượng này. Cuốn sách được viết trên cơ sở tập hợp các thành tựu nghiên cứu khí thực trên công trình thủy lợi ở nước ngoài mà trước hết là ở Hoa Kỳ, Nga, Trung Quốc..., trong đó có một số kết quả nghiên cứu của tác giả khi làm việc ở phòng thí nghiệm khí thực của trường Đại học Thủy lợi

Mátxcova. Trong sách cũng đề cập đến các kết quả sưu tập, nghiên cứu của tác giả và các cộng sự của mình về những sự cố do khí thực trên các công trình thủy lợi ở Việt Nam và về phương pháp tính toán kiểm tra khả năng khí thực trên các lòng dẫn bê tông và xác định độ gồ ghề cục bộ cho phép ở trên đó.

Nội dung sách bao gồm 4 chương. Trong chương 1 trình bày những khái niệm cơ bản về hiện tượng khí hoá và khí thực, nêu ra các dạng hư hỏng đặc trưng do khí thực ở công trình thủy lợi và một số ví dụ về khí thực trên các công trình tháo xả nước ở Việt Nam.

Chương 2 trình bày các vấn đề về dự báo sự bắt đầu khí hoá dòng chảy trên các bộ phận của công trình xả nước (CTXN) như cửa vào các ống có áp, các mối tiêu năng và phân dòng, các máng gồ ghề trên bề mặt CTXN, các bộ phận của buồng cửa van... Các trị số của hệ số khí hoá phân giới (K_{pg}) ở các bộ phận này thường được xác định từ các thí nghiệm mô hình. Điều quan trọng khi đó là phải phân tích lựa chọn được các số liệu tin cậy từ những phương pháp và thiết bị thí nghiệm khác nhau. Còn khi xác định trị số của hệ số khí hoá hiện tại (K) thì cần chú trọng phương pháp tính lưu tốc và áp lực đặc trưng tương ứng với từng loại vật chảy bao xác định.

Các vấn đề về độ bền khí thực của vật liệu và dự báo khí thực các bộ phận của CTXN được đề cập ở chương 3. Tại đây, các khái niệm về lưu tốc ngưỡng và lưu tốc cho phép không xâm thực đã được trình bày và so sánh; ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau đến độ bền khí thực của vật liệu đã được phân tích, đánh giá. Điều cần chú ý là các số liệu về cường độ khí thực tiêu chuẩn của vật liệu cũng như các thông số đánh giá quá trình xâm thực thường được xác định từ thí nghiệm trong phòng. Do những hạn chế của việc tổ chức thí nghiệm, cũng như sự sai khác của các công trình thực tế so với điều kiện trong phòng, nên các tài liệu thí nghiệm này cần được áp dụng một cách thận trọng, thường kiến nghị sử dụng chúng trong dự báo định hướng chu kỳ xâm thực, cũng như trong việc so sánh các phương án công trình khác nhau.

Trong chương 4 nêu ra các giải pháp ngăn ngừa khí thực nguy hiểm ở các bộ phận của CTXN. Bên cạnh các giải pháp "cổ điển" như giới hạn sự khí hoá dòng chảy ở giai đoạn đầu hay lựa chọn vật liệu theo độ bền khí thực thì các giải pháp hiện đại hơn như dẫn không khí (hay nước) vào miền giảm áp, hay áp dụng các kết cấu "phì khí thực" đã được quan tâm xem xét. Đáng chú ý là các biện pháp dẫn không khí vào miền giảm áp đã được trình bày khá phong phú trong các chỉ dẫn về tính toán khí thực các CTXN ở Liên Xô (cũ) [38, 51], Trung Quốc [18]... Ngoài ra vấn đề nâng cao chất lượng thi công cũng được xem xét như là một giải pháp để ngăn ngừa khí thực trên các bộ phận công trình có dòng cao tốc chảy qua.

Do tính chất phức tạp của quá trình khí hoá và khí thực, tính thiếu hệ thống của các tài liệu nghiên cứu thí nghiệm trong phòng cũng như số liệu thu thập từ các công trình thực tế, những khía cạnh khác nhau của khí thực đã được đề cập và phân tích ở mức độ khác nhau.

Trong mỗi vấn đề nêu ra, tác giả đã đề cập phương pháp giải quyết cùng với việc cung cấp các số liệu nghiên cứu thực nghiệm để độc giả tham khảo. Ở một số phần tính toán (chương 2, chương 3) còn đưa ra các ví dụ để tiện áp dụng trong thực tế.

Sách được viết nhằm phục vụ các nghiên cứu sinh và học viên cao học thuộc chuyên ngành thuỷ công, cũng như các kỹ sư thiết kế công trình thuỷ lợi. Cuốn sách cũng có thể đáp ứng một phần sự quan tâm của các nhà nghiên cứu thuỷ lực công trình.

Tác giả xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc của mình tới nhà hoạt động khoa học kỹ thuật công huân của Cộng hoà Liên bang Nga, giáo sư, tiến sĩ N. P. Rôzanốp cùng tập thể bộ môn Thuỷ công trường Đại học Thuỷ lợi Mátxcova. Tác giả gửi lời cảm ơn tới GS.TS. Ngô Trí Viêng, GS. TS. Nguyễn Văn Mạo (Trường Đại học Thuỷ lợi Hà Nội), về những góp ý, nhận xét cho bản thảo cuốn sách. Tác giả cảm ơn thạc sĩ Nguyễn Thị Thu Hương về việc cung cấp một số tài liệu tính toán.

Khi biên soạn cuốn sách, tác giả đã cố gắng, nhưng không tránh khỏi thiếu sót. Chúng tôi mong nhận được những ý kiến xây dựng của các bạn đồng nghiệp. Ý kiến xin gửi về Bộ môn Thuỷ công, Trường Đại học Thuỷ lợi Hà Nội.

Tác giả

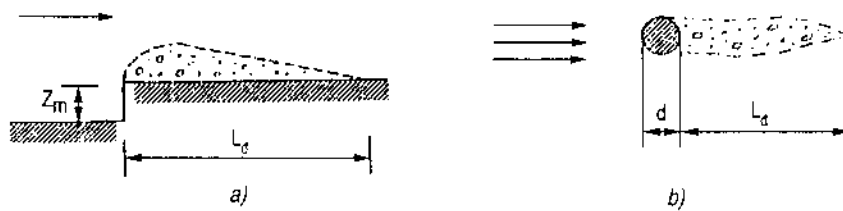
Chương 1

HIỆN TƯỢNG KHÍ HOÁ VÀ KHÍ THỰC TRÊN CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

§1.1. KHÁI NIỆM VỀ KHÍ HOÁ

1. Hiện tượng khí hoá

Khí hoá là hiện tượng xảy ra trong chất lỏng khi áp lực trong đó giảm đến một giới hạn làm mất đi tính toàn khối của chất lỏng đó. Sự bắt đầu của khí hoá được đặc trưng bởi việc xuất hiện các bọt li ti chứa đầy khí và hơi của chất lỏng đang xét. Đây chính là hiện tượng sôi của chất lỏng ở nhiệt độ bình thường khi áp suất trong đó giảm đến giới hạn. Khi khí hoá tiếp tục phát triển, các bọt hơi hình thành tập trung trong một phạm vi nhất định gọi là đốc khí (hình 1.1) với chiều dài đặc trưng L_d .



Hình 1.1: Sự hình thành đốc khí
a) Khi chảy bao quanh bậc lồi; b) Khi chảy bao quanh hình trụ

Như vậy điều kiện để có khí hoá trong chất lỏng là:

$$p \leq p_{pg} , \quad (1.1)$$

trong đó: p - áp lực tuyệt đối tại điểm xét;

p_{pg} - trị số áp lực tuyệt đối giới hạn mà ứng với nó chất lỏng bắt đầu hoá khí.

Trị số p_{pg} phụ thuộc vào loại chất lỏng và nhiệt độ môi trường.

Đối với công trình thuỷ lợi, chất lỏng được xét là nước. Vì vậy sau đây chỉ trình bày các vấn đề có liên quan đến khí hoá và khí thực trong môi trường nước.

Khi xét khí hoá và khí thực trên các công trình thuỷ lợi, thường dùng đơn vị cột nước để đo áp lực:

$$H = p/\gamma , \quad (1.2)$$

trong đó: γ - dung trọng của nước.

Trị số cột nước (toàn phần) phân giới của nước thay đổi theo nhiệt độ như sau:

Bảng 1.1. Biến đổi của cột nước áp lực phân giới theo nhiệt độ

Nhiệt độ (°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

Điều kiện khí hoá (1-1) tương đương với:

$$H \leq H_{pg} , \quad (1-3)$$

với H là cột nước áp lực toàn phần tại điểm xét:

$$H = H_a + h_d . \quad (1-4)$$

Ở đây H_a : cột nước áp lực khí trời phụ thuộc vào cao độ điểm xét theo (bảng 1.2);

h_d : cột nước áp lực dư.

Khi tại điểm xét có chân không (áp lực tuyệt đối nhỏ hơn áp lực khí trời) thì cột nước áp lực dư có trị số âm. Ta gọi $h_{CK} = - h_d$ là cột nước chân không tại điểm đó.

Bảng 1.2. Biến đổi của cột nước áp lực khí trời theo độ cao

Độ cao (m)	H_a (m)	Độ cao (m)	H_a (m)	Độ cao (m)	H_a (m)	Độ cao (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. Hệ số khí hoá

Trong tính toán thực tế, việc sử dụng công thức (1-1) hay (1-3) để xác định hiện trạng khí hoá trong dòng chảy có gặp khó khăn do trị số của p hoặc H mang tính chất cục bộ và tức thời, thay đổi theo từng vị trí điểm xét và theo trị số áp lực mạch động trong dòng chảy.

Để tiện hơn, ta sử dụng một đại lượng khác gọi là hệ số khí hoá được định nghĩa như sau:

$$K = \frac{H_{DT} - H_{pg}}{v_{DT}^2 / 2g} , \quad (1-5)$$

trong đó K : hệ số khí hoá của công trình hay bộ phận công trình;

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

v_{DT} : lưu tốc trung bình thời gian đặc trưng của dòng chảy tại bộ phận công trình đang xét;

g : gia tốc trọng trường.

Sử dụng khái niệm hệ số K , điều kiện khí hoá của dòng chảy bao quanh một vật sẽ là:

$$K \leq K_{pg} \quad (1-6)$$

trong đó: K_{pg} là hệ số khí hoá phân giới đặc trưng cho vật chảy bao. K_{pg} chính là trị số của K trong trường hợp bọt khí bắt đầu hình thành. Trị số K_{pg} thường xác định bằng thực nghiệm với sự quan sát bọt khí bằng mắt thường hay bằng các máy đo chuyên dụng. Khi đã cố định được trạng thái bắt đầu khí hoá, tiến hành đo H_{DT} và v_{DT} tương ứng rồi thay vào (1-5) để xác định K_{pg} .

Sử dụng điều kiện (1-6) để kiểm tra điều kiện khí hoá của dòng chảy cần lưu ý: K đặc trưng cho trạng thái thực tế của dòng chảy (phụ thuộc vào cột nước toàn phần và lưu tốc đặc trưng), còn K_{pg} chỉ phụ thuộc vào dạng hình học của vật chảy bao mà thôi.

3. Giai đoạn khí hoá

Để đánh giá mức độ phát triển của khí hoá dòng chảy, người ta sử dụng một đại lượng gọi là giai đoạn khí hoá:

$$\beta = \frac{K}{K_{pg}} \quad (1-7)$$

Nếu $(0,7 - 0,8) < \beta \leq 1$: giai đoạn bắt đầu khí hoá;

$(0,1 - 0,2) < \beta \leq (0,7 - 0,8)$: giai đoạn khí hoá mạnh;

$\beta \leq (0,1 - 0,2)$: giai đoạn siêu khí hoá.

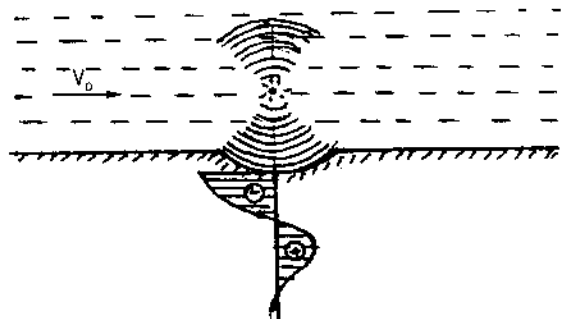
Trong những phần sau, ta sẽ thấy giai đoạn khí hoá có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng xâm thực vật liệu (hình 1.3).

§1.2. KHÍ THỰC

1. Hiện tượng khí thực

Khi khí hoá đủ mạnh và duy trì một thời gian nhất định thì sẽ dẫn đến làm bong tróc vật liệu, phá huỷ thành rắn. Đó là hiện tượng khí thực.

Quá trình tạo nên khí thực như sau: các bọt khí được hình thành trong khu hạ



Hình 1.2: Sơ đồ lan truyền sóng xung kích khi nổ bọt khí ở gần thành rắn

áp sẽ được dòng chảy cuốn theo, đến khu vực có áp lực cao hơn, chúng sẽ bị nổ tung. Nếu sự nổ xảy ra dồn dập ở gần thành rắn thì sẽ tạo ra một xung lực lớn (hình 1.2) và lặp lại nhiều lần làm cho vật liệu thành rắn bị phá hoại.

Nhiều quan sát thực tế cũng như các thí nghiệm trong phòng cho thấy trong những điều kiện nhất định, khí thực có khả năng phá hoại cả những vật liệu khá bền như bê tông mác cao, sắt thép, lớp bọc bằng chất dẻo...

2. Cơ chế phát sinh khí thực

Nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự phát sinh và phát triển của khí thực cũng như sự phức tạp của chính hiện tượng này đã dẫn đến những cách giải thích khác nhau về bản chất vật lý và động lực của quá trình này. Từ trước đến nay đã có nhiều nhà nghiên cứu quan tâm đến vấn đề này như Relei, Knapp, Parsons, Cook, Ackeret, Hill, Thiruvengadam, Hammit, Edel... (Hoa Kỳ), Shalniev, Pernik, Còdurev, Rôzanôv, Vorobjôv, Carteliev... (Nga),...

Các nghiên cứu đã chỉ ra là tồn tại một số yếu tố có khả năng gây nên khí thực như: tác động cơ học, ăn mòn, điện hoá học và tác dụng nhiệt. Trị số tương đối của các yếu tố này thường là khác nhau đối với các vật liệu và chất lỏng khác nhau.

a) Tác dụng cơ học: như phần trên đã chỉ ra, khi các bọt khí bị nổ dồn dập gần thành rắn thì sẽ tạo ra một lực xung kích lớn và lặp lại nhiều lần tác dụng lên thành rắn, kích thích quá trình mỏi của vật liệu dẫn đến phá hoại chúng. Phần nhiều các nhà nghiên cứu cho rằng tác động cơ học đóng vai trò chủ yếu trong quá trình khí thực. Ngoài ra, trong một số tài liệu [53] cũng cho rằng xâm thực có thể do các tia siêu nhỏ phát sinh khi vỡ bọt khí ở gần thành rắn.

b) Tác dụng ăn mòn: các thí nghiệm của Viler, Presset, Ellis... đã xác nhận rằng sự ăn mòn hoá học có thể đóng một vai trò quan trọng trong quá trình xâm thực vật liệu. Một cách tự nhiên là khí thực và ăn mòn hoá học có vai trò xúc tác, gia cường lẫn nhau làm cho quá trình phá huỷ vật liệu diễn ra mạnh hơn. Tuy nhiên, lí thuyết về ăn mòn hoá học không giải thích được tất cả các hiện tượng đã xảy ra. Chẳng hạn, trong nhiều thí nghiệm, các vật liệu bị phá huỷ có tính trơ về hoá học đối với chất lỏng chảy bao quanh nó.

c) Hiệu ứng điện hoá học: trong một số thí nghiệm, người ta nhận thấy miễn khí thực có phát sáng. Trên cơ sở này, một số nhà nghiên cứu cho rằng đó là do hiệu ứng điện. Petrachhi [30] cho rằng khí thực là do sự ăn mòn điện hoá học gây nên bởi dòng điện ở trong vật liệu bị phá hoại. Dẫn chứng là trong môi trường có hoạt tính cao, khí thực có thể yếu đi đáng kể do áp dụng lớp bảo vệ âm cực. Tuy nhiên, một cơ chế như vậy nếu có tồn tại thì chắc chắn cũng không đóng một vai trò to lớn trong quá trình xâm thực vật liệu. Ví dụ, khí thực có thể dễ dàng phá hoại bê tông, khi mà loại vật liệu này có khả năng dẫn điện rất yếu.

d) *Hiệu ứng nhiệt*: liên quan tới vấn đề phát sáng, một số nhà nghiên cứu (như Hicling, Jarman [25]) cho rằng nếu sự nổ các bọt có chứa một lượng đáng kể các chất khí thì nhiệt độ của chúng ở cuối vụ nổ sẽ tăng lên rất cao, do đó các khí nóng tiếp xúc với bề mặt vật liệu sẽ đốt nóng nó đến điểm nóng chảy hoặc chí ít cũng đến nhiệt độ mà độ bền của vật liệu bị giảm dần tới phá hoại chúng.

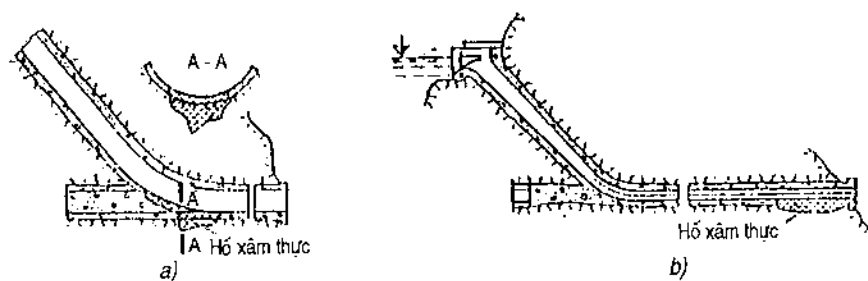
Tuy nhiên, không có một cơ sở thực nghiệm nào chứng minh được rằng sự nén đoạn nhiệt của các bọt khí lại có thể làm tăng cao nhiệt độ đến mức làm nóng chảy được các vật liệu như bê tông, đá..., mà chính các vật liệu này lại bị xâm thực trong điều kiện lưu tốc chảy bao không lớn lắm.

Xem xét tất cả các cơ cấu khác nhau đã được biết về sự phá huỷ các thành rắn do khí thực đã cho phép kết luận rằng tác động cơ học là cơ bản nhất trong quá trình này.

§1.3. CÁC DẠNG HƯ HỎNG CÔNG TRÌNH THUỶ LỢI DO KHÍ THỰC

1. Khí thực các công trình xả kiểu kín (xi phong, đường hầm)

Một trong số các sự cố nghiêm trọng đầu tiên loại này diễn ra hơn nửa thế kỷ trước đây tại công trình đầu mối Boulder (Hoa Kỳ) [56]. Tại đây lớp lót và nền đá của một đường hầm xả nước đường kính 15,2m đã bị phá huỷ. Sau khi tháo qua đường hầm ở chế độ không áp trong thời gian 4 tháng lưu lượng $390\text{m}^3/\text{s}$ (bằng 7% Q_{ik}) và trong mấy giờ tiếp theo lưu lượng $1070\text{m}^3/\text{s}$ (19% Q_{ik}), lớp lót bê tông đáy đường hầm tại chỗ uốn cong (hình 1.3) đã bị phá hoại (lưu tốc tại đây đạt 46m/s) và trong nền đá tạo thành một hố sâu 13,7m, dài 35m, rộng 9,5m. Thể tích bê tông và đá bị cuốn đi tới 4500m^3 .



Hình 1.3: Khí thực đường hầm xả nước

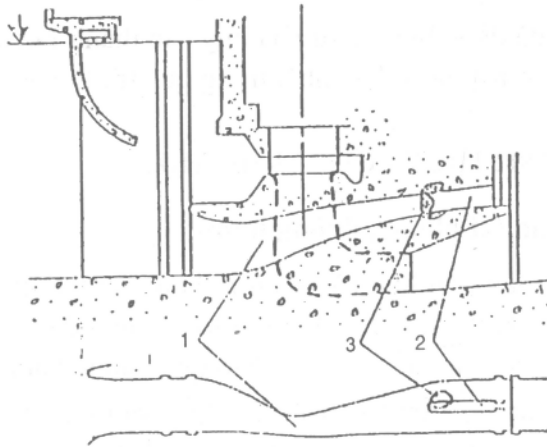
Tại đường hầm xả lũ của đầu mối Aldeadavil (Tây Ban Nha), vào năm 1966 đã xảy ra sự cố khí thực trên phần cuối của đường hầm dài 50m, chiều sâu hố xâm thực có chỗ lớn hơn chiều dày lớp lót.

Ở công trình đầu mối Inphaynilô (Méhicô), khí thực diễn ra hàng năm trong đó có những năm gây hư hỏng rất nặng. Năm 1964, khi tháo lưu lượng gần $2500\text{m}^3/\text{s}$ qua một đường hầm trong vòng 36 ngày, tường và đáy sau chỗ cong ở mặt đáy và hai mặt bên đã bị phá hoại trên chiều dài 30m, chiều sâu tới 1,5m.

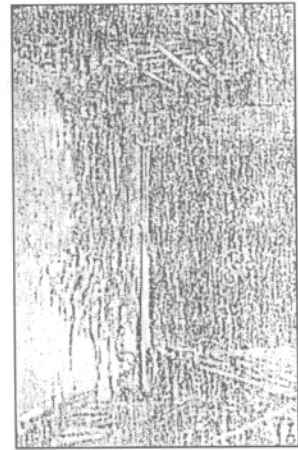
Xâm thực lớp lót của đường hầm Moutail (Hoa Kỳ) là khá đặc trưng. Sau thời gian 30 ngày tháo lũ với $Q = 560\text{m}^3/\text{s}$, phần đường hầm ở chỗ cong và đoạn sau đó đã bị phá hoại ở đáy và tường bên ở dạng các hố có chiều sâu khác nhau và vượt quá chiều dày lớp lót. Tại chỗ cong của đường hầm ngoài một hố lớn còn quan sát thấy 4800 chỗ rỗ khác nhau.

Trên hình 1.4 cho ta thấy hiện tượng xâm thực khá mạnh xuất hiện ở đường xả nước tại công trình nhà máy thủy điện Vônga (Nga).

a)



b)



Hình 1.4: Xâm thực ở đường xả có áp của trạm thủy điện Vônga

a) Sơ đồ công trình; b) Tình trạng xâm thực

1. Đường xả có áp; 2. Trụ pin; 3. Hố xâm thực

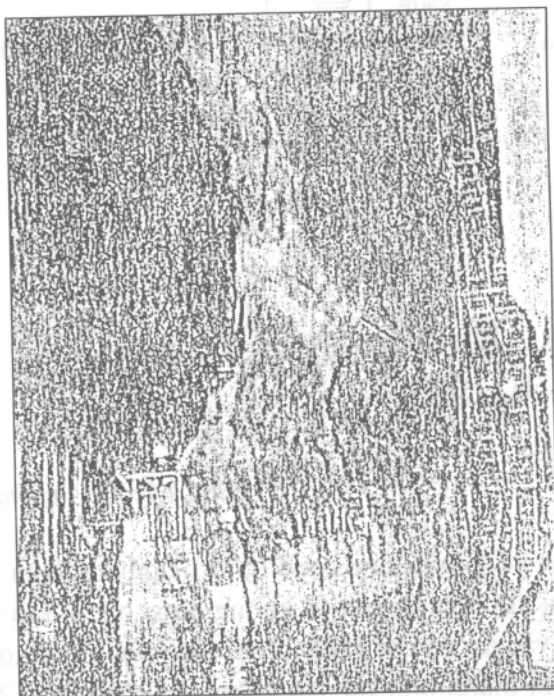
Những ví dụ về khí thực các đường hầm xả nước kín còn nhiều, rất đáng được quan tâm nghiên cứu, đặc biệt là khi công trình xả có cột nước cao.

2. Khí thực các buồng van và cửa van

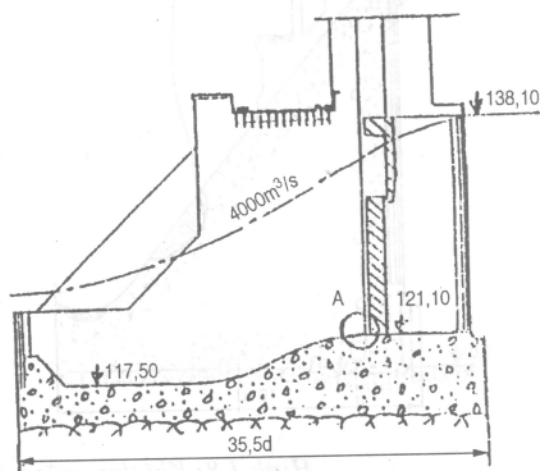
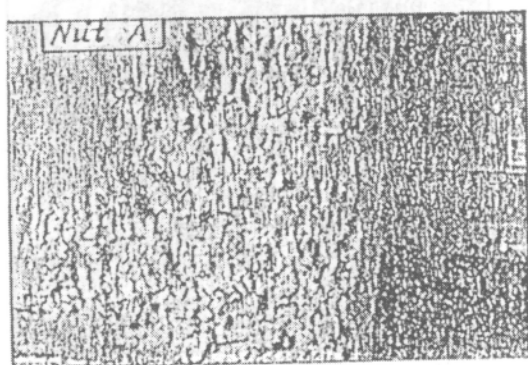
Tại công trình Tarbela (Pakistan) với cột nước 175m đã xảy ra sự cố trụ pin (hình 1.5), các đường hầm xả lũ có đường kính 13,25m. Lớp lót kim loại và bê tông của bộ phận ra của đường hầm cũng bị phá hoại. Trong quá trình tích nước vào hồ chứa, khi đóng từ từ cửa van cao 14,5m, một trong số các cửa van chỉ hạ được có 4,7m vì tấm lót khe van bị phá hoại. Để tiến hành công tác sửa chữa đã buộc phải tháo cạn hồ chứa.

Ở đập Buhtarmin (Nga), 3 cửa xả đáy tạm thời có kích thước $4 \times 5\text{m}$ ở phần có áp và $4 \times 6,5\text{m}$ ở phần không áp đã làm việc với cột nước 54m trong thời gian từ 78 đến 250 ngày. Sau khi đóng lại bằng các van sự cố đã quan sát thấy những hư hỏng như nhau tại tất cả các nhịp của bộ phận gia cố về bê tông buồng van. Ngưỡng kim loại bị bẻ gãy với các hố sâu từ 0,4 đến 1,2m, lớp kim loại gia cố khe van bị phá hoại, các chân cắm bị dật đứt, các đường ray công tác bị bong rời và cuốn đi.

Hình 1.5: Khí thực các trụ pin của buồng van đường hầm xả nước



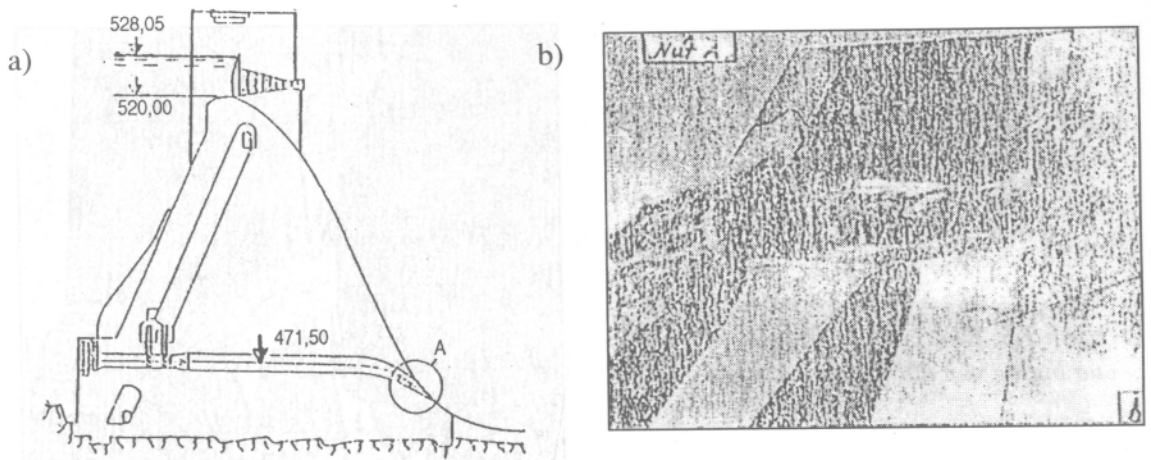
Các khe van và mặt trụ pin sau khe van không làm theo dạng phòng khí thực cũng sẽ bị phá hoại ngay cả khi lưu tốc không lớn lắm. Hư hỏng như vậy đã xảy ra ở đập Riverx (Pháp - hình 1.6), chiều sâu hố xâm thực đạt tới 10cm.



Hình 1.6: Khí thực tại khe van hình chữ nhật

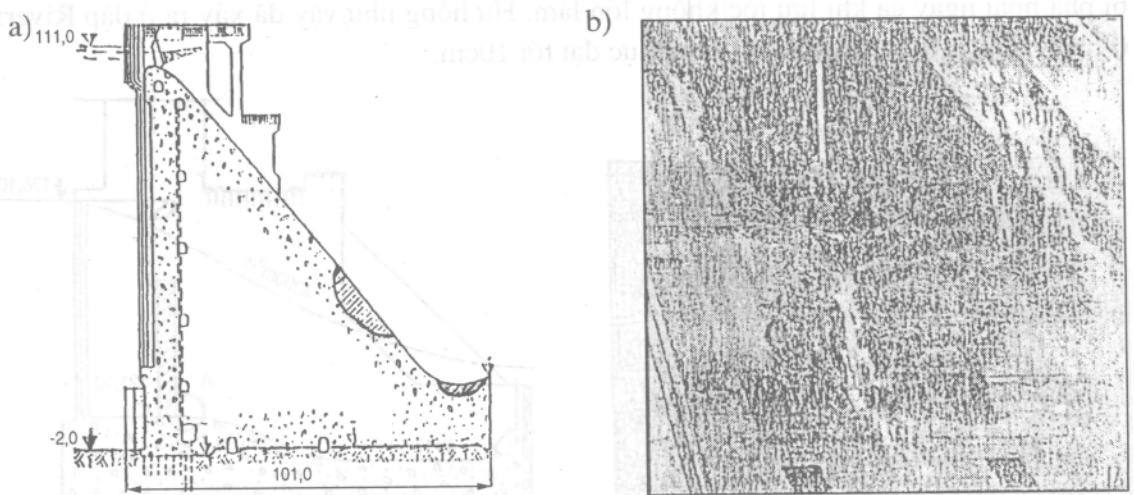
3. Khí thực các đập tràn và dốc nước

Ở đập Miranda (Bồ Đào Nha) có cột nước 74m (hình 1.7) đã xảy ra xâm thực bê tông ở vùng giao nhau của luồng tràn mặt và xả đáy. Sau đó người ta đã quyết định thay đổi hình dạng của bộ phận này và bọc bằng thép tấm có chiều dày 10 - 20mm. Việc sửa chữa đã tiến hành tới 2 lần, nhưng mỗi lần lớp bọc bị bong ra là bê tông lại bị phá hoại.



Hình 1.7: Khí thực tại đập tràn Miranda

Ở đập tràn Bratxcaia (Nga), nguyên nhân gây xâm thực mặt tràn là các bậc lồi để lại sau khi dỡ cốp pha và không được bạt đi kịp thời, các khe thi công không được lấp nhét kĩ và các gỗ ghề khác. Trên mặt của một khoang tràn làm việc liên tục 11 ngày đêm đã hình thành một hố sâu 1,2m, thể tích gần 12m^3 ; ở các khoang khác, các hố sâu từ 0,2 đến 0,4m (hình 1.8).

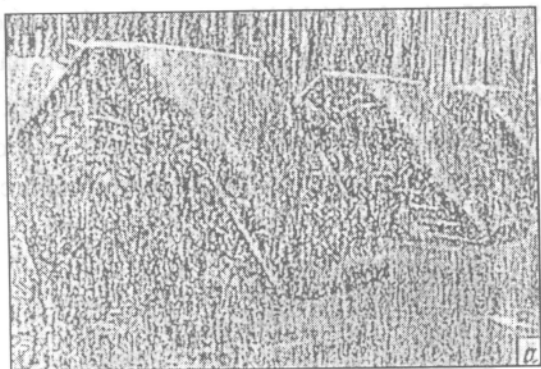


Hình 1.8: Khí thực mặt tràn của đập trọng lực Bratxcaia
a) Các phần bị xâm thực của mặt tràn; b) Hình ảnh hố xâm thực

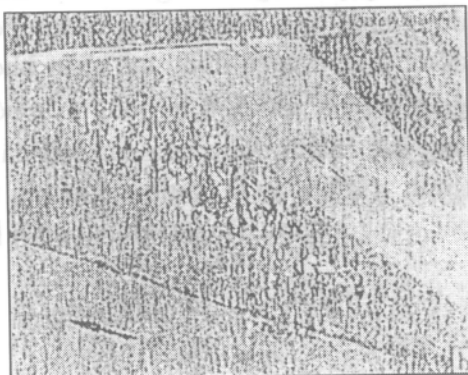
4. Khí thực các mố phân dòng và mố tiêu năng

Ở nhiều công trình thủy lợi đã diễn ra sự cố và thậm chí phá hủy hoàn toàn các mố tiêu năng ở hạ lưu (hình 1.9). Vì vậy trong nhiều trường hợp, để bảo vệ chúng người ta phải tạo ra các mố có hình dạng đặc biệt cùng với việc sử dụng các vật liệu có độ bền khí thực cao hoặc áp dụng các biện pháp chuyên môn khác.

a)



b)



Hình 1.9: Khí thực các mố tiêu năng (a) và mố phân dòng (b)

§1.4. MỘT SỐ VÍ DỤ VỀ KHÍ THỰC TRÊN CÁC CÔNG TRÌNH XẢ NƯỚC Ở VIỆT NAM

Ở Việt Nam, trước đây chưa xây dựng những công trình xả quy mô lớn, làm việc với cột nước cao nên các vấn đề về tính toán khí thực cũng chưa được đề cập nhiều. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, theo dõi sự làm việc của các đường tràn xả lũ, cống dưới sâu, người ta đã phát hiện thấy nhiều hư hỏng các bộ phận công trình do nguyên nhân khí thực. Điều đáng lưu ý là có những trường hợp hư hỏng xảy ra trong điều kiện cột nước không cao và lưu tốc chảy bao chưa phải là lớn.

Sau đây là một số trường hợp hư hỏng công trình đã ghi nhận được.

1. Đường tràn Nam Thạch Hãn (Quảng Trị)

Tràn bắt đầu thi công từ năm 1978, có ngưỡng đỉnh rộng, nối tiếp sau là dốc nước. Do vừa thi công vừa xả lũ nên trong quá trình từ 1978 đến 1983 đã xảy ra nhiều sự cố và được sửa chữa nhiều lần nhưng chất lượng thi công vẫn không đảm bảo. Mặt tràn làm không nằm ngang (hai bên bờ chênh nhau 0,2m) dẫn đến tập trung lưu lượng, bề mặt tràn lượn sóng, nhiều chỗ gồ ghề cục bộ. Tháng 10/1983 tràn xả lưu lượng $Q = 7000\text{m}^3/\text{s}$, kết quả là ngưỡng và dốc tràn bị hư hỏng nặng. Trên mặt tràn quan sát thấy nhiều chỗ lớp vữa xi măng bị bong chỉ còn trơ lại hòn sỏi, nhiều chỗ trơ cốt thép han gỉ, có chỗ lớp bê tông bị xói sâu vào thành $0,2 \div 0,3\text{m}$. Đó là do khí thực. Đáng chú ý là nó xảy ra ngay cả khi lưu tốc bình quân trên dốc mới đạt tới 15m/s [4].

2. Tràn Thác Bà

Đập tràn Thác Bà bắt đầu xây dựng vào năm 1971, mặt tràn dạng Ôphixêrôp. Tràn gồm 3 khoang $\times 10\text{m}$ có cửa van, khoang giữa có mũi phóng, hai khoang bên theo sơ đồ tiêu năng đáy, sân tiêu năng dài 28,6m, ở cuối có bố trí 7 mố tiêu năng, giữa các mố là các mũi phun thấp hình nêm. Năm 1990 tràn xả lưu lượng $Q = 1300\text{m}^3/\text{s}$ qua 3 khoang khi mực nước hạ lưu ở cao trình 27,56m (sân sau ở cao trình 20m). Nghiên cứu điều kiện làm việc của đập tràn cho thấy với lưu lượng này thì chiều dài sân không đủ để tạo nước

nhảy ngập trong bể ứng với mực nước hạ lưu là 27,65m, dòng chảy trên mặt bể vẫn là dòng chảy xiết với vận tốc ở đáy bể là 22,8 - 25m/s, do đó khi bao quanh các mố cắt dòng sẽ sinh tách dòng tạo chân không dẫn đến khí thực. Kết quả là mặt sân tiêu năng giáp với các mố 5, 6 bị bong tróc bê tông từ 10 ÷ 20cm, trơ cốt thép dọc, cốt ngang bị đứt, các thành đứng của các mố cắt dòng hầu hết dưới chân bị bóc rỗ sâu 5 ÷ 10cm (hình 1.10). Đây là hậu quả của khí thực do bề mặt có gồ ghề cục bộ và đường viền của các mố cắt dòng cấu tạo chưa hợp lý [4].



Hình 1.10: Xâm thực mố cắt dòng cuối bể ở đập tràn Thác Bà

3. Hệ thống Bái Thượng - Sông Chu (Thanh Hoá)

Hệ thống được xây dựng vào năm 1920, hoàn thành vào năm 1926. Trong hệ thống có đập tràn trọng lực ngăn sông Chu để dâng nước đưa vào hệ thống công trình dẫn nước. Sau 3 năm vận hành (1929), hiện tượng xâm thực đã xuất hiện ở hạ lưu đập, mỗi năm theo thời gian phát triển thêm và làm xói chân đập tràn sâu đến 2m, đã phải xử lý bằng cách đắp vào 3000m³ đá. Sau đó đập vẫn tiếp tục bị phá hoại ở các năm 1939 - 1942, 1952, 1980. Đến năm 1988, mặt đập bị xói mòn, lở nhiều chỗ, lớp bê tông bảo vệ trên mặt đập bị bào mòn 3 ÷ 5cm, các răng trên mặt đập bị rỗ, có chỗ sâu 0,7 đến 0,8m, chân đập bị xói mòn, khoét sâu dạng hàm ếch từ 0,4 ÷ 0,8m dài 2 - 3m. Nguyên nhân phá huỷ bê tông và công trình đập Bái Thượng thì có nhiều nhưng trong đó có sự tham gia của hiện tượng khí thực và sự trùng hợp tác động của nó với các yếu khác do đó tốc độ và mức độ hư hỏng càng lớn hơn.

4. Cống lấy nước dưới đập Núi Cốc (Thái Nguyên)

Cống được xây dựng năm 1982, cống tròn có đường kính 170cm, phía thượng lưu được bố trí van phẳng, tốc độ qua cống cực đại $v_{\max} = 13 \div 14\text{m/s}$. Sau 2 năm vận hành đã thấy có hiện tượng khí thực làm xói mòn bê tông lòng cống, đoạn cách van phẳng 8m, nhiều vùng bê tông bị bào mòn trơ cốt thép ra, có chiều sâu khoảng 2cm.

Chương 2

DỰ BÁO SỰ BẮT ĐẦU KHÍ HOÁ CỦA DÒNG CHẢY TRÊN CÁC BỘ PHẬN CỦA CÔNG TRÌNH XẢ NƯỚC

Việc dự báo này nhằm mục đích thiết kế các bộ phận của công trình xả nước đảm bảo không cho phép phát sinh khí thực trên đó. Thực tế thường sử dụng hệ số khí hoá K và kiểm tra điều kiện khí hoá theo (1-6). Sau đây trình bày cách xác định trị số K và K_{pg} cho từng loại bộ phận công trình.

§2.1. CỬA VÀO CÁC ỐNG CÓ ÁP

Tại cửa vào của các ống có áp có sự giảm cục bộ áp lực do sự co hẹp của mặt cắt ống so với mặt cắt thượng lưu. Ngoài ra, mạch dòng áp lực có thể làm xuất hiện các "đỉnh âm tức thời" cũng dẫn đến phát sinh khí hoá trong những khoảng thời gian nhất định.

Với ý tưởng loại trừ chân không ở cửa vào, các tác giả khác nhau đã đề xuất phương pháp tính toán đường viền cửa vào theo tọa độ của tia dòng khi chảy dưới cửa cống đặt sâu hay một số đường cong lí thuyết khác. Nhược điểm chung của các cửa vào loại này là choán một phạm vi khá rộng (cả chiều cao và chiều dài) làm tăng khối lượng công trình và khó thi công. Ngoài ra khi cột nước trước cửa vào khác với trị số tính toán thì vẫn không loại trừ được chân không.

Phổ biến nhất hiện nay vẫn là sử dụng các cửa vào dạng elíp (bao gồm cả dạng tròn).

Để xác định hệ số khí hoá của cửa vào, vẫn sử dụng công thức chung (1-5), trong đó:

$$\begin{cases} H_{DT} = Z + H_a; \\ v_{DT} = v_T. \end{cases}$$

Ở đây Z : chênh lệch giữa cao độ mức nước thượng lưu và cao độ trần cống tháo ngay sau cửa vào; v_T : lưu tốc trung bình mặt cắt, ngay sau cửa vào.

Trị số của hệ số khí hoá phân giới của các cửa vào không tách dòng có thể xác định như sau [51].

$$K_{pg} = C_{pmax} \quad (2.1)$$

$$\text{Ngoài ra} \quad C_{pmax} = \bar{C}_{pmax} + \delta_{max} \quad (2.2)$$

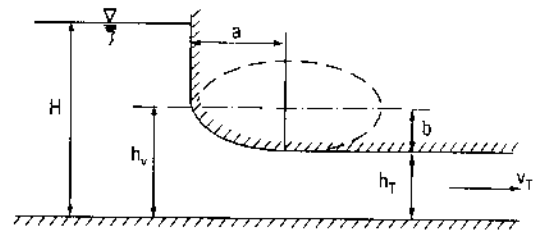
Ở đây C_{pmax} là hệ số giảm áp lực lớn nhất ở cửa vào, trị số tức thời còn $\bar{C}_{pmax}$ tương ứng là trị số trung bình thời gian;

$\delta_{\max}$: hệ số mạch động áp lực lớn nhất, $\delta_{\max} = K_0 \delta$, trong đó δ : tiêu chuẩn mạch động áp lực. Khi thiết kế cửa vào theo điều kiện không cho phép phát sinh khí thực có thể lấy $K_0 = 4$.

Trị số $\bar{C}_{p\max}$ được xác định cho các cửa vào dạng tròn và elíp trong các thí nghiệm của các tác giả khác nhau (Tríchvasvili, Orlôra và Rôzanốp Dubinrich, Bordanốp...).

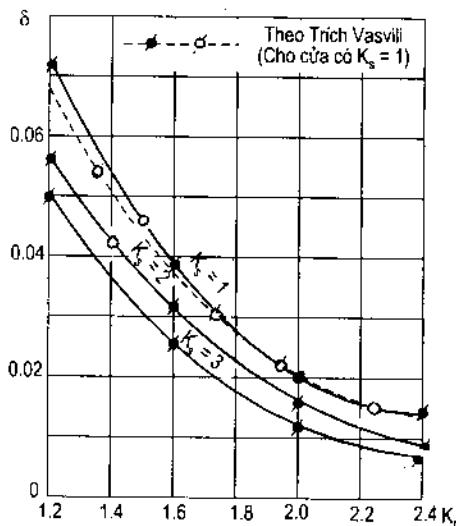
Trị số $\delta_{\max}$ đã được Tríchvasvili xác định cho các cửa vào dạng tròn. Rôzanốp và Nguyễn Chiến đã xác định được quan hệ $\delta = f(K_s, K_r, H/h_T)$ cho một loạt các cửa vào elíp khác nhau của đường xả đáy có áp trong điều kiện bài toán phẳng [3], trong đó $K_s = a/b$ - hệ số thoải của elíp; K_r : hệ số thu hẹp của cửa vào; H và h_T - xem hình 2.1. Trị số δ cho các cửa vào elíp khác nhau khi $H/h_T \geq 7$ như hình 2.2.

Để xét quan hệ giữa K_{pg} và $C_{p\max}$, tác giả chuyên đề này tiến hành hàng loạt thí nghiệm trên giá khí thực (ống thủy động lực học) và tìm ra quan hệ $K_{pg} = f(K_s, K_r)$ cho các cửa vào dạng elíp (hình 2.3). Bằng đối chiếu các trị số K_{pg} thu được trên giá khí thực với các trị số $C_{p\max}$ thu được trên mô hình thủy lực đã xác nhận sự xác đáng của hệ thức (2.1) cả đối với các cửa vào tách dòng.

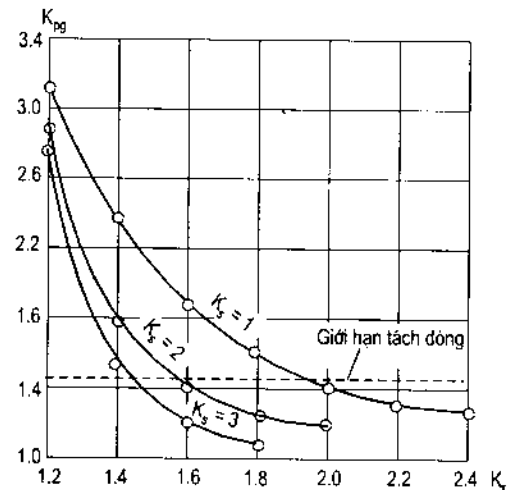


Hình 2.1: Sơ đồ cửa vào đường xả đáy có áp $K_s = a/b$; $K_r = h_v/h_T = 1 + b/h_T$

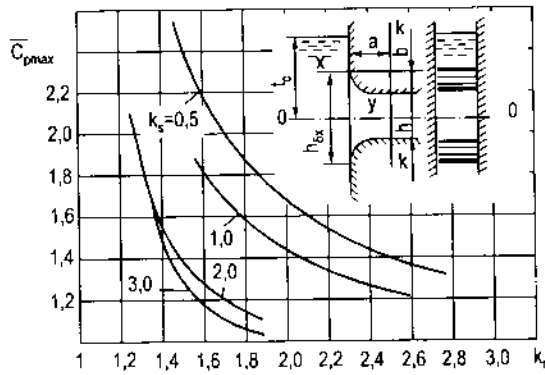
Nghiên cứu thực nghiệm cũng đã chỉ ra rằng trong các cửa vào elíp thì loại có độ thoải $K_s = 3$ là ưu việt nhất về mặt phòng khí thực.



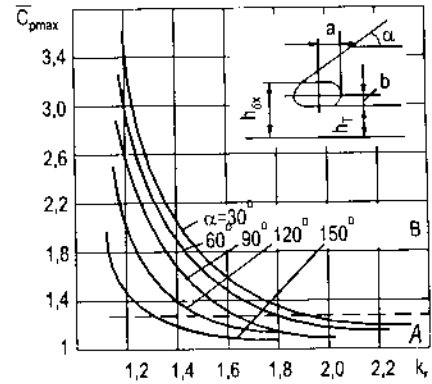
Hình 2.2: Trị số chuẩn mạch động áp lực δ của các cửa vào elíp khi $H/h_T > 7$



Hình 2.3: Trị số hệ số khí hoá phân giới K_{pg} của các cửa vào elíp khi $H/h_T = 2,8$.



Hình 2.4: Quan hệ $\bar{C}_{pmax} = f(K_s, K_r)$
của các cửa vào đường xả sâu
A. Miền chảy không tách dòng.
B. Miền chảy tách dòng



Hình 2.5: Quan hệ $C_{pmax} = f(K_r, \alpha)$
của các cửa vào elip có $K_s = 2$ và
mái thượng lưu nghiêng góc α

Ví dụ 2.1: Kiểm tra điều kiện khí hoá dòng chảy ở đoạn cửa vào một cống xả nước ở đáy, chảy có áp, mặt cắt ngang chữ nhật có $b_T = 1,2\text{m}$; $h_T = 1,8\text{m}$ (hình 2.1), cửa vào dạng elíp có các bán trục $a = 1,8\text{m}$; $b = 0,9\text{m}$. Cao trình đỉnh ống sau cửa vào = 200,00, lưu lượng xả tương ứng $Q = 30,0\text{m}^3/\text{s}$; nhiệt độ nước $t = 25^\circ\text{C}$; cột nước $H = 25\text{m}$ (tính đến đáy cửa vào).

Giải:

1. Xác định hệ số khí hoá phân giới của cửa vào:

- Thông số hình học của cửa vào:

$$K_s = a/b = 1,8/0,9 = 2;$$

$$K_r = 1 + b/h_T = 1 + 0,9/1,8 = 1,5.$$

- Tra quan hệ hình (2.5) với $\alpha = 90^\circ$ được $\bar{C}_{pmax} = 1,26$.

- Với $H/h_T = 13,89 > 7$, tra quan hệ hình (2.2) được $\delta = 0,036$ (tiêu chuẩn mạch động).

- Hệ số áp lực mạch động lớn nhất:

$$\delta_{max} = K_o \cdot \delta = 4 \times 0,036 = 0,144 \quad (K_o = 4)$$

- Hệ số khí hoá phân giới:

$$K_{pg} = C_{pmax} = \bar{C}_{pmax} + \delta_{max} = 1,26 + 0,144 = 1,404$$

2. Xác định hệ số khí hoá hiện tại của cửa vào:

Theo công thức:

$$K = \frac{H_{DT} - H_{pg}}{\frac{v_{DT}^2}{2g}}, \quad (1.5)$$

trong đó: $H_{DT} = Z + H_a$;

$$Z = H - h_T = 25,0 - 1,8 = 23,2 \text{ (m)};$$

$$H_a = 10,09\text{m (tra bảng 1.2 ứng với MNDGC} = 200\text{m)};$$

$$H_{pg} = 0,32\text{m (tra bảng 1.1 ứng với } t = 25^\circ\text{C)};$$

$$v_{DT} = v_T = \frac{Q}{b_T h_t} = \frac{30,0}{1,2 \times 1,8} = 13,89 \text{ (m/s)};$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2.$$

3. Như vậy trong trường hợp đang xét, cửa vào có $K > K_{pg}$.

Vậy không có khí hoá do giảm áp tại cửa vào.

§2.2. CÁC MỐ TIÊU NĂNG, CÁC TƯỜNG VÀ MỐ PHÂN DÒNG

Các mố tiêu năng, tường và mố phân dòng được bố trí ở hạ lưu CTXN để cải thiện điều kiện tiêu năng và phân tán dòng chảy trên mặt bằng. Điều kiện chảy bao của các bộ phận này thường là không thuận và do đó khi lưu tốc lớn thì thường xuất hiện khí thực.

Trị số K_{pg} của các mố và răng tiêu năng khác nhau theo tài liệu thí nghiệm được dẫn ra trên hình (2.6) [51]. Khi sử dụng các trị số K_{pg} này, trong công thức (1-5) cần lấy $H_{DT} = H_a + h$, trong đó h là chiều cao cột nước trên mố. Đối với mố tiêu năng đặt ở cuối bể, có thể lấy gần đúng $h = h_h - h_m$ và $v_{DT} = v_c$, ở đây h_m : chiều cao mố; v_c : lưu tốc tại mặt cắt co hẹp.

Đối với các mố không đặt ở cuối bể, trị số h cần lấy theo tài liệu thí nghiệm. Khi $x/l_n = 0,25$ (trong đó x : khoảng cách tính từ mặt cắt co hẹp; l_n : chiều dài nước nhảy); có thể lấy $h = (0,75 - 0,85) (h_h - h_m)$.

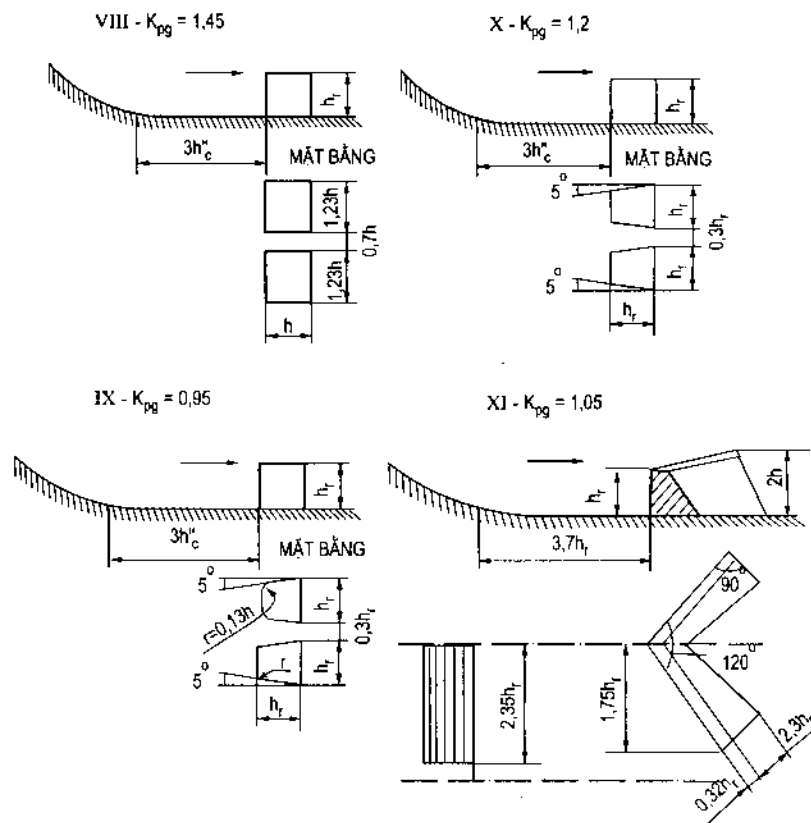
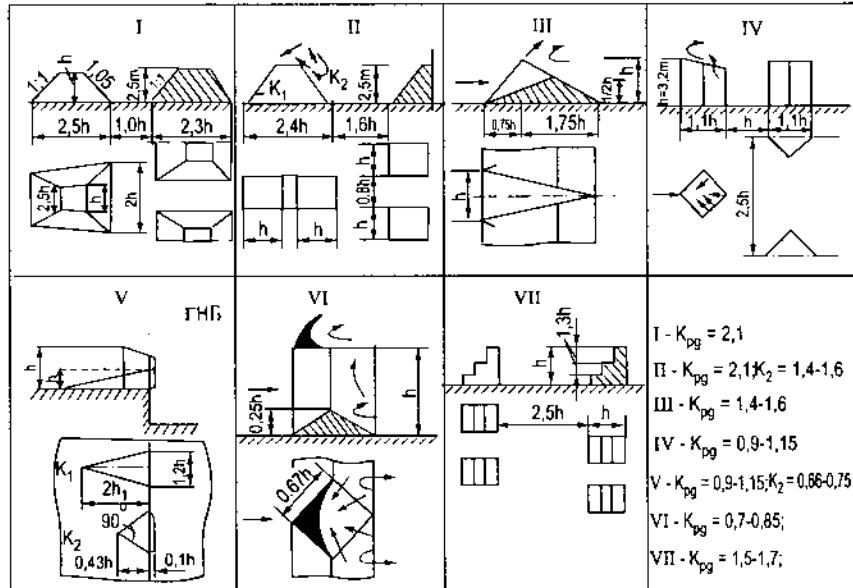
Trên hình 2.7 biểu diễn các quan hệ về ảnh hưởng của khoảng cách tương đối giữa các mố b/B và sự lượn tròn mép trước (đặc trưng bởi trị số r/B) tới trị số K_{pg} cho một loại mố tiêu năng dạng quân cờ.

Ảnh hưởng của nước nhảy ngập đến trị số K_{pg} trong phạm vi $\sigma = 1 - 1,5$ gần đúng có thể đánh giá theo công thức của Rôzanốp N.P:

$$(K_{pg})_\sigma = K_{pg} - \alpha(\sigma - 1), \quad (2-3)$$

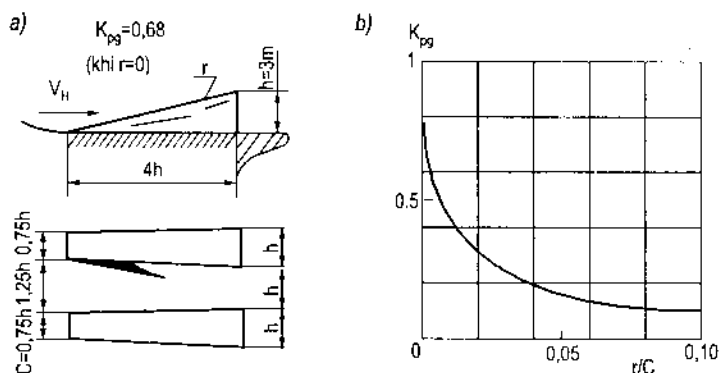
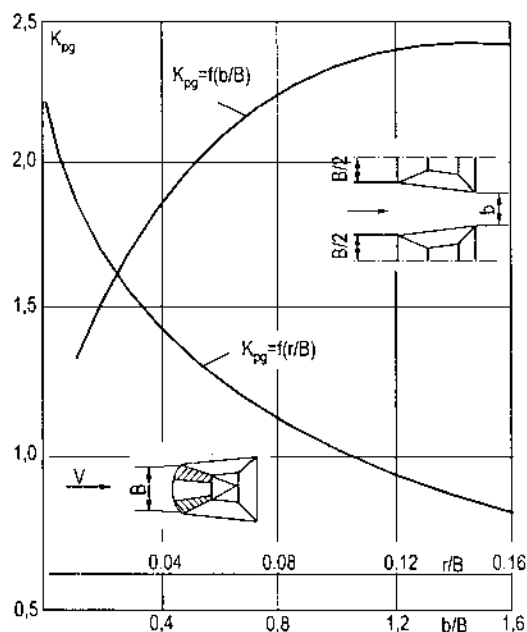
trong đó: $(K_{pg})_\sigma$: hệ số khí hoá phân giới ứng với độ ngập σ ; K_{pg} - khi $\sigma = 1$; α - hệ số thực nghiệm, đối với mố hình quân cờ vuông, $\alpha = 0,70$; mố quân cờ hình thoi: $\alpha = 0,52$; mố hình tháp: $\alpha = 0,64$.

Sơ đồ của một loại mố phân dòng trình bày trên hình 2.8a. Đối với loại này $K_{pg} = 0,68$ khi $H_{DT} = H_a$ và $v_{DT} = v_H$; v_H : lưu tốc ở mặt cắt trước mố; còn ảnh hưởng của sự lượn tròn mép dọc phía trên của mố đến trị số K_{pg} như trên hình 2.8b.



Hình 2.6: Sơ đồ một số loại mố tiêu năng và trị số K_{pg} của chúng

Hình 2.7: Ảnh hưởng của khoảng cách giữa các mố b/B và lượn tròn mép trượt r/B đến trị số K_{pg} của một loại mố tiêu năng



Hình 2.8: a) Sơ đồ một loại mố phân dòng;
b) Ảnh hưởng của sự lượn tròn mép dọc phía trên mố phân dòng đến hệ số K_{pg}

Ví dụ 2.2. Kiểm tra điều kiện khí hoá dòng chảy tại mố tiêu năng hình quân cờ vuông bố trí ở hạ lưu đập tràn (hình 2.6.VIII) làm việc trong điều kiện nước nhảy có lưu tốc bình quân ở mặt cắt co hẹp $v_c = 16\text{m/s}$; chiều sâu nước trên đỉnh mố $h = 3,5\text{m}$; nhiệt độ nước $t = 30^\circ$; đỉnh mố ở cao trình 400,0; độ ngập của nước nhảy trong bể $\sigma = 1,1$.

Giải:

1. Xác định hệ số khí hoá phân giới của mố:

- Trường hợp có xét đến nước nhảy ngập:

$$(K_{pg})_\sigma = K_{pg} - \alpha(\sigma - 1) \quad (2-3)$$

Trong đó với loại mố quân cờ vuông có $\alpha = 0,7$; tra theo hình 2.6.VIII có: $K_{pg} = 1,45$; với $\sigma = 1,1$; thay vào (2-3) được: $(K_{pg})_\sigma = 1,38$.

2. Xác định hệ số khí hoá hiện tại:

Theo công thức (1-5), trong đó:

$$H_{DT} = h + H_a$$

với $h = 3,5\text{m}$; $H_a = 9,84$ (tra bảng 1.2 ứng với $\nabla 400$) từ đó: $H_{DT} = 13,34\text{m}$;

- Tra bảng 1.1 ứng với $t = 30^\circ$ được $H_{pg} = 0,44\text{m}$.

- $v_{DT} = v_c = 16\text{m/s}$.

- Thay tất cả vào (1-5) được: $K = 0,99$.

3. Như vậy trường hợp đang xét có $K < (K_{pg})_\sigma$, tại mố tiêu năng sẽ phát sinh khí hoá, có thể dẫn đến khí thực nguy hiểm, cần có các biện pháp xử lí.

§2.3. CÁC MẪU GỖ GHỀ TRÊN BỀ MẶT CÔNG TRÌNH XẢ NƯỚC

1. Khái niệm chung

Trong quá trình thi công hay sửa chữa bề mặt CTXN, không tránh khỏi tạo thành các mẫu gỗ ghề ngẫu nhiên mà độ thô của chúng phụ thuộc vào kĩ thuật thi công (ván khuôn, các chỗ nối ván, các đầu cốt thép nhô ra...). Khi dòng chảy bao quanh các mẫu gỗ ghề như vậy, có thể làm phát sinh khí hoá và khí thực. Việc kiểm tra khí thực các mẫu gỗ ghề có thể tiến hành theo các hướng sau:

a) Xác định khả năng khí hoá tại các mẫu gỗ ghề khi dự kiến trước hình dạng, kích thước và đặc trưng của chúng.

b) Xác định yêu cầu đối với hình dạng, kích thước và đặc trưng của các mẫu gỗ ghề cho phép trên bề mặt để loại trừ khả năng phát sinh khí hoá khi các điều kiện thủy lực đã cho.

Các mẫu gỗ ghề bề mặt CTXN rất đa dạng và mang đặc tính ngẫu nhiên. Vì vậy để tiến hành tính toán chúng, cần phải mô hình hoá các dạng có thể có và quy về các dạng mẫu. Có thể phân ra thành 5 nhóm mẫu gỗ ghề cục bộ đặc trưng như sau (bảng 2.1).

1. 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 mặt.

2. Các mẫu dài tương tự nhưng chạy dọc chiều dòng chảy.

3. Các mẫu lõi cục bộ trên nền tương đối đồng nhất của bề mặt CTXN (chẳng hạn các hờn cốt liệu lớn trong bê tông, các đinh và êcu, các đầu cốt thép...).

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

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

Bảng 2.1. Các dạng mấu gỗ ghề đặc trưng và trị số K_{pg} tương ứng

hứ tự	Loại mấu	Sơ đồ	K_{pg}
1	Bậc lồi theo chiều dòng chảy (đầu lớp gia cố bề mặt, chỗ nối cốp pha,...)		$0,125\alpha^{0,65}$ (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 thoát trên mặt phẳng đều (mối hàn,...)		$2,24(L_m/Z_m)^{-0,5}$
5	Mấu lồi đơn độc có bề mặt sắc cạnh (dấu vết do nối cốp pha,...)		2
6	Các mấu lồi cục bộ riêng rẽ (các hờn cốt liệu lớn, đầu cốt thép nhô ra,...)		2 khi mép lượn tròn 3,5 khi mép sắc

2. Sơ đồ tính toán kiểm tra sự phát sinh khí hoá tại các mẫu gỗ ghề

Ở đây vẫn kiểm tra theo công thức (1-6) với hệ số khí hoá K tính theo (1-5), trong đó H_{DT} và v_{DT} quy ước lấy cho từng loại mẫu gỗ ghề như trên bảng 2.1. Việc tính toán như vậy xuất phát từ các giả thiết sau:

1. Chiều cao của mẫu gỗ ghề Z_m nhỏ hơn nhiều so với kích thước toàn dòng chảy: $Z_m \leq A/30$, trong đó A là kích thước đặc trưng của dòng chảy (chẳng hạn chiều sâu dòng chảy không áp, chiều cao hoặc đường kính đường tháo có áp);

2. Các mẫu phân bố khá xa nhau;

3. Sự chảy bao quanh một mẫu diễn ra độc lập với các mẫu khác, còn áp lực và lưu tốc chảy chung thực tế không phụ thuộc vào sự có mặt của các mẫu nói chung, trừ miền lân cận quanh mẫu (khoảng $10Z_m$ về phía thượng lưu, $15Z_m$ về hạ lưu và $10Z_m$ theo chiều cao).

Trong các điều kiện như vậy, cho phép xác định H_{DT} và v_{DT} như là cột nước áp lực và lưu tốc trong dòng chảy không có nhiều gây bởi các mẫu gỗ ghề.

Việc kiểm tra điều kiện khí hoá phải tiến hành cho các dạng mẫu gỗ ghề khác nhau và cho tất cả các mặt cắt của dòng chảy bởi vì H_{DT} và v_{DT} thường thay đổi nhiều dọc theo dòng chảy.

3. Xác định lưu tốc đặc trưng khi chảy bao quanh các mẫu gỗ ghề

1. *Chỉ dẫn chung:* Lưu tốc đặc trưng của dòng chảy dùng để xác định điều kiện phát sinh khí hoá trên các mẫu gỗ ghề không phải là lưu tốc trung bình mặt cắt v_{TB} của dòng chảy mà là lưu tốc cục bộ ở phần mẫu gỗ ghề (bảng 2.1). Trị số này thường gọi là lưu tốc sát thành. Trong đa số các trường hợp có $v_{DT} < v_{TB}$. Do đó trong tính toán theo (1-6), sử dụng các trị số lưu tốc trung bình sẽ là thiên về nguy hiểm về mặt khí thực.

Trị số v_{DT} khi tính toán khí thực mẫu gỗ ghề cần phải xác định riêng cho từng mặt cắt ngang của dòng chảy. Phương pháp chung nhất để xác định v_{DT} cho từng loại mẫu gỗ ghề là nghiên cứu thực nghiệm. Tuy nhiên, việc thực hiện thường rất khó khăn vì trong trường hợp này cần phải làm các mô hình phức tạp có tỉ lệ lớn với mục đích đảm bảo tương tự thuỷ động lực học của các dòng chảy ở lớp biên của mô hình và nguyên hình. Vấn đề đo lưu tốc ở lớp sát thành cũng rất khó khăn.

Khi không có khả năng để tổ chức thí nghiệm cũng như khi thiết kế sơ bộ các CTXN có thể sử dụng phương pháp tính toán gần đúng xác định v_{DT} .

2. Phân đoạn dòng chảy để tính lưu tốc sát thành v_{ST} .

Trên quan điểm của phương pháp gần đúng đánh giá trị số v_{DT} cho các mẫu gỗ ghề trên mặt CTXN, có thể chia ra 3 dạng đặc trưng nhất của dòng chảy.

a) Dạng I: bộ phận biến dạng đột ngột dòng chảy do hình dạng kết cấu. Loại này bao gồm các vùng co hẹp dòng chảy tại cửa vào CTXN, vùng co hẹp khi chảy dưới cửa van,

dòng chảy ở mặt bên đầu trụ pin, dòng chảy sau các khe van, bậc thụt, ngưỡng đáy... Các bộ phận này 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 lớn, chiều dày lớp biên δ rất nhỏ, cùng bậc với chiều cao có thể có của các mẫu gỗ ghề.

b) Dạng II: các bộ phận chảy biến đổi chậm, có phân bố lưu tốc trên mặt cắt ngang thay đổi theo chiều dài. Loại này gồm các phần của đường xả 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 xả nước sau cửa van..., nghĩa là bao gồm tuyệt đại đa số các phần của dòng chảy trên các CTXN thực tế.

c) Dạng III: các bộ phận chảy hỗn loạn biến có phân bố lưu tốc trên mặt cắt không đổi dọc chiều dài. Loại này gồm dòng chảy trong các đường xả nước dài có áp hoặc không áp tính từ mặt cắt cách cửa vào hay các van điều tiết một đoạn $\geq (20 - 40)A$, trong đó A là đường kính hay chiều cao đường xả có áp, hay chiều sâu của dòng không áp.

Trên hình (2.9) chỉ ra vị trí và đặc trưng các bộ phận của dòng chảy đã nêu đối với những sơ đồ đường xả nước thường gặp.

3. Xác định V_{DT} trên các bộ phận khác nhau

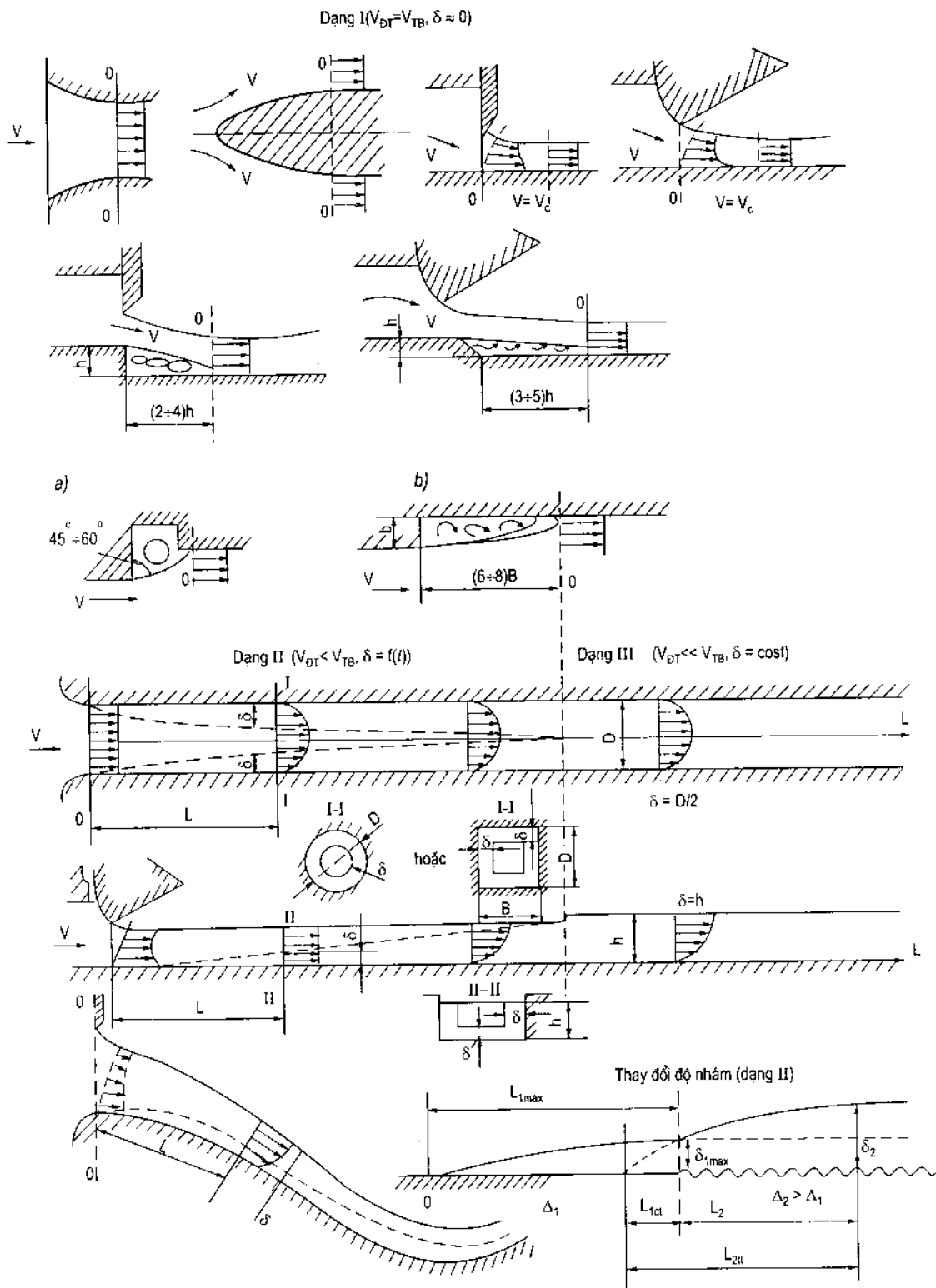
a) Trên các bộ phận thuộc dạng I. Đoạn này là phức tạp nhất và do đó cần đến thí nghiệm nhiều nhất. Tuy nhiên, trong tính toán sơ bộ, đơn giản nhất là coi trị số v_{DT} gần bằng lưu tốc trung bình mặt cắt ($v_{DT} = v_{TB} = v_c$ khi chảy dưới cửa van, ở cửa vào đường xả hay gần các trụ pin), hoặc là gần bằng lưu tốc bình quân cục bộ ở gần thành không kể đến lớp biên ($v_{DT} = v_{CB}$ đối với đập tràn và các bộ phận cong của đường tháo nước).

Tuy nhiên việc tính toán dựa trên cơ sở như vậy chỉ là sơ bộ, có tính chất định hướng khi đánh giá khí thực, bởi vì lớp biên luôn luôn tồn tại dù rất nhỏ, và do đó $v_{DT} = v_{ST} < v_{TB}$.

Để có được những đánh giá đầu tiên trước khi thu thập tài liệu thí nghiệm, có thể cho rằng ở đoạn đầu, chiều dày lớp biên δ thường không vượt quá 6Δ (hình 2.9), trong đó Δ : chiều cao mố nhám bề mặt phụ thuộc loại vật liệu và kỹ thuật thi công.

Chiều dài đoạn đầu dòng chảy cũng thường xác định gần đúng. Trên hình (2.9) chỉ ra vị trí điểm 0 được coi là ở giữa đoạn đầu. Chiều dài đoạn đầu có thể đánh giá nhỏ nhất bằng $(160 - 200)\Delta$ về hai phía của điểm O. Tuy nhiên xét đến tính gần đúng khi xác định vị trí của điểm O, trong tính toán thực tế ở các sơ đồ này thường lấy chiều dài đoạn đầu đối với các sơ đồ hình (2.9) không vượt quá giới hạn kích thước ngang đặc trưng của mặt cắt dòng chảy có áp hoặc 2 lần chiều sâu của dòng không áp khi chảy dưới cửa van. Đây có thể lấy làm giới hạn trên khi định chiều dài đoạn đầu.

b) Trên các bộ phận dạng II, đối với mỗi mặt cắt dòng chảy theo chiều dài xác định được chiều dày lớp biên δ , v_{DT} xác định như là lưu tốc ở cao độ đỉnh mẫu gỗ ghề (bảng 2.1) lấy từ biểu đồ lưu tốc đặc trưng cho đoạn dòng chảy đang xét.



Hình 2.9: Các dạng chảy đặc trưng trên công trình xả
a) Khe van khi van mở một phần; b) Bậc thụt ở đáy và nửa bậc
[$l = (6 \div 8)b$ khi mở van hoàn toàn và $l = (2 \div 4)b$ khi mở van từng phần]

Lưu tốc bình quân v_y của dòng chảy ở vị trí cách thành (mặt cơ bản) một khoảng y có thể xác định theo công thức[51]:

$$v_y = \left(\frac{v_{TB}}{\varphi_v} \right) \sqrt{\xi_1 \xi_2} \quad (2-4)$$

Trong đó các hệ số ξ_1, ξ_2 phụ thuộc vào δ/Δ và y/Δ như trên hình (2.10); 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.

Có thể xác định φ_v như sau:

- Với đường xả có mặt cắt ngang chữ nhật:

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

- Với đường xả có áp mặt cắt tròn:

$$\varphi_v = \frac{1}{r^2} \left\{ (r - \delta)^2 + \frac{1}{2} \frac{\delta^2}{\ln \frac{\delta}{\Delta} + 3} \left[\frac{4r}{\delta} \left(\ln \frac{\delta}{\Delta} + 2 \right) - 2 \ln \frac{\delta}{\Delta} - 5 \right] \right\} \quad (2-6)$$

Khi tính toán theo (2-4), lưu tốc đặc trưng cho các dạng mấu gồ ghề khác nhau lấy ứng với $y = Z_m + \Delta$, trong đó Z_m : chiều cao tính toán của mấu (bảng 2.1). Khi $y = \Delta$, theo (2-4), xác định được lưu tốc đặc trưng để kiểm tra khí hoá trên bề mặt nhám đều có độ nhám tuyệt đối là Δ .

Giới hạn của đoạn dòng chảy dạng II lấy đến mặt cắt mà tại đó chiều dày lớp biên bằng chiều sâu hay nửa chiều rộng dòng chảy không áp, hoặc nửa đường kính, chiều cao hay chiều rộng dòng có áp.

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 và bằng chiều sâu dòng không áp, hay bằng nửa kích thước ngang nhỏ nhất của mặt cắt khi chảy có áp.

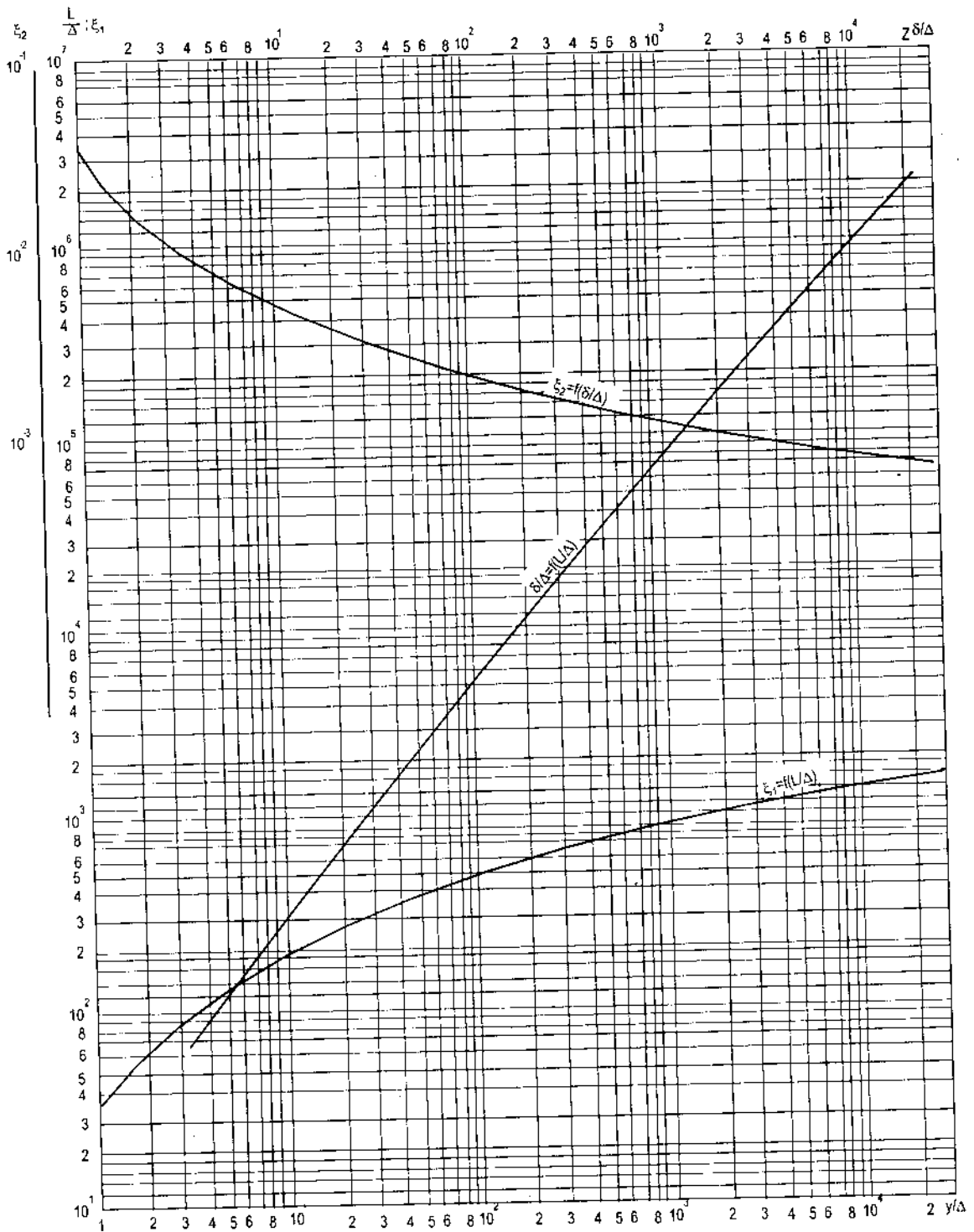
Trị số v_y cũng xác định theo (2-4), nhưng δ, ξ_1, ξ_2 không phụ thuộc chiều dài và sai khác về mức độ nguy hiểm khí thực ở các vị trí khác nhau có thể chỉ phụ thuộc vào sự thay đổi của v_{TB} hay cột nước đặc trưng H_{DT} .

4. Xác định áp lực đặc trưng để đánh giá khí hoá dòng chảy trên các mấu gồ ghề

Khi đã biết áp lực khí trời thì vấn đề quy về xác định áp lực dư tại mặt cắt dự kiến có mấu gồ ghề.

Phương pháp tin cậy nhất để xác định cột nước đo áp là tiến hành thí nghiệm mô hình. Khác với việc xác định lưu tốc đặc trưng, thí nghiệm xác định cột nước đo áp đơn giản và dễ tiến hành hơn.

Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, với độ chính xác cho phép, có thể tìm cột nước đặc trưng thông qua tính toán.



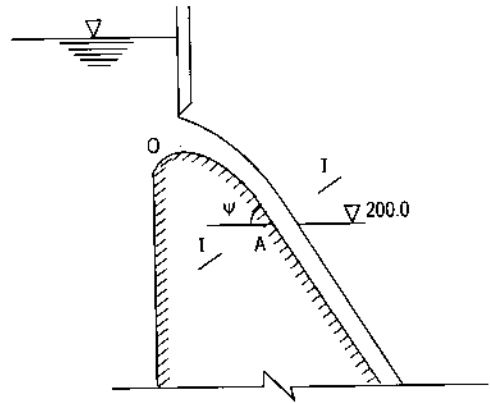
Hình 2.10: Biểu đồ quan hệ $\xi_1 = f(y/\Delta)$; $\xi_2 = f(\delta/\Delta)$; $\delta/\Delta = f(L/\Delta)$

Trong dòng chảy không áp, cột nước áp lực được xác định theo công thức:

$$h_d = h \cos \psi, \quad (2-7)$$

trong đó, h : chiều sâu dòng chảy tại mặt cắt tính toán; ψ : góc nghiêng của đáy đường tháo so với phương ngang. Trong dòng chảy có áp, cột nước đo áp xác định theo các phương pháp tính toán thủy lực thông thường.

Ví dụ 2.3: Kiểm tra khả năng khí hoá dòng chảy trên một mẫu gỗ ghê kiểu bậc lồi (do nối cốp pha) có chiều cao $Z_m = 5\text{mm}$, $\alpha = 90^\circ$ trên mặt một đập tràn (hình 2.11). Tại điểm A có cao độ $\nabla = 200,0$; góc nghiêng của mái $\psi = 55^\circ$; chiều dài tuyến phát triển của lớp biên $OA = 20\text{m}$; lưu tốc bình quân tại mặt cắt I-I bằng 22m/s ; độ sâu $h = 4,0\text{m}$; nhiệt độ nước 30°C ; độ nhám bình quân của mặt tràn $\Delta = 0,45\text{mm}$; bề rộng khoang tràn $B = 8,0\text{m}$.



Hình 2.11: Sơ đồ tính toán kiểm tra khí hoá trên mặt tràn

Giải:

1. Xác định hệ số khí hoá phân giới:

Theo sơ đồ mẫu loại 1 trên bảng 2.1 có:

$$K_{pg} = 0,125\alpha^{0,65} = 0,126 \times 90^{0,65} = 2,33.$$

2. Xác định hệ số khí hoá hiện tại (theo công thức 1-5):

$$H_{DT} = H_a + h \cos \psi = 10,09 + 4 \times 0,5736 = 12,384 \text{ (m)};$$

$$H_{pg} = 0,44\text{m};$$

$$v_{DT} = v_y \left(\frac{v_{TB}}{\varphi_v} \right) \sqrt{\xi_1 \xi_2}$$

Sử dụng các biểu đồ hình 2.10 để xác định ξ_1 , ξ_2 , δ .

- Ở đây có $\frac{L}{\Delta} = \frac{20000}{0,45} = 4,44 \times 10^4$, tương ứng với $\frac{\delta}{\Delta} = 6 \times 10^2$;

$\delta = 6 \times 10^2 \times 0,45\text{mm} = 270\text{mm} = 0,27\text{m}$; từ quan hệ $\xi_2 = f(\delta/\Delta)$ được:

$$\xi_2 = 1,3 \times 10^{-3}$$

- Tại mẫu gỗ ghê có $y = Z_m + \Delta = 5,45\text{mm}$;

$$y/\Delta = 12,11$$

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

- Xác định φ_v (theo 2-5) tương ứng với mặt cắt chữ nhật, trong đó:

$$B = 8,0\text{m}; h = 4\text{m}; \delta = 0,27\text{m}; \ln \frac{\delta}{\Delta} = 6,397.$$

- Thay vào (2-5) được: $\varphi_v = 0,986$
- Thay vào (2-4) được: $v_{DT} = 12,72\text{m/s}$.
- Thay tất cả vào (1-5) được: $K = 1,448$.

3. Như vậy tại vị trí kiểm tra có $K < K_{pg}$, sẽ có hiện tượng khí hoá.

§2.4. CÁC BỘ PHẬN CỦA BUỒNG CỦA VAN

1. Chỉ dẫn chung

Buồng cửa van là bộ phận của công trình xả trên đó đặt các cửa van tạo ra sự biến dạng đột ngột dòng chảy khi điều chỉnh lưu lượng bằng cửa van.

Khi dự báo bắt đầu khí hoá trên các bộ phận của buồng cửa van, thường phải giải quyết 5 bài toán sau:

1. Xác định sự bắt đầu khí hoá trên các mấu gỗ ghề bề mặt buồng và cửa van.
2. Xác định sự bắt đầu khí hoá trên các khe, cửa vào giếng van, bậc thụt ở đáy... khi mở van hoàn toàn.
3. Xác định sự bắt đầu khí hoá trong buồng van (trên các khe và trên chính cửa van) khi van mở một phần.
4. Xác định sự bắt đầu khí hoá trên các đầu trụ pin trong buồng van;
5. Xác định sự bắt đầu khí hoá khi nước chảy qua các thiết bị chống rò.

Để đảm bảo sự làm việc an toàn và lâu bền của buồng van và cửa van, trong thiết kế cần đưa các biện pháp để không cho phép phát sinh khí hoá trong tất cả 5 trường hợp, hoặc là các giải pháp để không cho phép xảy ra phá hoại do khí thực nếu sự phát sinh khí hoá là không tránh khỏi trong những điều kiện đã cho.

2. Kiểm tra khả năng khí hoá khi mở van hoàn toàn

1. Xác định trị số K và K_{pg}

Nguồn sinh khí hoá trong trường hợp này chủ yếu là các khe van phẳng hay bán khe của trụ van cung.

Khi chảy bao quanh các bộ phận này trong chế độ có áp hoặc khi dòng chảy không áp trong đường tháo, nhưng không có thiết bị thông khí riêng ở vùng tách dòng ở khe van hay sau bán khe, trị số K_{pg} đối với biên sau của khe van K_{pgs} cũng như đối với biên trước K_{pgt} của van phẳng lấy theo hình 2.12.

Với mặt trước của khe (I):

$$K_{pgt} = K_{pgy} [1 + 0,65 (w/h - 1)] K_d \quad (2-8)$$

Với mặt sau của khe (II):

$$K_{pgs} = AK_w K_B [1 + 0,65 (w/h - 1)] \quad (2-9)$$

trong đó:

K_{pgy} : theo bảng 2.1, mục 2;

K_d : hệ số sửa chữa do lùi bề mặt lòng dẫn sau khe van về phía trụ (hình 2.12, dạng a). Với dạng này, trị số phụ thuộc vào d/w :

Bảng 2.2. Trị số K_d trong 2.8

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

Các kí hiệu khác xem hình (2.12).

Với các điều kiện trên hình 2.12, v_{DT} cần lấy là trị số lưu tốc bình quân tại mặt cắt có khe van, còn H_{DT} lấy áp lực tuyệt đối bình quân cũng ở mặt cắt này, chiều dày lớp biên xác định theo các chỉ dẫn đã nêu trên.

2. Xử lí khi có khả năng phát sinh khí hoá

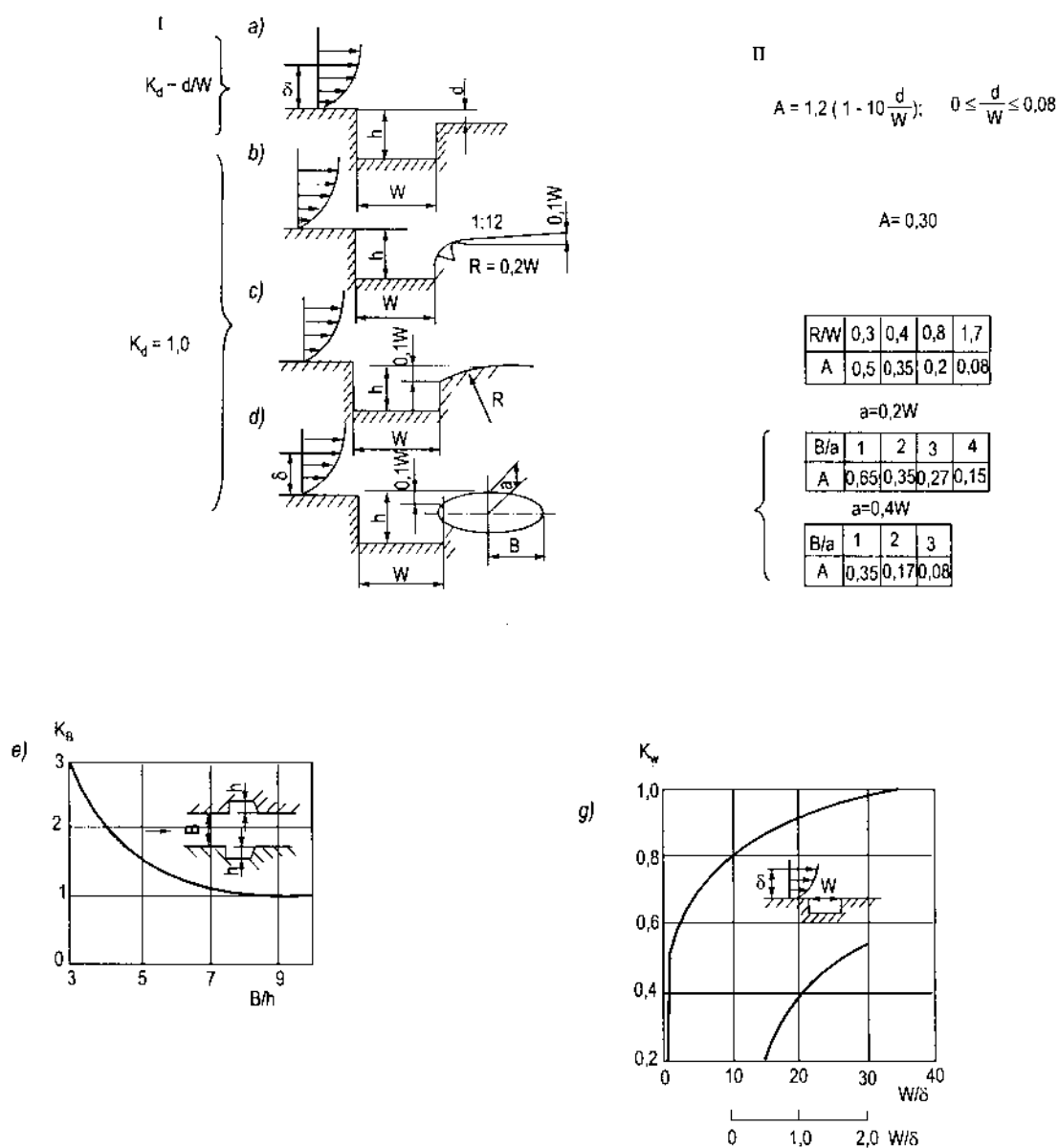
Có thể thay đổi hình dạng khe van hay thay đổi điều kiện thuỷ lực của đường xả.

Chẳng hạn khi van đặt ở cửa vào hay trên đường xả có áp mà không thoả mãn điều kiện loại trừ khí hoá khe van khi mở van hoàn toàn thì có thể đặt sau khe van một đoạn thu hẹp đường dẫn. Mức độ thu hẹp cần thiết để loại trừ phát sinh khí thực nguy hiểm có thể xác định gần đúng theo công thức:

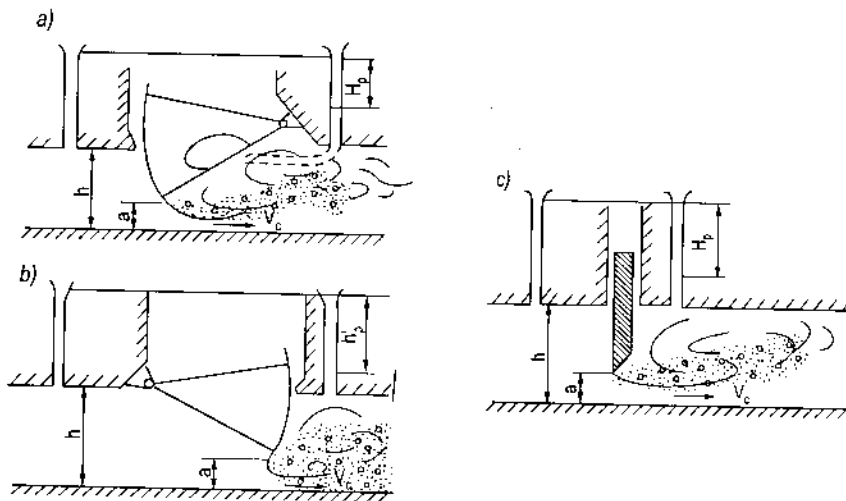
$$\frac{\omega_K}{\omega_c} = \sqrt{\frac{1 + K_{pg}}{\frac{P_a}{\gamma} + \frac{P_c}{\gamma} - h_c}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{P_c}{\mu^2 H_l}} \quad (2-10)$$

trong đó, ω_K : diện tích mặt cắt tại vị trí khe van trên đó có thể phát sinh khí hoá;
 ω_c : diện tích mặt cắt thu hẹp; μ : hệ số lưu lượng của CTXN khi tính theo mặt cắt ω_c ;
 K_{pg} : trị số của hệ số khí hoá phân giới khi chưa làm đoạn thu hẹp; H_l : cột nước tác dụng của CTXN, tính đến trần của mặt cắt thu hẹp; $\frac{P_c}{\gamma}$: cột nước đo áp tại mặt cắt ω_c , tính từ trần mặt cắt này (khi dời đoạn thu hẹp về cuối đường xả thì $p_c = 0$); h_c : chênh lệch cao độ của đỉnh của mặt cắt ω_c và ω_K .

Trong thiết kế, việc đặt đoạn thu hẹp sau các bộ phận của CTXN, nơi có khả năng phát sinh khí hoá nguy hiểm là một giải pháp phổ biến và rất có hiệu quả. Khi đó, cùng với việc tính toán khí thực còn cần phải tính toán thủy lực nhằm xác định lại hệ số lưu lượng của đường xả khi có mặt đoạn thu hẹp.



Hình 2.12: Xác định hệ số khí hoá phân giới K_{pg} của các khe van khi mở van hoàn toàn (đối với $1,0 \leq w/h \leq 3,0$)



Hình 2.13: 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) Vùng cung đặt ngược: - Hạ lưu sắc mép: $K_{pg} = 1,9 \div 2$;
- Mép tù: $K_{pg} = 1,3 \div 1,6$; c) Van phẳng khi độ choán $> 75\%$: $K_{pg} = 1,6 \div 2,0$.

Ví dụ 2.4: Kiểm tra khả năng khí hoá dòng chảy qua một khe van phẳng của một cống dưới sâu như trên hình 2.12a, có các thông số: $W = 0,30\text{m}$; $h = 0,25\text{m}$; $d = 0,02\text{m}$. Khi mở van hoàn toàn, dòng chảy qua buồng van có $v_{TB} = 20\text{m/s}$; $\delta = 0,10\text{m}$. Cột nước trước cống $H = 20\text{m}$; Cao độ trần cống sau van bằng 401,0; bề rộng đường dẫn $B = 1,4\text{m}$; chiều cao $h_T = 2,0\text{m}$; nhiệt độ nước $t = 25^\circ$.

Giải:

1. Xác định hệ số khí hoá phân giới:

a) Cho mặt trước của khe: tính theo công thức (2-8), trong đó:

$$K_{pgy} = 1 \text{ (tra theo bảng 2.1, mục 2 với } Z_m = h = 0,25\text{m} > \delta)$$

$$d/w = 0,02/0,30 = 0,067. \text{ Tra bảng 2.2 được } K_d = 0,85.$$

$$W/h = 0,30/0,25 = 1,2.$$

Thay tất cả vào (2.8) được: $K_{pgt} = 0,96$.

b) Cho mặt sau của khe: tính theo công thức (2-9), trong đó:

$$\text{- Theo hình 2-12a: } A = 1,2 \left(1 - 10 \frac{d}{W} \right) = 0,96$$

- Theo hình 2-12-e; Với $B/h = 5,6$ ta được $K'_B = 1,4$.

- Theo hình 2-12g; Với $W/\delta = 3,0$ tra được $k_W = 0,65$.

Thay tất cả vào (2-9) được: $K_{pgs} = 0,411$.

2. Xác định hệ số khí hoá hiện tại (theo 1-5);

- Tại vị trí trung bình của khe van có:

$$H_a = 9,84\text{m (tra bảng 1.1 với cao độ tại đây bằng 400,0);}$$

$$H_{TB} = H - h_T/2 = 19,0\text{m;}$$

$$H_{DT} = H_{TB} + H_a = 19,0 + 9,84 = 28,84 \text{ (m);}$$

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

$$v_{DT} = v_{TB} = 20\text{m/s.}$$

- Thay tất cả vào công thức (1-5) được: $K = 1,399$.

3. Như vậy dòng chảy qua khe van có:

$$K > K_{pgt} \quad ; \quad K > K_{pgs}.$$

Cả mặt trước và mặt sau khe đều không có khí hoá dòng chảy.

3. Kiểm tra điều kiện khí hoá khi mở van từng phần

Trong trường hợp này, khí hoá có thể phát sinh từ 2 nguồn:

- Sự tách dòng chảy khỏi khe van, bán khe và bậc thụt, tức các bộ phận cố định của buồng van.

- Sự tách dòng chảy khỏi bộ phận động của van.

Nguồn thứ nhất là nguy hiểm với mọi chế độ chảy bất kỳ dưới cửa van (có áp hay không áp, ngập hay không ngập).

Nguồn thứ hai chỉ nguy hiểm khi chảy có áp hoặc chảy ngập không áp.

1. Khí hoá khi tách dòng khỏi van phát sinh ở vùng ranh giới giữa chủ lưu và miền xoáy và tác dụng rất mạnh lên tường bên của đường dẫn sau van, có thể gây nên xâm thực tường.

Hệ số khí hoá phân giới đối với nguồn này ít phụ thuộc vào các phần cố định và chỉ xác định bởi dạng và kết cấu của van (hình 2.13). Áp lực đặc trưng trong trường hợp này là áp lực trên trần đường dẫn ở gần mặt hạ lưu van (ở vị trí mặt cắt thu hẹp); lưu tốc đặc trưng là lưu tốc ở mặt cắt thu hẹp. Có thể lấy gần đúng:

$$v_{DT} = v_C = 0,95\sqrt{2gH_p} \quad , \quad (2.11)$$

trong đó H_p : cột nước tính toán của van (độ hạ thấp cột nước qua van). Trị số H_p phụ thuộc vào độ mở và xác định bằng tính toán thuỷ lực.

Đối với van cung (đặt thuận và ngược) trên hình 2.13 trị số K_{pg} phụ thuộc vào độ mở cửa tương đối. Ngoài ra trong phạm vi $0,1 \leq a/h \leq 0,9$, quan hệ này là tuyến tính.

Đối với van phẳng có thiết bị chống rò ở hạ lưu thì quan hệ giữa K_{pg} và độ mở cửa là tuyến tính khi độ choán của các khe là lớn ($> 75\%$). Ở đây độ choán là tỉ 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. Khi độ choán nhỏ ($< 50\%$) thì K_{pg} lớn hơn và thực tế không phụ thuộc độ mở van.

Đối với van phẳng kín nước phía thượng lưu trị số K_{pg} cũng như trường hợp kín nước phía hạ lưu và độ choán lớn.

Khi điều kiện $K > K_{pg}$ với van mở một phần không thoả mãn thì cần phải áp dụng các biện pháp chuyên môn để bảo vệ thành đường dẫn nước khỏi bị xâm thực.

2. Khí hoá khi tách dòng khỏi khe van, bán khe và bậc thụt: khi mở van một phần, nó có thể xảy ra trên toàn mặt cắt cửa nơi tạo ra vùng chảy tách dòng. Tuy nhiên, điều kiện phát sinh khí hoá trong các phần khác nhau của vùng cũng không giống nhau. Chúng được xác định đầu tiên bởi sự lùi xa của phần khe van đang xét so với bộ phận động của cửa van.

Khi chảy có áp sau van hoặc khi chảy ngập không áp thì khí hoá dòng chảy ở khe van và bậc thụt ở gần bộ phận động của van phát sinh sớm hơn so với khi mở van hoàn toàn do:

- Thu hẹp dòng chảy làm triệt tiêu chiều dày lớp biên ở trước các bộ phận vừa nêu của buồng van.

- Có sự mở rộng của dòng chảy ra 2 bên, phát sinh dòng chảy đứng dọc khe và thu hẹp vùng tách dòng sau khe hay bậc thụt.

Do những nguyên nhân này mà hình dạng mặt sau của khe van phẳng khi kín nước phía sau thực tế không có ý nghĩa trong việc xác định điều kiện khí hoá khi mở van từng phần.

Để tính toán thực tế khi van kín nước phía sau có thể lấy trị số K_{pg} đối với khe van phẳng gần với bộ phận động trong phạm vi $1,6 \leq K_{pg} \leq 2,2$ tức trị số K_{pg} cho cửa van nói chung.

Đối với các van phẳng kín nước phía trước, sự gia tăng độ choán khe van lại làm tăng trị số K_{pg} . Tuy nhiên đối với các dạng khe van thông thường giới thiệu trên hình 2.12, ảnh hưởng này không lớn và trong tính toán thực tế cho loại này có thể lấy $1,2 \leq K_{pg} \leq 1,6$.

Đối với các bán khe và bậc thụt khi mở van từng phần và không có vùng hàm khí ở khu tách dòng, trị số K_{pg} có thể lấy bằng 1.

Ở các phần khe nằm cách xa đầu van khi mở một phần thì ít chịu ảnh hưởng của việc mở van. Ảnh hưởng này thể hiện đầu tiên ở chỗ triệt tiêu trên thực tế lớp biên trên đường dẫn tới khe. Về trị số K_{pg} đối với các khe thì khi mở một phần, chúng được xác định cũng như khi mở toàn bộ, nhưng trong trường hợp này lấy trị số $K_w = 1$.

Khi đó ở gần đáy lòng dẫn ở khe, bán khe và bậc thụt mà vùng tách dòng khỏi chúng không được tiếp khí thì khí hoá sẽ xuất hiện không phụ thuộc vào chế độ chảy dưới cửa van

là có áp hay không áp (với các tia ngập hay không ngập). Nói riêng, nếu khi chảy không áp có luồng không ngập thì sự nguy hiểm phát sinh khí hoá do tách dòng khỏi khe van và cửa van ở vùng này là không xảy ra, nhưng sự phát sinh khí hoá gần đáy lòng dẫn ở khu vực khe và các bộ phận tương tự khác thực tế là không tránh khỏi. Chúng chỉ có thể loại trừ bằng cách làm các khe dạng đặc biệt và đảm bảo tiếp khí cho vùng tách dòng.

Nếu tất cả 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 tính toán khí thực cho các bộ phận này.

Ví dụ 2.5: Kiểm tra khả năng khí hoá dòng chảy của khe van phẳng kín nước phía sau nêu ở ví dụ 2.4, trường hợp van mở một phần với độ mở $a = 0,5\text{m}$; cột nước trước cống $H = 20\text{m}$; mặt cắt co hẹp sau van không bị ngập; chiều dài cống $L < 30h_N$, trên đó dòng chảy duy trì chế độ chảy xiết với độ sâu $h_N < h_T$ (khoảng không phía trên dòng chảy thông với khí trời qua vĩa ra hạ lưu cống).

Giải:

1. Xác định hệ số khí hoá phân giới.

a) Đoạn khe gần tấm chắn: có $1,6 \leq K_{pgl} \leq 2,2$ lấy theo trị số giới hạn là $K_{pgl} = 2,2$ (thiên về an toàn).

b) Đoạn khe gần đáy:

- Mặt trước: tính theo (2-8), giống như ví dụ 2-4:

$$K_{pgt} = 0,96$$

- Mặt sau: tính theo (2-9) với $K_w = 1$, các trị số khác như ở ví dụ 2-4, ta được: $K_{pgs} = 0,626$.

2. Xác định hệ số khí hoá hiện tại (theo công thức 1-5):

- Tại vị trí trung bình của đoạn khe qua nước có:

$H_a = 9,84\text{m}$ (coi như không có chân không ở mặt choán dòng chảy do diện tích thông khí lớn hơn nhiều so với diện tích thông nước).

$$H_{TB} = H - \frac{a}{2} = 19,75\text{m};$$

$$H_{DT} = H_{TB} + H_a = 19,75 + 9,84 = 29,59\text{m}.$$

$$H_{pg} = 0,32\text{m}.$$

$$- v_{DT} = v_C = \varphi \sqrt{2g(H - h_c)} \quad (*)$$

trong đó: $\varphi = 0,95$; $h_c = \alpha a$; $a = 0,5\text{m}$;

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

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

với $\eta = \frac{a}{H} = 0,025$; thay vào được: $\alpha = 0,61$.

Từ đó: $h_c = 0,305\text{m}$

Thay vào (*) được: $v_{DT} = 18,67\text{m/s}$.

- Thay tất cả vào (1-5) ta được: $K = 1,645$.

3. Như vậy, trường hợp đang xét có $K < K_{pg1}$, vậy có khả năng khí hoá dòng chảy qua khe van ở gần tấm chắn, cần có các biện pháp bảo vệ chống khí thực.

4. Kiểm tra khả năng khí hoá dòng chảy ở đầu các mô phân dòng trong buồng van

Tại đây, khí hoá có thể phát sinh do:

- Hạ thấp áp lực ở đầu do tách dòng hay do giảm áp lực quán tính khi đầu trụ thiết kế chưa hợp lí.

- Tách dòng do gồ ghề cục bộ bề mặt.

Việc dự báo khí hoá do gồ ghề bề mặt tiến hành như đã nêu trong §2.3.

Việc lựa chọn sơ bộ chiều dày trụ B_t từ điều kiện không cho phép tách dòng khỏi trụ ở loại buồng van 2 nhịp (phổ biến nhất) tiến hành như sau:

1. Buồng chỉ làm việc khi mở đồng thời và hoàn toàn các cửa van ở cả hai nhịp: $B_t \geq 0,15b$;

2. Khi một van mở hoàn toàn, còn van kia có thể mở một phần: $B_t \geq 0,4b$,

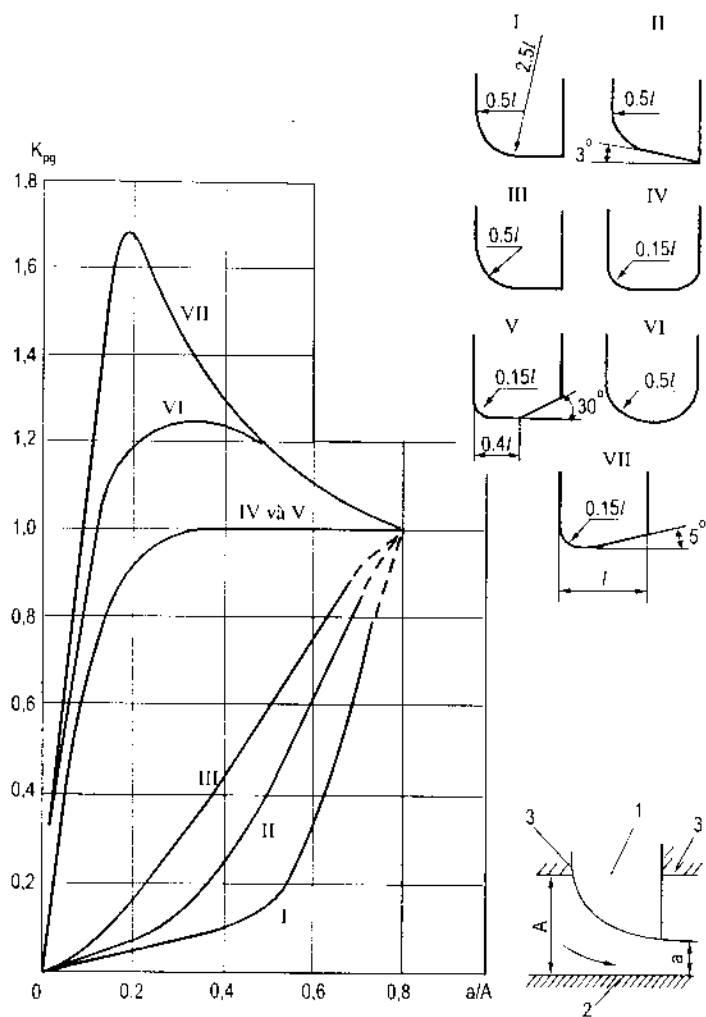
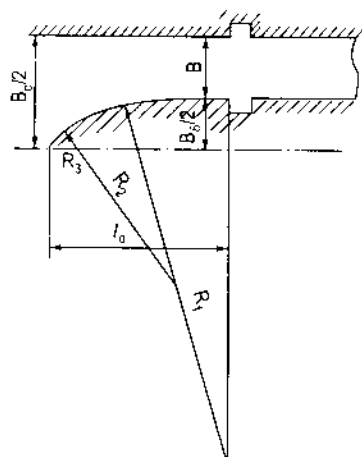
trong đó, b : chiều rộng mỗi nhịp giữa 2 trụ tại mặt cắt thu hẹp, trị số B_t/b được chính xác hoá trong quá trình tính toán. Dạng đầu trụ được chọn trên cơ sở các tài liệu về hệ số khí hoá phân giới (hình 2.14 và bảng 2.3). Trong trường hợp này cần lấy $v_{DT} = v_T$ - lưu tốc bình quân của dòng chảy ở mặt cắt có chiều rộng b ; $H_{DT} = H_a + p/\gamma$: cột nước áp lực bình quân ở chính mặt cắt này.

Khi không chọn được đường viền đầu trụ thoả mãn về mặt khí thực thì có thể chấp nhận làm buồng van thu hẹp ở sau trụ. Tính toán đoạn thu hẹp có thể tiến hành theo công thức (2.10).

Bảng 2.3. Trị số K_{pg} của các đầu trụ pin

Thông số (xem hình 2.12)	Dạng đầu trụ pin				
	Tròn	Ellíp			
		1	2	3	4
$\lambda = l_o/B_t$	2,5	1,25	1,0	1,15	2,00
$\beta = B_t/b$	0,125	0,25	0,5	0,4	0,5
R_1/B_t	0,5	5,15	1,48	2,1	9,2
R_2/B_t	-	1,48	0,70	0,75	1,6
R_3/B_t	-	-	0,15	0,15	0,15
K_{pg}	1,15	0,75	0,22	0,21	0,20

Hình 2.14: Sơ đồ đầu trụ



Hình 2.15: Hệ số khí hoá phân giới tại các vật chắn nước (chống rò)

5. Khí hoá ở khe hở vật chắn nước

Nước lách qua vật chắn ở các van dưới sâu khi cột nước $H > 10\text{m}$ thường gây nên khí hoá khe hở. Loại này phụ thuộc nhiều vào hình dạng đầu vật chắn nước và kích thước khe hở giữa vật chắn nước và mặt tựa. Sự khí hoá dòng chảy qua khe hở trên kết cấu van và phần cố định thường là không tránh khỏi. Tuy nhiên, khi khe hở rất nhỏ thì khí hoá tại đây thường không nguy hiểm.

Trên hình 2.15 cho biết hệ số khí hoá phân giới cho các dạng khác nhau của đầu vật chắn nước. Trị số K_{pg} tìm được bằng thí nghiệm tương ứng với công thức (1-5) khi H_{DT} và v_{DT} xác định tại mặt cắt ra khỏi khe hở. Các số liệu này liên quan tới điều kiện bắt đầu khí hoá chỉ ở dưới đầu vật chắn nước. Còn về khí hoá ở phía sau (ở luồng nước chảy ra) thì thực tế là thường xuyên xảy ra khi cột nước $H > 12 \div 15\text{m}$, thậm chí khi khe hở có chiều rộng chỉ vài milimét.

Chương 3

ĐỘ BỀN KHÍ THỰC CỦA VẬT LIỆU - DỰ BÁO XÂM THỰC CÁC BỘ PHẬN CỦA CÔNG TRÌNH XẢ NƯỚC

§3.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Một trong những điều kiện làm việc an toàn của các CTXN là tránh để sinh ra khí hoá dòng chảy trên các bộ phận của nó với các trường hợp làm việc khác nhau. Tuy nhiên, do đặc điểm cấu tạo của các bộ phận công trình, nhiều khi điều này không thể thực hiện được, chẳng hạn ở các mối tiêu năng, răng cắt dòng hay các buồng van của đường xả dưới sâu, cũng có trường hợp có thể thay đổi dạng chảy bao của các bộ phận công trình để loại trừ khí hoá dòng chảy, nhưng khi đó khối lượng công trình lại tăng lên đáng kể. Vì vậy, trong một số trường hợp có thể chấp nhận phát sinh khí hoá và xâm thực trên một số bộ phận công trình, với điều kiện là khống chế được mức độ xâm thực trong phạm vi cho phép và chứng minh được rằng giải pháp được chọn là kinh tế nhất.

Phạm vi cho phép ở đây là khí thực không được gây ra sự cố cho công trình, đồng thời khu vực xâm thực có thể được kiểm tra và sửa chữa định kỳ sau một thời gian khai thác nhất định.

Quan hệ đến độ bền khí thực của vật liệu có các đại lượng:

- Lưu tốc ngưỡng xâm thực: là giới hạn lưu tốc mà vật liệu có thể chịu đựng được để không bị xâm thực cả khi dòng chảy bị khí hoá. Vật liệu càng bền về khả năng chống xâm thực thì trị số v_{ng} càng cao.

- Thời kỳ ủ: các thí nghiệm cho thấy sau khi dòng chảy bị khí hoá, trạng thái này phải duy trì một thời gian nhất định thì xâm thực mới thực sự bắt đầu. Đó là thời kỳ ủ (T_u). Theo quan điểm về tác động cơ học của quá trình khí thực thì thời kỳ ủ chính là thời gian cần thiết để làm mỏi vật liệu. Vật liệu càng bền về khí thực thì thời kỳ ủ càng dài. Nhưng đối với một loại vật liệu thì thời kỳ ủ còn phụ thuộc vào hình dáng vật chảy bao và giai đoạn khí hoá (β). Ở các thí nghiệm trong phòng, thường xác định T_u ứng với giai đoạn khí hoá mạnh, khi đó khả năng xâm thực vật liệu là lớn nhất.

- Cường độ xâm thực vật liệu theo thời gian: là mức độ gia tăng xâm thực theo chiều sâu (i_h), chiều rộng (i_F) hay thể tích (i_w) trong một đơn vị thời gian. Vật liệu càng bền về khí thực thì các trị số i càng nhỏ. Cũng như T_u , trị số cường độ xâm thực của một loại vật liệu xác định cũng phụ thuộc vào hình dáng vật chảy bao và giai đoạn khí hóa. Vì vậy trong những mục tiêu quan trọng của các thí nghiệm khí thực trong phòng là xác định cho được các quan hệ này đối với những loại vật liệu khác nhau.

Khi biết được cường độ xâm thực vật liệu ứng với vật chảy bao xác định thì có thể dự báo được mức độ xâm thực tại vật chảy bao đó sau một thời gian nhất định.

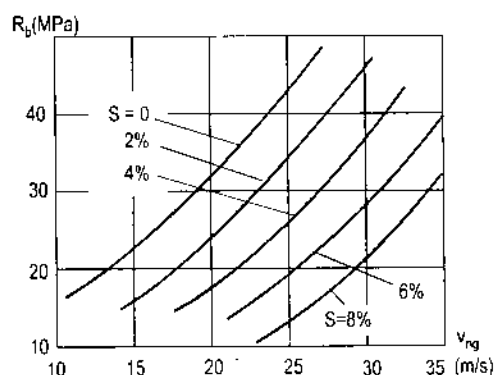
§3.2. LƯU TỐC NGƯỠNG VÀ LƯU TỐC CHO PHÉP KHÔNG XÂM THỰC

1. Lưu tốc ngưỡng

Như đã nêu trên, lưu tốc ngưỡng là trị số giới hạn của lưu tốc không gây ra xâm thực vật liệu ngay cả khi dòng chảy bị khí hoá. Ta kí hiệu lưu tốc ngưỡng là v_{ng} . Đây là trị số lưu tốc cục bộ của dòng chảy trên bề mặt vật liệu, hay chính xác hơn là trên đỉnh các mẫu nhám tự nhiên hay nhân tạo tồn tại trên bề mặt vật liệu.

Trị số của v_{ng} phụ thuộc nhiều yếu tố khác nhau như loại vật liệu, hình dáng vật chảy bao, giai đoạn khí hoá, độ hàm khí trong nước... Để xác định trị số v_{ng} cho một loại vật liệu xác định, thường dùng phương pháp thí nghiệm trong phòng, trên các giá khí thực có thể tạo được lưu tốc lớn. Ngoài ra việc thu thập các tài liệu về những công trình thực tế là rất quan trọng.

Trên hình (3.1) trình bày trị số lưu tốc ngưỡng của các loại bê tông khác nhau phụ thuộc vào độ hàm khí trong nước S . Các tài liệu này thu được từ thí nghiệm trên giá khí thực có kích thước buồng công tác $b \times h = 160 \times 26\text{mm}$ và với vật chảy bao hình trụ có $d = 28\text{mm}$, khi dòng chảy ứng với giai đoạn khí hoá mạnh.



Hình 3.1: Trị số lưu tốc ngưỡng của các loại bê tông; S : độ hàm khí trong nước

2. Lưu tốc cho phép không xâm thực

Khi đánh giá khả năng khí thực trên thành một lòng dẫn với hình dáng vật chảy bao xác định, người ta sử dụng khái niệm lưu tốc cho phép không xâm thực v_{CP} . Về mặt nguyên tắc, có thể sử dụng lưu tốc ngưỡng trong vai trò v_{CP} . Tuy nhiên, như đã nêu trên, lưu tốc ngưỡng là trị số lưu tốc cục bộ trên bề mặt lòng dẫn mà việc xác định nó trong nhiều trường hợp là khá phức tạp. Đối với một dòng chảy bất kì, thuận tiện nhất là sử dụng trị số lưu tốc trung bình mặt cắt khi đánh giá tác động của nó lên thành rắn. Vì vậy ở đây định nghĩa lưu tốc cho phép không xâm thực v_{CP} là trị số lưu tốc trung bình mặt cắt mà ứng với nó, khí thực không xảy ra ngay cả khi dòng chảy bị khí hoá lâu dài.

Giữa trị số v_{CP} và v_{ng} có quan hệ với nhau thông qua quy luật phân bố lưu tốc trong dòng chảy; quy luật này đến lượt mình lại phụ thuộc vào hình dạng và kích thước lòng dẫn, hình dáng vật chảy bao đang được xem xét.

Đối với các dòng chảy trên kênh dốc bê tông, mặt cắt chữ nhật, phương pháp xác định lưu tốc cho phép như sau [8].

Như đã nêu trong §2.3, lưu tốc cục bộ trên đỉnh mấu nhám cách mặt cơ bản của thành một khoảng y được xác định theo công thức (2-4). Khi trị số v_y đúng bằng lưu tốc ngưỡng xâm thực vật liệu v_{ng} thì lưu tốc trung bình mặt cắt tương ứng sẽ là v_{CP} . Từ đó ta có:

$$v_{CP} = \frac{\varphi_v \cdot v_{ng}}{\sqrt{\xi_1 \cdot \xi_2}} \quad (3.1)$$

Ứng với mỗi mặt cắt trên dốc, từ kết quả vẽ đường mặt nước, sẽ xác định được các thông số thủy lực của dòng chảy trên đó (v_{TB} , h , ...). Mặt khác, theo các chỉ dẫn ở §2.3, cũng xác định được φ_v , ξ_1 , ξ_2 , còn v_{ng} có thể tham khảo đồ thị hình 3.1, như vậy trị số v_{CP} được xác định. So sánh v_{CP} với v_{TB} , sẽ kết luận được là tại mặt cắt đang xét có bị khí thực hay không, nếu ở đây có tồn tại các gồ ghề cục bộ.

Sử dụng phương pháp này, có thể giải các bài toán sau:

1. Kiểm tra khả năng xâm thực lòng dẫn tại các vị trí khác nhau khi đã cho các yếu tố hình học và thủy lực trên đó.

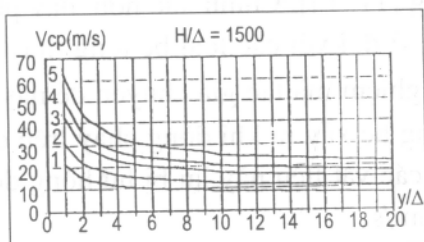
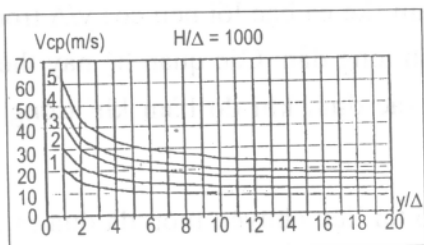
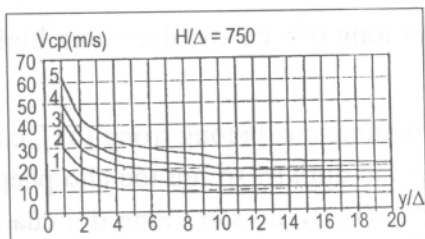
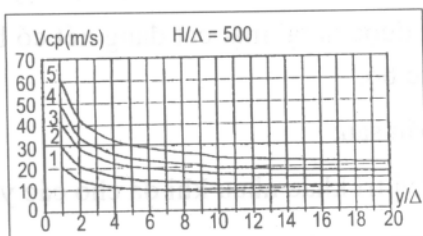
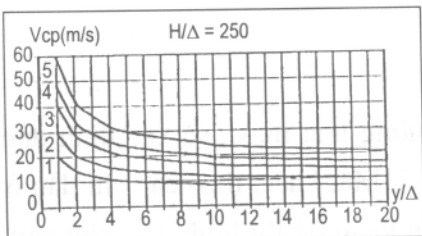
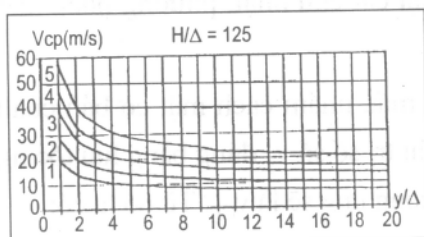
2. Xác định độ gồ ghề cục bộ cho phép trên mặt lòng dẫn có các đặc trưng hình học và thủy lực đã biết.

Theo phương pháp này, sử dụng tài liệu lưu tốc ngưỡng của bê tông trong [51], các tác giả của [8] đã thiết lập được một bộ các biểu đồ để xác định trị số lưu tốc cho phép phụ thuộc vào mác bê tông, đặc trưng hình dạng lòng dẫn (H/B), độ sâu tương đối của dòng chảy (H/Δ), chiều cao tương đối của đỉnh mấu nhám (kể cả bậc lỗi nếu có) y/Δ trong đó Δ là chiều cao trung bình của mấu nhám trên thành lòng dẫn. Các quan hệ này thể hiện trên hình (3-2). Chú ý rằng các trị số v_{CP} ở đây xác định khi độ hàm khí trong nước $S = 0$. Khi $S > 0$, trị số của v_{CP} sẽ tăng lên.

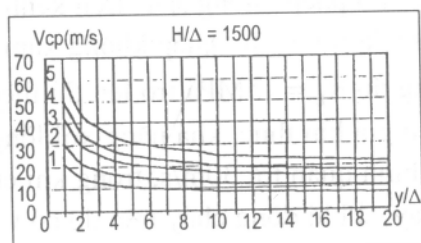
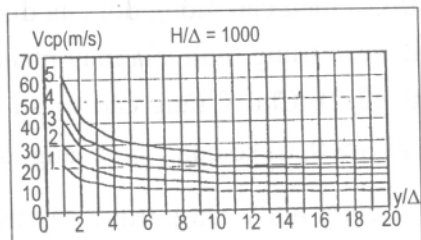
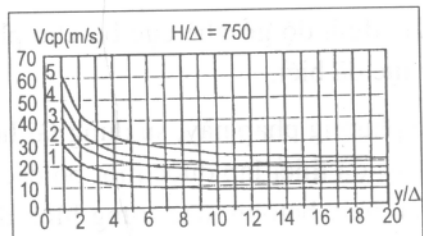
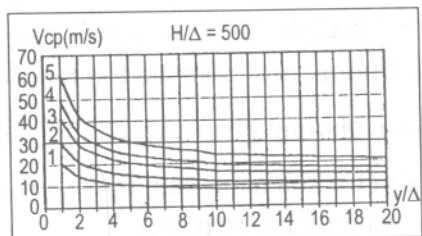
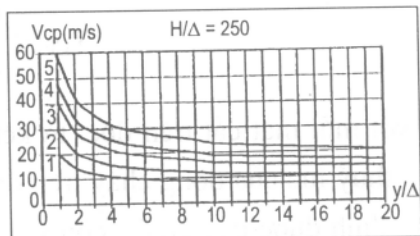
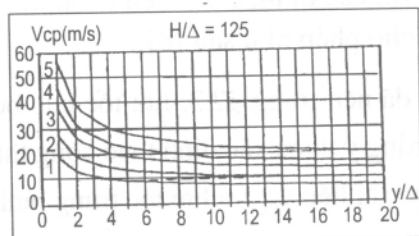
Ở đây, cũng lưu ý rằng, trước đây trong một số tài liệu chuyên môn đã đưa ra trị số "lưu tốc cho phép không xói" trên kênh dẫn bê tông [11, 14]. Chính xác hơn, đây phải là các trị số "lưu tốc cho phép không xâm thực", bởi vì đối với các loại bê tông thủy công có cường độ $R_b = 15\text{MPa}$ trở lên thì theo các thí nghiệm mà tác giả chuyên đề này thực hiện trên giá khí thực, khả năng xói lòng dẫn không hề xảy ra khi dòng chảy trên đó có lưu tốc bình quân tới 30m/s, trong khi cũng chính các vật liệu này lại bị hư hỏng do khí thực ngay cả khi dòng chảy trên đó có $v < (20 - 25)\text{m/s}$.

So sánh các tài liệu về v_{CP} trên hình 3.2 với các trị số v_{CP} nêu trong [11, 14] cho thấy các quan hệ trên hình 3.2 có tính tổng quát cao hơn nên chúng được đề nghị sử dụng khi thiết kế các lòng dẫn bê tông theo điều kiện không cho phép bị xâm thực.

Trường hợp $H/B = 1/16$

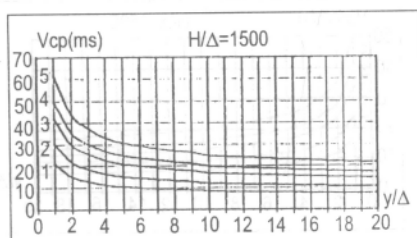
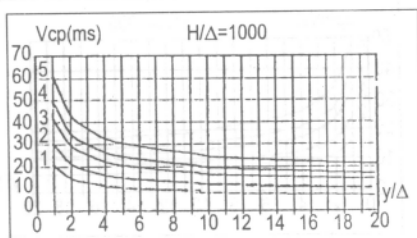
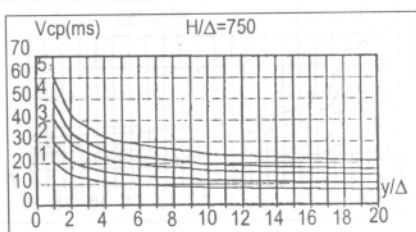
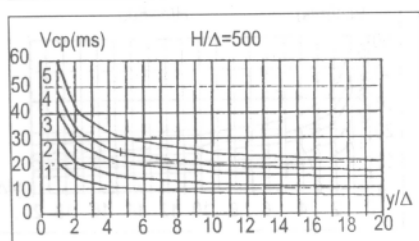
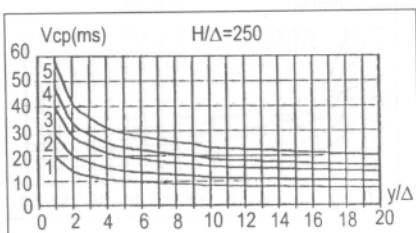
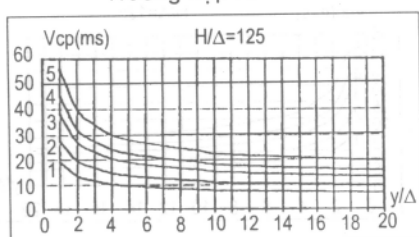


Trường hợp $H/B = 1/8$

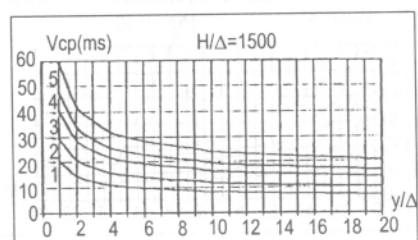
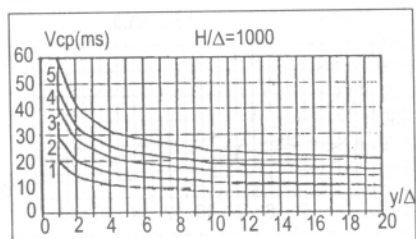
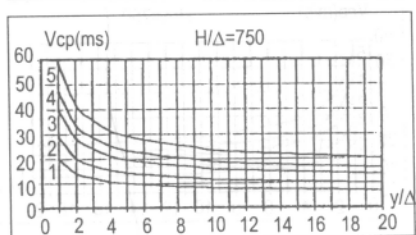
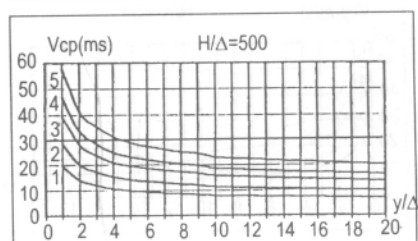
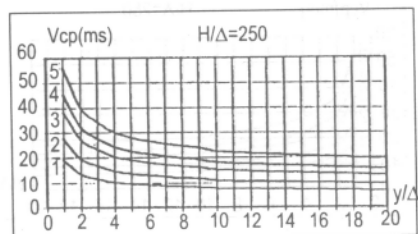
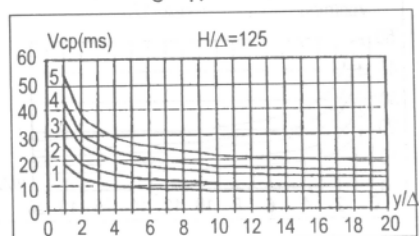


Hình 3.2: Các quan hệ $v_{CP} \sim (H/B, H/\Delta, R_R, Y/\Delta)$

Trường hợp $H/B = 1/4$

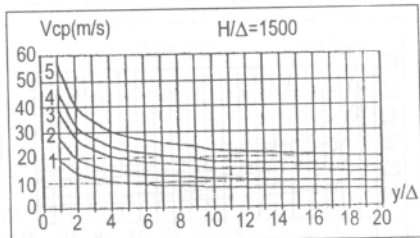
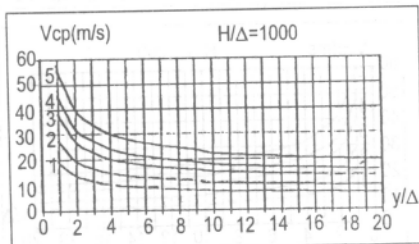
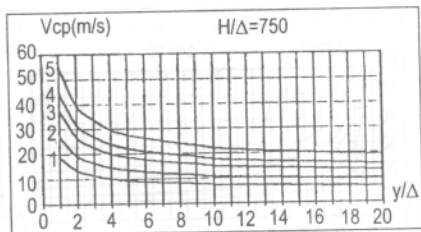
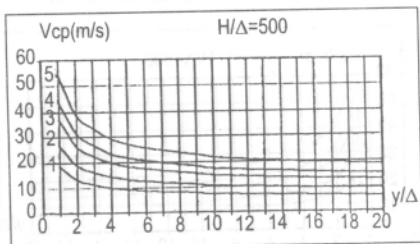
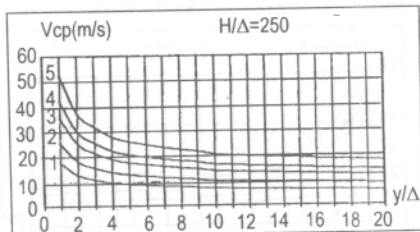
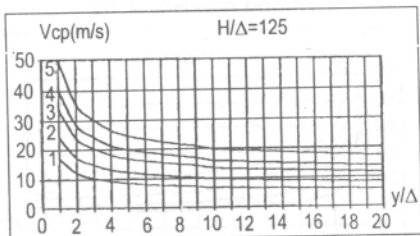


Trường hợp $H/B = 1/2$

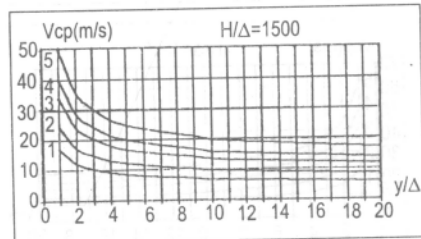
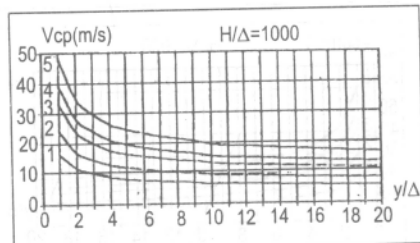
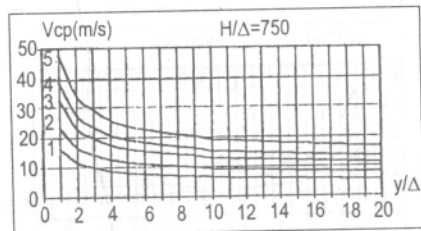
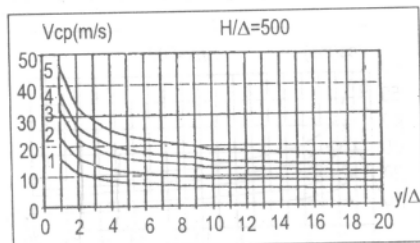
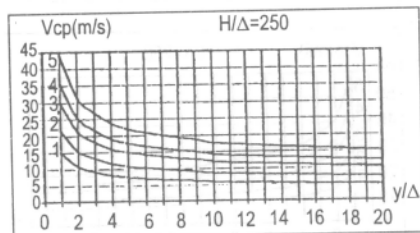
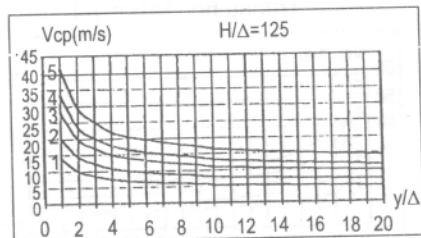


Hình 3.2: (tiếp theo)

Trường hợp $H/B = 1$



Trường hợp $H/B = 2$



Hình 3.2: (tiếp theo)

Ví dụ 3.1: Kiểm tra khả năng khí thực tại vị trí một bậc lỗi trên dốc nước bằng bê tông cốt thép M200, tại vị trí cách đầu dốc 50m; tại đây dòng chảy có độ sâu $h = 3,0\text{m}$; lưu tốc trung bình $v_{TB} = 18\text{m/s}$; bề rộng dốc nước $B = 24,0\text{m}$. Mặt dốc có độ nhám tương đương $\Delta = 0,5\text{mm}$; chiều cao bậc lỗi $Z_m = 20\text{mm}$.

Giải: Lưu tốc cho phép không xâm thực xác định theo (3.1), trong đó:

- $v_{ng} = 13,2\text{m/s}$ (tra theo đồ thị hình 3.1 với $R_B = 20\text{MPa}$, độ hàm khí $s = 0$).

- Ứng với $\frac{L}{\Delta} = \frac{50}{(0,5 \times 10^{-3})} = 10^5$, tra đồ thị hình 2.11 được $\frac{\delta}{\Delta} = 1,26 \times 10^3$, từ đó:
 $\delta = 1,26 \times 10^3 \times 0,5\text{mm} = 0,63\text{m}$.

- Chiều cao đỉnh mấu nhám $y = Z_m + \Delta = 20,5\text{mm}$.

$\frac{y}{\Delta} = 41$; tra đồ thị $\xi_1 = f(y/\Delta)$ (hình 2.11) được:

$$\xi_1 = 3,7 \times 10^2.$$

- Từ trị số $\frac{\delta}{\Delta} = 1,26 \times 10^3$, tra đồ thị $\xi_2 = f\left(\frac{\delta}{\Delta}\right)$ (hình 2.11) được:

$$\xi_2 = 1,2 \times 10^{-3}.$$

- Với mặt cắt ngang hình chữ nhật, trị số φ_v , xác định theo công thức (2-5) cho kết quả: $\varphi_v = 0,772$.

Thay tất cả vào (3-1) ta được: $v_{CP} = 15,29 \text{ (m/s)}$.

Như vậy dòng chảy tại vị trí đang xét có $v_{TB} > v_{CP}$, sau bậc lỗi sẽ có khả năng xuất hiện khí thực, cần áp dụng các biện pháp phòng ngừa (xem chương 4).

Ví dụ 3.2: Xác định độ gồ ghề cho phép không xâm thực trên một dốc nước dài 160m, mặt cắt ngang hình chữ nhật có $B = 10\text{m}$; độ dốc $i = 0,20$; lưu lượng thiết kế $Q = 228,0\text{m}^3/\text{s}$; độ sâu nước ở mặt cắt đầu dốc $h_d = 3,09\text{m}$. Vật liệu làm dốc là bê tông cốt thép M200 có độ nhám trung bình bề mặt $\Delta = 0,45\text{mm}$; hệ số nhám $n = 0,014$.

Giải:

- Bước 1: Vẽ đường mặt nước trên dốc, từ đó xác định được thông số thủy lực tại từng mặt cắt, tức các quan hệ $h = h(l)$; $v_{TB} = v_{TB}(l)$; $\delta = \delta(l)$.

- Bước 2: Tại mỗi mặt cắt xác định, khống chế lưu tốc cho phép $v_{CP} = v_{TB}$; từ các thông số thủy lực trên mặt cắt, xác định được φ_v , ξ_2 , từ (3-1) xác định được:

$$\xi_1 = \left(\frac{\varphi_v \cdot v_{ng}}{\sqrt{\xi_2} \cdot v_{CP}} \right)^2 \quad (3-2)$$

(Với bê tông M200, lấy $v_{ng} = 13,2\text{m/s}$; ứng với $s = 0$).

- Bước 3: Từ biểu đồ quan hệ $\xi_1 = f(y/\Delta)$ (hình 22.11), xác định được y/Δ , từ đó:

$$Z_m = \left(\frac{y}{\Delta} - 1 \right) \cdot \Delta \quad (3-3)$$

Các kết quả tính toán cụ thể ghi trên bảng 3.1.

Bảng 3.1. Tính toán độ gồ ghề cho phép trên mặt tràn (Z_m)

Mặt cắt	L (m)	h (m)	V_{TB} (m/s)	$\frac{L}{\Delta}$	$\frac{\delta}{\Delta}$	ξ_2	$\delta(m)$	ϕ_v	ξ_1	$\frac{y}{\Delta}$	Z_m (m)
0	0	3,09	7,379	0	3	0,0100	0,0014	0,9998	320	22,5	0,010
1	20	1,85	12,324	44,444	600	0,0013	0,270	0,9635	819	800	0,360
2	40	1,52	15,000	88,889	1100	0,00114	0,495	0,9591	625	250	0,112
3	60	1,352	16,864	133,333	1700	0,00106	0,765	0,9353	505	110	0,049
4	80	1,219	18,704	177,778	2080	0,00100	0,936	0,9170	419	61	0,027
5	100	1,146	19,895	222,222	2520	0,00098	1,134	0,8981	362	36	0,016
6	120	1,086	20,994	266,666	2413	0,00095	1,086	0,8972	335	29	0,013
7	140	1,044	21,839	311,111	2320	0,00093	1,044	0,8972	316	24	0,010
8	160	1,010	22,574	355,555	2244	0,00091	1,010	0,8972	302	21	0,009

§3.3. ĐỘ BỀN KHÍ THỰC CỦA VẬT LIỆU

1. Chỉ dẫn chung

Như đã biết các vật liệu khác nhau thì có mức độ bị xâm thực khác nhau khi có tác động của dòng chảy bị khí hoá. Một trong những đại lượng biểu thị khả năng bị xâm thực của vật liệu là cường độ xâm thực theo thời gian (i_h , i_F , i_w). Trong thực tế, độ sâu hố xâm thực h_x là một thông số quan trọng nhất biểu thị mức độ xâm thực vật liệu, nên sau đây sẽ lấy cường độ xâm thực theo chiều sâu i_h là đối tượng xem xét chính.

Việc nghiên cứu xác định trị số i_h đối với từng loại vật liệu có ý nghĩa trong việc dự báo khả năng xâm thực các bộ phận của CTXN trong suốt thời gian làm việc của nó. Tuy nhiên, thực tế nghiên cứu cho thấy quá trình khí thực phụ thuộc nhiều yếu tố khác nhau (mác vật liệu, hình dáng vật chảy bao, giai đoạn khí hoá dòng chảy, độ hàm khí trong nước...). Vì vậy ý tưởng dùng một hàm nào đó để biểu diễn tất cả các mối quan hệ này là phi hiện thực. Cho đến nay, các tài liệu về khí thực đã tích lũy được chủ yếu là biểu diễn quan hệ giữa mức độ xâm thực với từng thông số riêng biệt trong khi cho rằng các thông số khác là không đổi.

Đối với các CTXN, các tài liệu về khí thực chủ yếu thu được từ các điều kiện thí nghiệm trong phòng và vì các điều kiện thủy lực của công trình thực đa dạng và phức tạp

hơn nhiều so với các điều kiện thí nghiệm nên khi áp dụng các kết quả này cần phải rất thận trọng. Nói chung các tài liệu thí nghiệm trong phòng được sử dụng để dự báo định hướng khả năng khí thực trên các bộ phận công trình, và để xác định độ bền khí thực tương đối của các vật liệu khác nhau.

Ngoài ra, cũng đã tích lũy một số tài liệu về xâm thực các công trình thực tế (xem chương 1). Tuy nhiên, các tài liệu thu được là không có tính hệ thống và còn xa mới có thể sử dụng được khi tính toán khí thực các công trình tương tự.

2. Độ bền khí thực tương đối

Một trong những tiêu chuẩn để so sánh khả năng chống xâm thực của các vật liệu khác nhau là độ bền khí thực tương đối - nó là đại lượng nghịch đảo của cường độ xâm thực theo chiều sâu và lấy một loại vật liệu phổ biến nào đó làm chuẩn.

Độ bền khí thực tương đối của các vật liệu bê tông như trên bảng (3.2) (tài liệu thí nghiệm của VNIIG) đối với các vật liệu làm lớp bọc chống xâm thực, độ bền khí thực tương đối của chúng như trên bảng 3.3 (tài liệu thí nghiệm của CKB "Moxghidôsôstal", khí thực do hình trụ $d = 30\text{mm}$; $v = 32\text{m/s}$; $\beta = \beta_0$).

Bảng 3.2. Độ bền khí thực của bê tông

Lượng dùng xi măng (kg/m^3)	Thông số vữa bê tông					i_h (cm/h)	Độ bền khí thực tương đối
	N/X	r	Thành phần cấp phối theo khối lượng	Nén (R_b)	Kéo (R_k)		
480	0,35	0,40	1: 1,46: 2,20	35	4,1	0,006	9,0
420	0,40	0,40	1: 1,72: 2,60	31	3,8	0,013	4,1
336	0,50	0,40	1: 2,26: 3,41	23	3,0	0,021	2,6
280	0,60	0,40	1: 2,82: 4,23	19	2,3	0,054	1,0

Bảng 3.3. Độ bền khí thực tương đối của các vật liệu bọc

Thứ tự	Loại vật liệu bọc	Độ bền khí thực tương đối
1	Thép CT3	1,0
2	Lớp bọc êpôcxít - tiokol	0,2
3	Lớp bọc êpôxít	0,1
4	Pôliprôpilên	1,0
5	Cao su	8 - 10

3. Ảnh hưởng của giai đoạn khí hoá

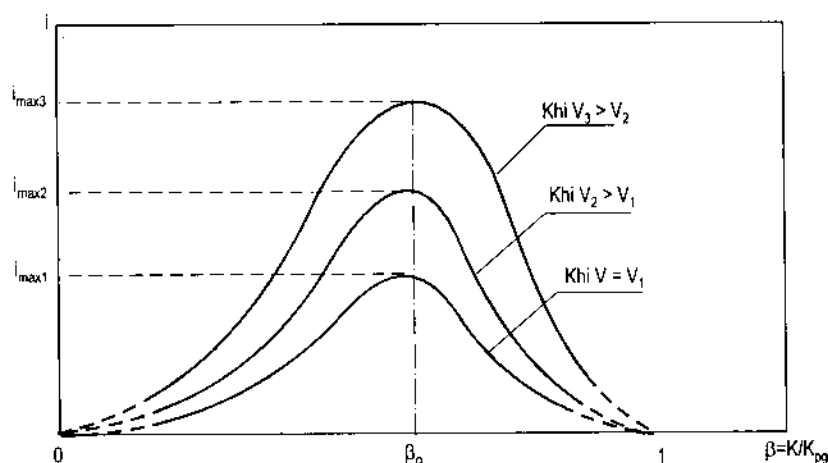
a) *Định tính*: Giai đoạn khí hoá dòng chảy có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng xâm thực vật liệu.

- Ở giai đoạn bắt đầu khí hoá ($0,7 - 0,8 < \beta \leq 1$), mật độ các bọt khí còn thưa và sự nổ của chúng chưa đủ mạnh để làm bong tróc vật liệu nên khả năng xâm thực của dòng chảy là rất nhỏ, hầu như không đáng kể.

- Ở giai đoạn khí hoá mạnh ($0,1 - 0,2 < \beta \leq 0,7 - 0,8$), khả năng xâm thực vật liệu của dòng chảy là lớn nhất do mật độ dày đặc và cường độ mạnh của các vụ nổ bọt khí gần thành rắn dễ dàng gây mòn vật liệu và làm cho chúng bị bong tróc từng mảng. Cường độ xâm thực diễn ra mạnh nhất ở phần ngọn của đuốc khí, nơi có mật độ bọt khí nổ cao nhất.

- Ở giai đoạn siêu khí hoá, đuốc khí phát triển trên một phạm vi dài và hầu như phần ngọn không rõ giới hạn, vì vậy mà các bọt khí cũng bị phân tán trên toàn dòng chảy, sự nổ của chúng không tập trung vào một khu vực nên khả năng xâm thực rất nhỏ.

Sơ đồ biểu diễn ảnh hưởng của giai đoạn khí hoá đến cường độ xâm thực như trên hình 3.3.



Hình 3.3: Ảnh hưởng của giai đoạn khí hoá β đến cường độ xâm thực

Trị số của giai đoạn khí hoá tương ứng với cường độ xâm thực lớn nhất kí hiệu là β_0 . Thí nghiệm cho thấy trị số β_0 biến đổi trong khoảng $0,3 \div 0,7$ và phụ thuộc vào hình dáng vật chảy bao.

b) Quan hệ định lượng

Các tài liệu về cường độ xâm thực nêu trên các bảng 3.1, 3.2 là ứng với giai đoạn khí hoá mạnh ($\beta = \beta_0$). Theo tài liệu thí nghiệm của Viện VNIIG, trị số $\beta_0 = 0,6 - 0,7$, lấy trung bình $\beta_0 = 0,675$. Cường độ xâm thực ứng với các giai đoạn khí hoá khác như sau:

$$\text{- Khi } \beta \geq 0,675: \quad i = i_{\max} (1,9 \sqrt{0,95 - \beta}) \quad (3-4)$$

$$\text{- Khi } \beta < 0,675: \quad i = i_{\max} (1,83 \sqrt{\beta - 0,375}) \quad (3-5)$$

Các công thức này rút ra từ kết quả tổng hợp tài liệu thí nghiệm các mẫu bê tông có mác tương đối thấp. Theo các kết quả này, xâm thực thực tế chỉ xảy ra trong phạm vi $\beta = 0,375 \div 0,95$.

Trong phương pháp dự báo xâm thực theo thể tích, MISI (Trường Đại học Xây dựng Mátxcova) đã đề nghị công thức:

$$i = i_{\max} \exp \left[-a(\beta - \beta_0)^2 \right], \quad (3-6)$$

trong đó, a : hệ số kinh nghiệm. Theo tài liệu nghiên cứu của nhiều tác giả, với vật chảy bao hình trụ tròn, đề nghị lấy $a = 20$ và $\beta_0 = 0,3 - 0,7$; Đối với bậc lỗi có chiều cao tương đối $Z_m/H \leq 0,2 \div 0,33$ hay khe van, trong tính toán có thể lấy $a = 20$; $\beta_0 = 0,55$.

Theo phương pháp của CKB "Mosgidrôxtal", ảnh hưởng của giai đoạn khí hoá đến khả năng xâm thực như sau:

$$i = i_{\max} \left(\frac{\beta}{\beta_0} \right)^2 \left(\frac{1-\beta}{1-\beta_0} \right)^x, \quad (3-7)$$

trong đó, $x = 2,0 \div 2,2$ khi xâm thực trên bề mặt vuông góc với trục của vật tạo xoáy (tường bên cạnh bậc thụt, tường của buồng van ống có áp, mặt phẳng sau hình trụ tạo xoáy...) và $x = 0,9 \div 1,0$ khi xâm thực bề mặt song song với trục tạo xoáy (khe nối, ngưỡng, bậc lỗi và bậc thụt trên bề mặt...).

$$\text{Ngoài ra:} \quad \beta_0 = \frac{2}{2+x}. \quad (3-8)$$

Theo đó, khi $x = 2,0 \div 2,2$ thì $\beta_0 = 0,5 \div 0,475$; khi $x = 0,9 \div 1,0$ thì $\beta_0 = 0,69 \div 0,67$. Các trị này thực tế gần trùng với $\beta_0 = 0,675$ do VNIIG đề nghị ở trên.

Trong đa số các trường hợp có thể lấy tỉ số $i/i_{\max}$ theo chiều sâu (bình quân) và theo thể tích xâm thực là như nhau.

4. Ảnh hưởng của lưu tốc

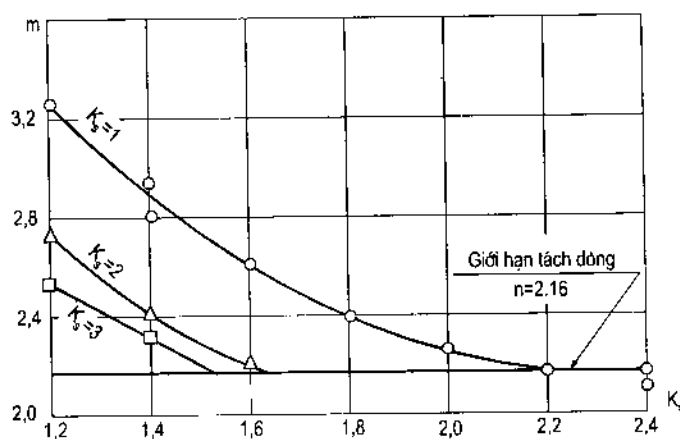
Với cùng một loại vật liệu và hình dáng vật chảy bao, dòng chảy có lưu tốc càng cao thì khả năng xâm thực càng mạnh. Với các vật liệu bê tông, theo tài liệu thí nghiệm của VNIIG, có thể biểu diễn gần đúng quan hệ giữa cường độ xâm thực và lưu tốc như sau:

$$i = i_{30} \left(\frac{v}{30} \right)^m, \quad (3-9)$$

trong đó, i_{30} : cường độ xâm thực khi dòng chảy có $v = 30\text{m/s}$ (xem bảng 3.2);

i : cường độ xâm thực khi dòng chảy có lưu tốc v ;

m : số mũ, có thể lấy $m = 7 \div 8$. Ở một số thí nghiệm khác, trị số m thu được nhỏ hơn ($m = 3 \div 6$). Thực ra trị số m phụ thuộc vào loại vật chảy bao: vật chảy bao càng ít thuận dòng thì trị số m càng lớn. Trị số m của các cửa vào dạng elíp của đường xả đáy có áp do các tác giả của [55] đề nghị như trên hình 3.4.



Hình 3.4: Trị số m của các cửa vào dạng elíp của đường xả đáy có áp

Các kết quả trên hình 3.4 nhận được khi thí nghiệm hàng loạt mô hình trên giá khí thực tại trường Đại học Thủy lợi Mátxcova (MGMI), vật liệu thí nghiệm là loại bê tông tương đương (xem [57]) có $R_b = 6\text{MPa}$. Từ hình 3.4, dễ nhận thấy là với các cửa vào "không tách dòng", trị số m đạt cực tiểu và bằng 2,16.

5. Ảnh hưởng của độ hàm khí trong nước. Thực nghiệm cho thấy mức độ hàm khí trong nước càng lớn thì khả năng xâm thực của dòng chảy càng giảm. Điều này được giải thích như sau. Khi dòng chảy có lượng hàm khí lớn thì khả năng ép co được càng tăng. Khi các bọt khí nổ trong môi trường như vậy thì xung lực sẽ bị giảm đi rất nhiều trước khi truyền đến thành rắn. Nói cách khác, môi trường nước có độ hàm khí lớn sẽ đóng vai trò như một lớp đệm đàn hồi bảo vệ thành rắn khỏi tác dụng mạnh của các lực xung kích.

Như vậy, trong những điều kiện khác nhau, dòng chảy có độ hàm khí lớn sẽ cho cường độ xâm thực vật liệu nhỏ. Ở một khía cạnh khác, như trên hình 3.1 cho thấy dòng chảy có độ hàm khí càng cao thì lưu tốc ngưỡng xâm thực càng lớn.

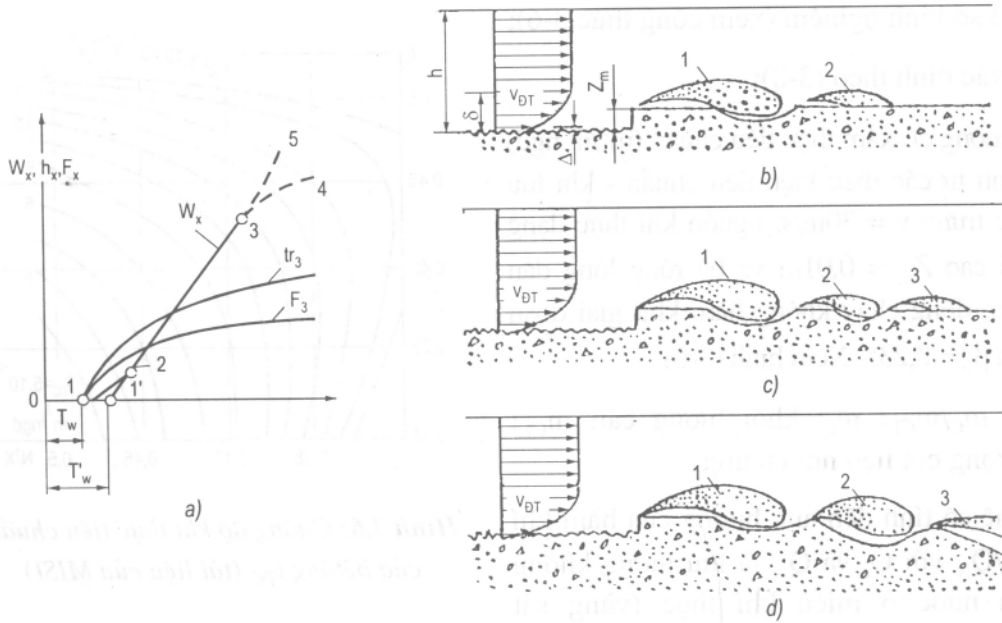
§3.4. DỰ BÁO KHÍ THỰC CÁC BỘ PHẬN CỦA CÔNG TRÌNH XẢ NƯỚC

Để tiến hành so sánh chọn phương án hợp lý cho các bộ phận khác nhau của CTXN và đề xuất biện pháp xử lý trong trường hợp có khí thực, trong thiết kế cần tiến hành tính toán dự báo khí thực.

Do tính phức tạp của quá trình khí thực, việc dự báo khí thực chỉ là gần đúng và mang tính định hướng. Hiện nay, đang tồn tại một số phương pháp dự báo khác nhau, trong đó phương pháp dự báo thể tích xâm thực do Trường Đại Xây dựng Mátxcova (MISI) đề xuất [38] là có triển vọng áp dụng nhiều nhất.

Theo phương pháp này, kích thước cho phép lớn nhất của vùng xâm thực được giới hạn khi bắt đầu pha thứ hai của quá trình phát triển khí thực (hình 3.5). Qua tính toán sẽ xác định được tổng thời gian T cho đến khi đạt được thể tích xâm thực giới hạn cho phép

này, từ đó đánh giá được tính khả thi và tính hợp lý của phương án công trình đang được xem xét.



Hình 3.5: Sự phát triển của khí thực theo thời gian

a) Sơ đồ các đường cong biểu diễn quá trình gia tăng chiều sâu (h_x), diện tích (F_x) và thể tích (W_x) xâm thực theo thời gian.

b) Pha đầu tiên của quá trình khí thực; c, d. Các pha tiếp theo của quá trình; 1-3: miền khí hoá.

Trong trường hợp chung, ở các thời đoạn làm việc khác nhau của công trình, chế độ thủy lực của CTXN (cột nước, lưu lượng, độ mở van...) là khác nhau, tức các đại lượng v , K , β là thay đổi.

Để tính toán, cần xác định sơ bộ trạng thái thủy lực (v , β) cho các nguồn khí thực khác nhau (cửa vào, buồng van, mố tiêu năng...) mà trong khoảng thời gian ΔT_i , các trị số này có thể coi là không đổi.

Công thức để xác định 1 chu kỳ cho phép của quá trình khí thực như sau:

$$W_x = \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{v_i}{30} \right)^{6,5} \Delta T_i \exp \left[-a(\beta_i - \beta_o)^2 \right] \right\} \leq \frac{10^{-4}}{l\phi\alpha i_{tc}} \left(1 + 0,752 \ln \frac{W_{CP}}{M} \right), \quad (3-10)$$

trong đó: v_i , β_i - tương ứng là lưu tốc đặc trưng (m/s) và giai đoạn khí thực tại mặt cắt tính toán, coi là không đổi trong thời đoạn ΔT_i (ngày đêm);

l - chiều dài tuyến bậc lỗi vuông góc với dòng chảy hay đường kính đỉnh tròn nhô lên mặt lòng dẫn (m);

ϕ : hệ số hình dạng của vật chảy bao, với bậc lõm và khe van phẳng, $\phi = 1$; với đỉnh tròn: $\phi = 35$;

a : hệ số kinh nghiệm (xem công thức 3-6);

β_o : xác định theo (3-8);

i_{tc} : cường độ xâm thực tiêu chuẩn ($m^3/m.ngđ$) xác định từ các điều kiện tiêu chuẩn - khi lưu tốc đặc trưng $v = 30m/s$; nguồn khí thực dạng bậc lõm cao $Z_m = 0,01m$ và bề rộng lòng dẫn $l = 1m$; dòng chảy không hàm khí; giai đoạn khí hóa $\beta_o = 0,235$. Xem hình (3-6).

$\xi = m_c/m_{CL}$; m_c : khối lượng cát; m_{CL} : khối lượng cốt liệu nói chung;

α : hệ số tính đến ảnh hưởng của hàm khí $s = Q_a/Q_N$ với Q_a và Q_N là lưu lượng không khí và nước ở miền khí thực (vùng sát thành). Khi $s = 0$ thì $\alpha = 1$; khi $0,01 \leq s \leq 0,1$ thì $\alpha = 0,11 - s$;

M : hệ số tỉ lệ, có quan hệ với kích thước hình học của nguồn khí thực: với bậc lõm, $M = lZ_m^2$; với đỉnh hình trụ đường kính d : $M = d^3$ (ở đây l , Z_m , d tính theo mét);

W_{CP} : thể tích xâm thực cho phép (m^3) trên một nguồn khí thực, lấy theo đặc điểm kết cấu công trình và kinh nghiệm khai thác. Chẳng hạn, có thể tham khảo trị số của W_{CP} trên hình 3.7.

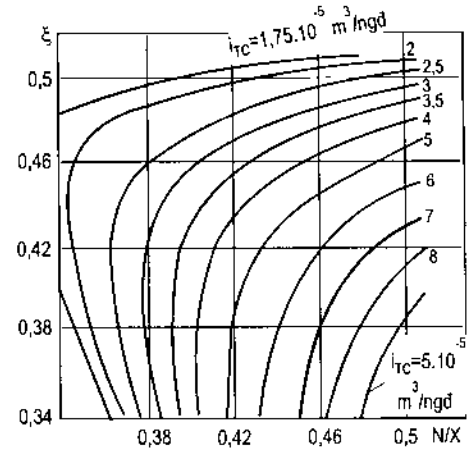
Khi tính toán theo (3-10), ta xác định được thời gian của một chu kỳ công tác:

$$T = \sum \Delta T_i \quad (3-11)$$

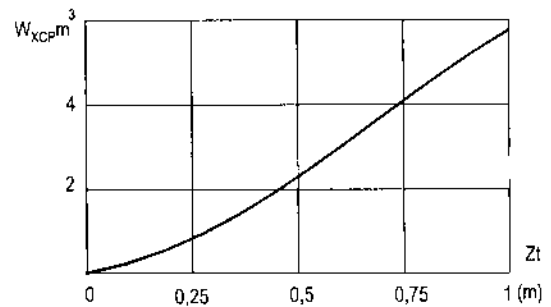
Nếu $T \leq 1$ là không cho phép vì khi đó khí thực có thể xảy ra ngay khi đang xả lũ và phương án đang xét là không thể chấp nhận.

Nếu $T > 1$ năm thì tùy trị số cụ thể của T mà định ra chu kỳ phục hồi lớp bọc bị xâm thực.

Trong thực tế, công tác phục hồi các lớp bọc thường là khó khăn, phức tạp, do đó phương án công trình có chu kỳ phục hồi T lớn sẽ dễ được chấp nhận hơn.



Hình 3.6: Cường độ khí thực tiêu chuẩn của bê tông i_{TC} (tài liệu của MISI)



Hình 3.7: Biểu đồ định hướng trị số W_{CP} theo chiều dày của thành lòng dẫn Z_l

Chương 4

GIẢI PHÁP NGĂN NGỪA KHÍ THỰC NGUY HIỂM Ở CÁC BỘ PHẬN CỦA CÔNG TRÌNH XẢ NƯỚC

§4.1. GIỚI HẠN SỰ KHÍ HOÁ DÒNG CHẢY Ở GIAI ĐOẠN ĐẦU

Như trên đã chỉ ra (hình 3.3), ở giai đoạn đầu của quá trình khí hoá, khả năng xâm thực rất nhỏ và thường không nguy hiểm. Vì vậy, khi thiết kế CTXN và các bộ phận của nó (cửa vào, khe van, dốc nước, mố tiêu năng...), thay cho việc khống chế $K > K_{pg}$, có thể chấp nhận điều kiện $K > K_{pgx}$. Trị số K_{pgx} thường lấy gần đúng bằng $0,85 K_{pg}$.

Trong một số trường hợp riêng, trị số K_{pgx} có thể xác định bằng cách tiến hành các thí nghiệm chuyên môn. Ví dụ, từ các thí nghiệm như vậy đã xác định được rằng được khí phát sinh khi tách dòng khỏi mặt trên của khe van phẳng khi $W/h \geq 1$ (hình 2.12) có chiều dài L_d gia tăng theo mức độ giảm hệ số khí hoá K và chạm đến mặt sau của khe chỉ khi $\beta = \frac{K}{K_{pg}} = 0,65 \div 0,6$. Trị số β_{pgx} đối với trường hợp này được chấp nhận để tính toán nếu có các biện pháp bổ sung để đảm bảo không có xâm thực nguy hiểm ở đáy.

§4.2. LỰA CHỌN VẬT LIỆU THEO ĐỘ BỀN KHÍ THỰC

Với một bộ phận xác định của CTXN, khi các thông số dòng chảy trên đó ($v, H, \dots$) đã biết thì theo các tính toán ở chương 2, ta sẽ biết được khả năng khí hoá dòng chảy ở trên đó (so sánh K và K_{pg}). Sự an toàn về khí thực có thể được đảm bảo nếu chọn được vật liệu mà ứng với nó ta có $v < v_{cp}$, trong đó v_{cp} là lưu tốc cho phép không xâm thực đối với vật liệu bố trí tại bộ phận công trình đang xét. Trị số v_{cp} được xác định từ các trị số lưu tốc ngưỡng xâm thực của vật liệu (v_{ng}) và các biểu thức quan hệ giữa lưu tốc trung bình mặt cắt và lưu tốc cục bộ tại vị trí nguồn khí thực.

Trị số v_{cp} đối với dòng chảy trên bề mặt lòng dẫn bê tông được trình bày trên hình 3.2. Bằng phương pháp tương tự cũng có thể xác định được trị số v_{cp} ở các bộ phận khác của CTXN. Khi đó, trị số lưu tốc ngưỡng (v_{ng}) lấy theo đồ thị hình 3.1 (đối với vật liệu bê tông).

Chú ý rằng, phạm vi bố trí loại vật liệu xác định được không chỉ là vị trí có nguồn khí thực đang xét mà còn phải mở rộng về phía thượng hạ lưu và hai bên vị trí đó. Giới hạn khống chế về phía hạ lưu, chẳng hạn bằng:

$$L_{gc} = (1,5 \div 2,0)L_d , \quad (4.1)$$

trong đó, L_d : chiều dài đuốc khí phát sinh tại vị trí đang xét.

§4.3. DẪN KHÔNG KHÍ VÀO MIỀN HẠ ÁP

Các thí nghiệm cũng như quan trắc thực tế đã xác nhận rằng khi dẫn không khí vào miền giảm áp thì các trị số lưu tốc ngưỡng của vật liệu tăng lên (hình 3.1), xâm thực giảm hẳn hoặc bị triệt tiêu hoàn toàn. Vì vậy giải pháp bố trí các đường ống dẫn không khí vào những vị trí dự kiến có khả năng bị khí thực cho hiệu quả rõ rệt và thực tế đã được áp dụng nhiều.

1. Đối với các buồng van

Việc dẫn không khí vào buồng van là nhằm 2 mục đích:

- Đảm bảo chế độ chảy không áp ổn định của đường dẫn sau van;
- Ngăn ngừa khí thực.

Vị trí và lưu lượng tiếp khí cần thiết phụ thuộc vào chế độ thủy lực của dòng chảy sau van.

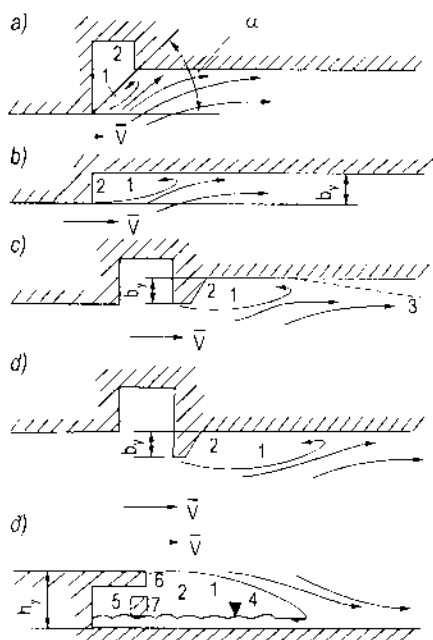
a) Các sơ đồ bố trí tiếp khí

- Tiếp khí vào khoảng không phía trên dòng chảy thông qua ống dẫn khí chính (giếng thông khí). Đây là đường tiếp khí đơn giản và phổ biến nhất. Cửa ra của ống thông khí đặt ở trần đoạn đường dẫn ngay sau cửa van. Không khí được tiếp qua đường này có nhiệm vụ bổ sung cho khối lượng khí ở trong khoảng không bị thiếu hụt do lõi cuốn vào dòng chảy ở các vị trí tách dòng và tự hàm khí trên bề mặt dòng chảy. Nhờ có đường tiếp khí này mà không chế được độ chân không ở trên khoảng không trong phạm vi cho phép (chẳng hạn $h_{CK} < 1,0m$) để tránh xảy ra khí thực nguy hiểm.

- Tiếp khí trực tiếp vào các vị trí có tách dòng như khe van, bán khe, ngưỡng đáy, bậc thụt. Đây chính là những nguồn khí thực nguy hiểm nhất. Khi đó cần làm các cửa tiếp khí thông ra các vị trí này và nối với ống dẫn khí chính chôn trong thành lòng dẫn (ở đáy và hai thành bên).

Khi mở van từng phần, dòng chảy ở sau mặt cắt co hẹp sẽ có sự mở rộng đột ngột tạo thành các tia bắn thẳng vào thành và phản xạ trở lại làm cho khoảng không trên dòng chảy bị giảm kích thước. Vì vậy, để đảm bảo sự hàm khí ổn định cho các vị trí tách dòng, cần phải làm các khe van phẳng có phần mở rộng lòng dẫn phía sau để tạo khoảng không cần thiết (hình 4.1).

Hàm khí vùng tách dòng khỏi bán khe ở mặt bên buồng van cùng khi chiều sâu của bán khe (hình 4.1b) khoảng $(0,05 \div 0,08)$ nhịp van được tự động thực hiện từ khoảng không phía trên dòng chảy mà không cần phải có biện pháp bổ sung.



Hình 4.1: Sơ đồ kết cấu các khe van và ngưỡng để hàm khí các vùng tách dòng cục bộ trong buồng van

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.

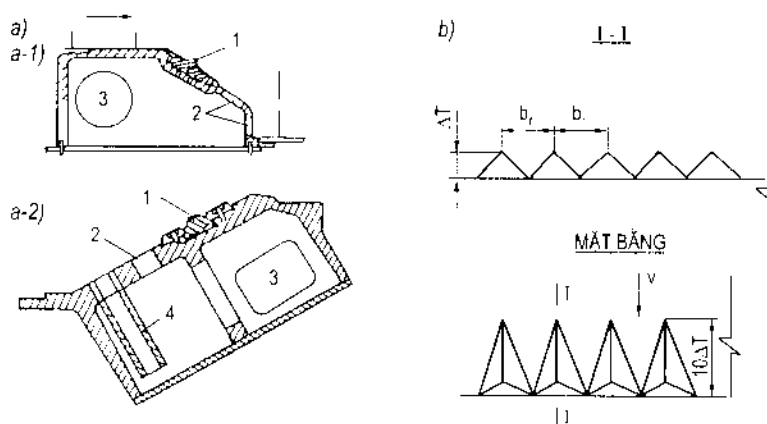
b) Các bán khe của van cung;

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

đ) Ngưỡng đáy (bậc thụt); hàm khí nhờ các đường ống nối với khoảng không phía trên dòng chảy (hình 4.2).

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.

Tuy nhiên, cả ở van phẳng lẫn van cung, ngay cả khi có hàm khí ổn định phân trên của vùng tách dòng nằm kề sát đáy thì phần dưới của vùng này cũng sẽ bị nước choán chỗ do dòng chảy ngược cục bộ sinh ra khi các tia dòng chảy đập vào thành và đáy lòng dẫn. Để khắc phục nguy cơ khí thực ở gần đáy lòng dẫn thì hợp lý nhất là tại mặt cắt biên hạ lưu các khe van phẳng dọc theo giao tuyến với đáy của các bán khe ở thành bên buồng van cung ta đặt các bậc thụt (hay ngưỡng) ở đáy đường dẫn và cho hàm khí cưỡng bức các vùng tách dòng sau đó thông qua các ống dẫn khí riêng. Trên các ống dẫn khí này cần bố trí các cửa tháo riêng để tránh nước làm ngập phần cuối của chúng (hình 4.1, 4.2).



Hình 4.2: Một số giải pháp kết cấu tiếp khí trong buồng van

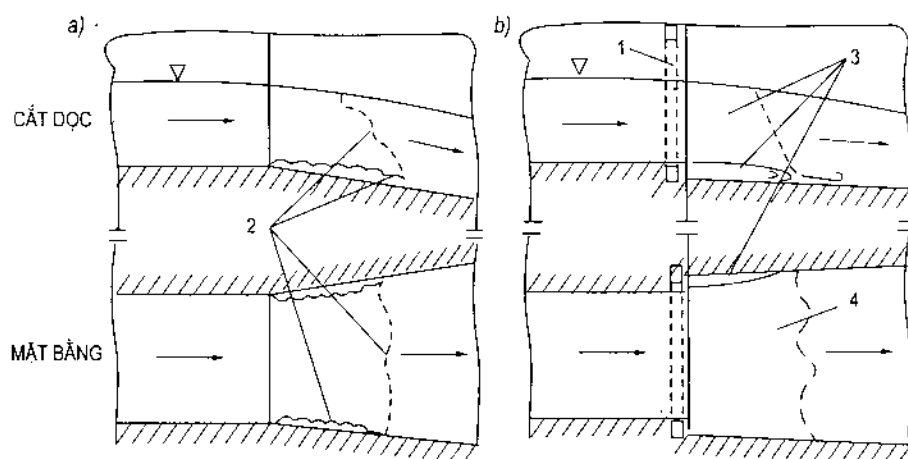
a) Ngưỡng van cung; a-1: Đáy nằm ngang, $h_y > 0,2m$; a-2: Đáy dốc ngược $h_y < 0,2m$

1. Thiết bị chắn nước của van; 2. Cửa tiếp khí có diện tích tổng cộng là f ;
3. Ống dẫn khí có tiết diện là F ; 3. Ống thoát nước nối với vùng chân không;

b) Thiết bị gây rối ở trên mặt ngưỡng: $\Delta_T = 0,1\sigma$; $b_T = (2,5 \div 3)\Delta_T$; δ : chiều dày lớp biên.

- *Thiết bị hỗ trợ cho việc hàm khí dòng chảy:* Ở chế độ mở van hoàn toàn, dòng chảy bám khá sát vào đáy và sự lồi cuốn không khí do vùng tách dòng sau ngưỡng sẽ giảm xuống đột ngột và trong nhiều trường hợp thì triệt tiêu hẳn. Để hỗ trợ cho việc lồi cuốn không khí và gia tăng độ hàm khí của lớp sát thành thì trên ngưỡng của bậc thụt có thể bố trí thiết bị gây rối (hình 4.2b). Thiết bị này có tác dụng phá huỷ một phần lớp biên, tạo sự tiếp xúc giữa môi trường không khí và dòng chảy cao tốc.

- *Thiết bị tại các "nếp gãy" ở tường bên và đáy đường dẫn:* Trong buồng van có cột nước cao thường buộc phải làm các đường gãy ở tường bên và đáy để chuyển tiếp từ vị trí đặt van đến bộ phận dẫn ra. Khi dòng chảy có lưu tốc lớn, các nếp gãy này là nguồn khí thực nguy hiểm. Do đó, thay vì làm các đường gãy như vậy, hợp lý hơn là làm một bậc thụt tương tự như bậc thụt (hay ngưỡng) ở dưới cửa van. Nó cần được làm trên toàn chu vi ướt của mặt cắt đường dẫn, kể cả ở đáy và tường bên (hình 4.3b).



Hình 4.3: Giải pháp kết cấu ở các đường gãy trên tường và đáy

a) Giải pháp bất hợp lý; b) Giải pháp hợp lý

1. Đường ống dẫn khí dưới ngưỡng có cửa vào nhỏ cao hơn mực nước.
2. Vùng tách dòng nguy hiểm; 3. Vùng tách dòng được tiếp khí từ khoảng không phía trên dòng chảy; 4. Vùng tách dòng được tiếp khí từ các ống 1.

b) *Tính toán lưu lượng thông khí cần thiết*

- Khi sau van là dòng không áp, chiều dài đường dẫn nhỏ (chiều dài không vượt quá 30 - 50 lần chiều sâu dòng chảy):

$$Q_{aK} = Q_{aB}, \quad (4-2)$$

trong đó, Q_{aK} : lưu lượng thông khí cần thiết qua đường ống dẫn khí chính; Q_{aB} : lưu lượng khí bị cuốn vào vùng tách dòng sau ngưỡng, khe van, bậc thụt, xác định theo công thức kinh nghiệm:

$$Q_{aB} = 0,1 l_b h_b v_{TB}, \quad (4-3)$$

với: h_b - chiều cao bậc thụt (ngưỡng);

l_b - chiều dài bậc, khe, ngưỡng;

v_{TB} - lưu tốc bình quân của dòng chảy trước vùng tách dòng.

Trong trường hợp có nhiều bộ phận có tách dòng thì Q_{aB} phải là tổng của các lưu lượng khí trên từng bộ phận cộng lại.

- Khi sau van là dòng không áp, chiều dài đường dẫn lớn (hơn 100 lần chiều sâu dòng chảy):

$$Q_{aK} = Q_{aB} + Q_{aC} + Q_{aM}, \quad (4-4)$$

trong đó: Q_{aC} : lưu lượng do tự hàm khí trên mặt thoáng dòng chảy, xác định theo công thức của Ixatrencô N.B [56]:

$$Q_{aC} = 0,01 \sqrt{F_r - 40} Q, \quad (4-5)$$

với Q : lưu lượng nước;

F_r : số Frút của dòng chảy sau van, khi $F_r \leq 40$ thì coi như không có tự hàm khí;

Q_{aM} : lưu lượng khí bị cuốn vào mặt thoáng do lực ma sát trên mặt phân cách giữa phần nước và không khí.

Phương pháp xác định Q_{aM} như trình bày trong [7, 56].

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

$$Q_{aK} = Q_{aB} + Q_{aC} + Q_{aM} + Q_{ax}, \quad (4-6)$$

trong đó: Q_{ax} : lưu lượng khí do xoáy nước nhảy cuốn vào:

$$Q_{ax} = 0,012 (\sqrt{F_{r1}} - 1)^{1,4} Q; \quad (4-7)$$

F_{r1} : trị số Frút ở mặt cắt trước nước nhảy.

Công thức (4-7) được thiết lập theo đề nghị của Calinxke và Rôbôtxon, cùng với việc xử lý hàng loạt các tài liệu thí nghiệm để xác định các hệ số trong đó.

Các kí hiệu khác như đã nêu trên.

Việc xác định Q_{aK} trong trường hợp này được tiến hành đồng thời với việc xác định vị trí nước nhảy. Phương pháp tính cụ thể trình bày trong [9].

c) Tính toán tiết diện các ống dẫn khí

Khi đã xác định được lưu lượng thông khí cần thiết, diện tích mặt cắt ống dẫn khí xác định theo các công thức đã biết của thủy khí động học:

$$\mu_a \omega_{aK} = 0,036 Q_{aK} (2g \cdot \Delta h)^{-1/2} \quad (4-8)$$

trong đó:

μ_a : hệ số lưu lượng của ống, xác định theo các công thức thủy lực;

ω_{aK} : diện tích mặt cắt ra của ống (m^2);

Q_{aK} : lưu lượng khí cần dẫn qua ống (m^3/s);

Δh : chênh lệch áp lực ở cửa vào và cửa ra của ống (m);

g : gia tốc trọng trường (m/s^2).

Công thức (4-8) áp dụng cho các bộ phận khác nhau của đường ống dẫn khí. Khi áp dụng cho đường ống dẫn khí chính (thông với khoảng không trên dòng chảy sau van), nó có dạng:

$$\mu_a \omega_{aK} = 0,036 Q_{aK} (2g \cdot h_{ck})^{-1/2}, \quad (4.9)$$

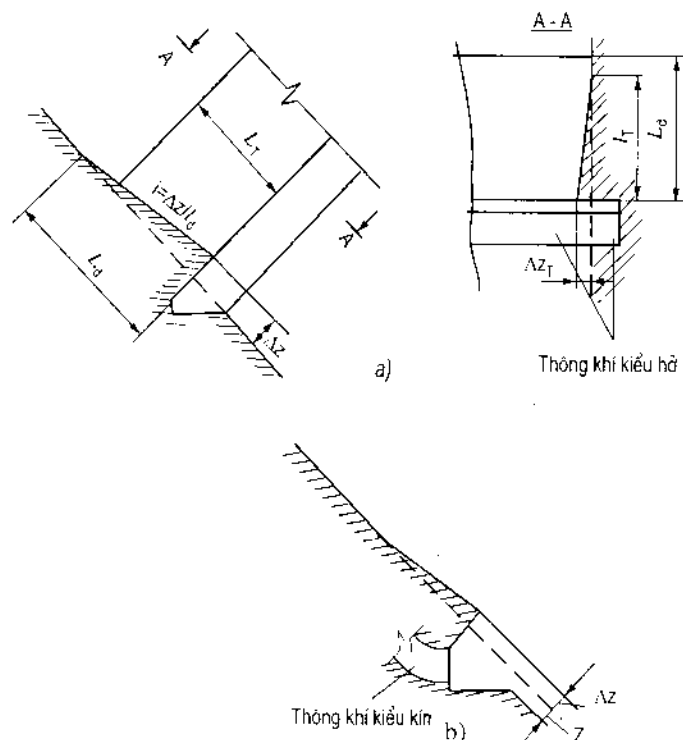
trong đó, h_{ck} : độ chân không ở khoảng không ngay sau van.

Khi thiết kế đường ống dẫn khí, thường khống chế lưu tốc khí trung bình trong ống không vượt quá 60m/s ứng với chế độ làm việc lâu dài của cống và không quá 90m/s ứng với chế độ tức thời khi có sự cố.

2. Lớp sát thành của dốc nước, đập tràn

Trong trường hợp khi tính toán dự báo (chương 2) cho thấy dòng chảy có khả năng tạo khí thực nguy hiểm trên mặt tràn thì cần phải áp dụng các biện pháp phòng ngừa. Một trong những biện pháp đó là chủ động tiếp không khí vào dòng chảy để tăng độ hàm khí trong đó và nhờ vậy mà tăng được lưu tốc ngưỡng xâm thực (xem hình 3.1).

Các dạng thiết bị tiếp khí trên mặt tràn được trình bày trên hình 4.4. Có thể phân biệt 3 dạng cơ bản: dạng bậc thụt, mặt vát nghiêng và hỗn hợp.



Hình 4.4: Các sơ đồ thiết bị thông khí trên mặt tràn

a) Dạng mặt nghiêng ở đáy và thành bên; b) Dạng mặt nghiêng và bậc thụt đáy

1. Các đặc điểm bố trí

a) Vị trí đặt bắt đầu từ mặt cắt mà theo tính toán dự báo khí hoá (chương 2) thấy có khả năng sinh khí thực nguy hiểm.

b) Khoảng cách giữa các thiết bị (tính theo chiều dòng chảy):

- Khi mặt đáy lòng dẫn phẳng: khoảng cách giữa 2 vị trí đặt thiết bị (L_{TK}) cần lấy lớn hơn một ít so với chiều dài của vùng tách dòng sau mũi (L_{td}). Trị số L_{td} xác định theo điều kiện rơi tự do của làn nước khi đã biết chiều cao rơi ($Z + \Delta Z$) và lưu tốc của dòng chảy trên đó (có thể bỏ qua ảnh hưởng của sự giảm áp ở mặt dưới tia dòng).

- Khi trên mặt đáy có bộ phận cong lồi: nếu đặt thiết bị hàm khí ở đoạn cong lồi này thì hiệu quả hàm khí sẽ kém. Hợp lý nhất là đặt tại vị trí cách chỗ bắt đầu cong (về phía thượng lưu) một đoạn bằng $(3 \div 5)h$, trong đó h : chiều sâu dòng chảy.

c) Kích thước của thiết bị hàm khí:

* Mái nghiêng ở đáy: $i = 1:7$ đến $1:15$;

* Chiều cao của mũi và bậc:

- Mũi ở đáy: $\Delta Z = (0,05 \div 0,15)h$; thường $\Delta Z = (4 \div 40)\text{cm}$.

- Mũi ở thành bên: $\Delta Z_t = (0,05 \div 0,10) b/2$ và thường không chế $\Delta Z_t < \Delta Z$.

- Mũi tổ hợp với bậc thụt: thường lấy $(\Delta Z + Z) < (1,5 \div 2,0)\text{m}$.

Trị số chính xác của ΔZ và Z xác định theo các công thức (4.11) ÷ (4.13).

Khi lấy trị số $(Z + \Delta Z)$ lớn sẽ tăng được chiều dài đoạn tách dòng sau đó và do đó giảm được số lượng thiết bị hàm khí. Tuy nhiên, khi đó chiều cao tường tràn cũng tăng lên đáng kể. Trị số hợp lý của $(Z + \Delta Z)$ có thể được tính bằng cách so sánh phương án.

Chú ý rằng khi chọn $(Z + \Delta Z) > h$ thì dòng chảy sau mũi sẽ bị phân cắt đến mức không khí xâm nhập vào vùng tách dòng trực tiếp qua các tia mà không cần đặt thiết bị (ống) dẫn khí riêng nữa.

Trong những trường hợp đặc biệt quan trọng thì khoảng cách giữa các thiết bị hàm khí và kết cấu của chúng cần được chính xác hoá trên cơ sở nghiên cứu thí nghiệm mô hình với điều kiện khống chế là mức độ hàm khí (s) của dòng chảy ở lớp sát thành.

* Kết cấu của khe ở đáy (hình 4.4) cần phải loại trừ khả năng đọng nước ở trong đó.

2. Tính toán kích thước thiết bị hàm khí

a) Lưu tốc bình quân của không khí trong ống dẫn

$$v_a = \mu_a \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_a}} \sqrt{2gh_{ck}}, \quad (4.10)$$

trong đó, μ_a : hệ số lưu lượng; h_{ck} : độ chân không ở dưới tia dòng (m); $\gamma/\gamma_a = 780$.

Trong thực tế, thường khống chế $v_a \leq 60\text{m/s}$ để tránh tiếng rít và rung động khi luồng khí có vận tốc quá lớn.

b) Quan hệ giữa lưu lượng không khí và kích thước thiết bị hàm khí

Xác định theo các kết quả nghiên cứu thực nghiệm.

* Đối với mặt nghiêng có mái $i = 0,1$; $\Delta Z/h = 0,05 \div 0,25$ và $\frac{\mu_a \omega_a}{\Omega} \leq 2$:

$$\frac{\mu_a \omega_a}{\Omega} \times 10^3 = \left(100 \frac{Q_a}{Q} \right)^{4/3} \cdot \left(7 \frac{\Delta Z}{h} + 2 \right) \quad (4-11)$$

* Với mặt nghiêng kết hợp với bậc thụt:

- Khi $\frac{\mu_a \omega_a}{\Omega} \leq 0,03$ và $\frac{Z + \Delta Z}{h} \geq 1,2$:

$$\frac{Q_a}{Q} = \frac{2\mu_a \omega_a}{\Omega} \quad (4-12)$$

- Khi $\frac{\mu_a \omega_a}{\Omega} \leq 0,02$ và $\frac{Z + \Delta Z}{h} = 0,05 \div 1,2$:

$$\frac{Q_a}{Q} = \frac{2\mu_a \omega_a}{\Omega} + \left(1,2 - \frac{Z + \Delta Z}{h} \right) \frac{0,632 \mu_a \omega_a}{\Omega} , \quad (4-13)$$

trong đó Ω : diện tích mặt cắt ướt của dòng chảy.

c) Trình tự tính toán

- Sơ bộ định ra $Q_a = (0,02 \div 0,05)Q$;
- Tính toán và khống chế v_a theo (4-10);
- Tính $\omega_a = Q_a/v_a$;
- Tính toán (theo thủy lực) xác định đặc trưng khả năng tháo của ống $\mu_a \omega_a$;
- Tính chiều cao của thiết bị thông khí theo các công thức (4-11) đến (4-13).

3. Các mố tiêu năng, mố phân dòng

Theo các kết quả nghiên cứu thí nghiệm trong phòng, việc tiếp không khí vào vùng chân không trên các mố tiêu năng và răng cắt dòng có thể loại trừ được hoàn toàn khí thực nguy hiểm trên đó (hình 4.5).

Việc tiếp khí trong trường hợp này diễn ra một cách tự động thông qua ống dẫn nối với khí trời và có các lỗ thông ra mái của mố tiêu năng ở vị trí có chân không.

Dạng mố tiêu năng được tiếp khí như trên hình 4.5 đã được áp dụng có kết quả ở đường tràn của đầu mối thủy lợi Trávắcxcaia (Liên Xô cũ).

Với các mố tiêu năng loại khác cũng có thể áp dụng phương pháp tiếp khí này.

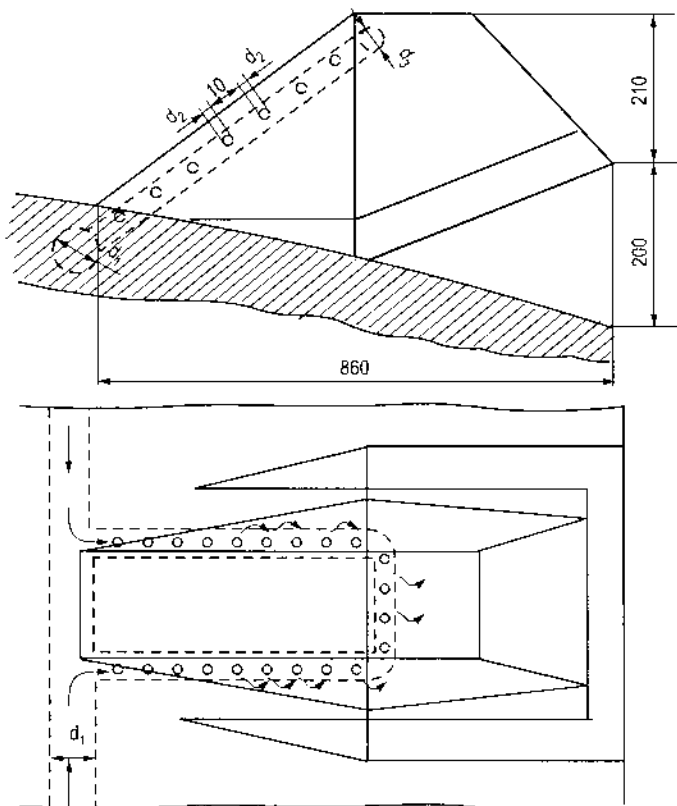
§4.4. DẪN NƯỚC VÀO MIỀN HẠ ÁP

Việc dẫn nước vào vùng đất chân không lớn nhất ở các mố tiêu năng có tác dụng giảm trị số K_{pg} của mố và ngăn ngừa khả năng khí thực.

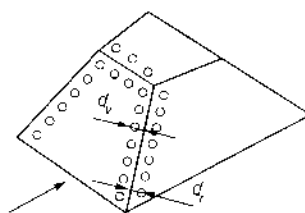
Ví dụ về giải pháp loại này như trên hình 4.6. Nước từ vùng áp lực dương ở mặt trước được dẫn qua hệ thống cửa thông với vùng chân không trên các mặt bên; tỉ lệ tối ưu của đường kính cửa vào và cửa ra của các ống thông là $d_R/d_V = 0,6$.

Kết quả thí nghiệm cho thấy với loại mố trên hình 4.6, áp dụng phương pháp thông nước cho phép giảm K_{pg} từ 2,1 xuống $0,7 \div 0,8$. Nếu mép cửa ra nối tiếp với mặt bên của mố được lượn cong thì trị số K_{pg} sẽ còn giảm hơn nữa.

Phương pháp này có thể áp dụng cả với các loại mố tiêu năng khác, cũng như một số bộ phận khác của CTXN.



Hình 4.5: Sơ đồ các mố phân dòng của đường tràn Travácxaia có ống thông khí tới miền chân không ($d_1 = 35\text{cm}$; $d_2 = 5\text{cm}$; $d_3 = 18\text{cm}$).



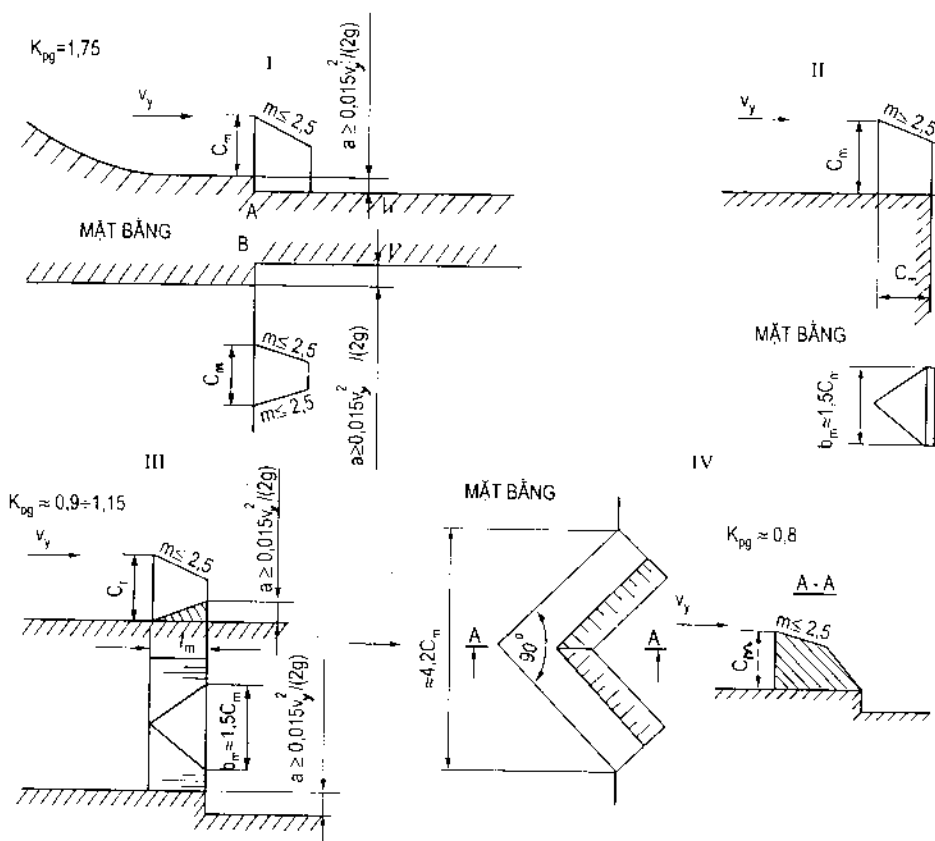
Hình 4.6: Sơ đồ mố tiêu năng có các ống thông nước từ mặt trước ra mặt bên của mố $d_1/d_2 = 0,6$; $K_{pg} = 0,7 - 0,8$

§4.5. ÁP DỤNG CÁC KẾT CẤU "PHI KHÍ THỰC"

Như trên đã phân tích về ảnh hưởng của giai đoạn khí hoá đến khả năng xâm thực (hình 3.3), với giai đoạn siêu khí hoá, dòng chảy có khả năng xâm thực rất nhỏ. Ở giai

đoạn này, được khí hình thành sau vật chảy bao được mở rộng trên một phạm vi lớn của dòng chảy và không có giới hạn rõ ràng, biên của nó không khép lại ở gần thành rắn của dòng chảy nên sự nổ các bọt khí không đủ gây ra ứng-suất mỏi làm phá hủy vật liệu.

Kết cấu loại này được đề nghị áp dụng đối với các mố tiêu năng và phân dòng (hình 4.6), và buồng van (hình 4.1, 4.3b).



Hình 4.7: Các dạng mố tiêu năng và mố phân dòng "phi khí thực"

Cần chú ý rằng kinh nghiệm thực tế về áp dụng các kết cấu loại này chưa nhiều. Bộ phận công trình ở lân cận vùng được khí cần được thiết kế với việc sử dụng vật liệu có độ bền khí thực cao để đối phó với trường hợp khi tháo lưu lượng nhỏ, được khí có thể khép lại ở gần thành rắn.

§4.6. NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG THI CÔNG

Khi thi công các bề mặt qua nước của CTXN, nhất là ở những bộ phận tiếp xúc với dòng chảy có lưu tốc lớn, cần đặc biệt chú ý chất lượng bề mặt công trình, cụ thể:

- Không cho phép rỗ mặt;
- Không chế các gồ ghề cục bộ trong phạm vi cho phép, đặc biệt là các vị trí nối cốp pha, các khớp nối của công trình, các vị trí tiếp giáp giữa 2 loại vật liệu khác nhau;
- Loại trừ các gồ ghề cục bộ khác nhau: các đỉnh, chốt, các hòn cốt liệu lớn nhô ra trên bề mặt...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Cảnh Cầm, Vũ Văn Tảo và nnk. *Thủy lực tập II*. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp - Hà Nội, 1978.
2. Nguyễn Hữu Chí. *Giáo trình cơ học chất lỏng ứng dụng, tập I và II*. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp - Hà Nội, 1974.
3. Nguyễn Chiến. *Nghiên cứu thực nghiệm các đặc trưng chân không, mạch động và khí thực của cửa vào đường xả nước dưới sâu có áp*. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị cơ học thủy khí toàn quốc. Hà Nội, 1991.
4. Nguyễn Chiến. *Hiện tượng xâm thực khí thực trên một số công trình thủy lợi ở Việt Nam*. Tuyển tập báo cáo Hội nghị cơ học toàn quốc. Hà Nội, 1993.
5. Nguyễn Chiến. *Kiểm tra khả năng xâm thực khí thực của dòng chảy có lưu tốc cao trên các lòng dẫn bê tông*. TCTL N°294. Hà Nội, 1993.
6. Nguyễn Chiến. *Hoàn thiện quy trình và nâng cao chất lượng tính toán các công trình tháo xả nước trong đầu mối thủy lợi*. Tập bài giảng sau Đại học - Trường Đại học Thủy lợi. Hà Nội, 1993.
7. Nguyễn Chiến. *Vấn đề chân không và yêu cầu thông khí các cống ngầm lấy nước dưới đập*. TCTL N°313. Hà Nội, 1996.
8. Nguyễn Chiến, Nguyễn Thị Thu Hương. *Về lưu tốc cho phép không xâm thực của các lòng dẫn bê tông*. Tuyển tập Báo cáo Hội nghị Khoa học Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội, tháng 11/1999.
9. Nguyễn Chiến. *Tính toán thông khí các đường dẫn nước chảy bán áp*. Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng, số 4/2000 - Hà Nội, tháng 11/2000.
10. Nguyễn Văn Cung, Nguyễn Xuân Đặng, Ngô Trí Viêng. *Công trình tháo lũ trong đầu mối hệ thống thủy lợi*. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật. Hà Nội 1977.
11. Nguyễn Văn Cung (chủ biên) và nnk. *Sổ tay kỹ thuật thủy lợi*. Nhà xuất bản Nông nghiệp. Hà Nội, 1979.
12. *Đề tài nghiên cứu sự cố ở một số công trình thủy lợi của Việt Nam*. Bộ Thủy lợi - Viện Khảo sát thiết kế Thủy lợi Quốc gia - Hà Nội, 1991.
13. *Giáo trình thủy công tập I và II*. Bộ môn Thủy công, Trường Đại học Thủy lợi. Nhà xuất bản Nông nghiệp - Hà Nội, 1988.
14. *Hệ thống kênh tưới - Tiêu chuẩn thiết kế - TCVN 4118-85*. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 1987.

15. Nguyễn Văn Mạo. *Chuyên đề về công trình tháo lũ. Tập bài giảng cao học - Trường Đại học Thủy lợi. Hà Nội, 1997.*
16. Nguyễn Tài. *Chế độ thủy lực và các nguyên nhân hư hỏng hạ lưu đập tràn thủy điện Thác Bà. TCTL N°285. Hà Nội, 1992.*
17. Vũ Văn Tảo, Nguyễn Cảnh Cầm. *Thủy lực tập I. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp. Hà Nội, 1978.*
18. *Quy phạm thiết kế tràn xả lũ. SDJ 341-89 (tài liệu dịch). Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. Hà Nội, 1999.*
19. *Quy trình tính toán thủy lực công trình xả kiểu hở và xói lòng dẫn bằng đá do dòng phun - 14TCN 81-90. Nhà xuất bản Nông nghiệp. Hà Nội, 1992.*
20. Rosanov N.P., Zharov N.I., Vorobjov G.A. and others. *Cavitation and Cavitation Erosion of Member of Water Outlet Structures. IAHR, XXth congress. Moscow, 1983. Vol 3. P.453-467.*
21. Govind Rao N.S. Thiruvengadam A. *Prediction of Cavitation Damage. JHD, Proc. ASCE - 1961. Vol. 87 - N°5 - P37 - 62.*
22. Govind Rao N.S. *Cavitation - Its Inception and Damage. Irrigation and Power. India, 1961. Vol. 18, N°1, P.22-53.*
23. Govind Rao N.S. *Cavitation - Its Inception and Damage. Irrigation and Power. India, 1960. Vol. 17, N°4, P.516-543.*
24. Galperin R., Semencov V., Tsedrov G. and others. *Hydraulic Structures operation under cavitation conditions. The XIVth IAHR congress. Paris, 1971. Vol.5, P.45-48.*
25. Jarman P.D., *Measurements of Sonoluminescence from Pure Liquids and some Aqueous Solutions. Proc. Phis. Soc. - London, 1959. Vol.73, P.628-640.*
26. Knapp R.T., *Cavitation Mechanics and its Relation to the Design of Hydraulic Equipment Engineering. JFE, Trans. ASME, 1952. Vol. 73. P.4500-4502.*
27. Knapp R.T., *Recent Invetigation of cavitation and Cavitation Damage. JFE, Trans. ASME, 1954. Vol. 76, P.441-450.*
28. Knapp R.T., Daily J.W., Hammit F.G. *Cavitation. McGraw-Hill, New York, 1970.*
29. Peterke J., *The Effects of Entrainet Air on Cavitation Pitting. Proc of Minnesota International Hydraulic convention. 1953 - Part 4.*
30. Petrachhi G., *Investigation of cavitation corrosion. Eng. Digest. London, 1949. P. 314 - 316.*
31. Thiruvengadam A., *A Unified Theory of cavitation Damage. JFE, Trans. ASME, 1963. Vol 85, P.48-61.*

32. Thiruvengadam A., Preiser H. *On testing Materials for cavitation Damage Resistance*. Tech. Report. 1963, Dec., P.501 - 504.
33. Thomas H.A., Schuleen E.P. *Cavitation in Outlet Conduites in High Dams*. JHD. Proc. ASCE. 1940. Vol. 66, N^o9.
34. Wheeler W. *Mechanism of Cavitation Erosion*. Proc. 1955. NPL Sgpr. on Cavitation in Hydrodynamics, HMSO - London, 1956, P.21.
35. Берман Я.Р., Богданов О.К. *Очертание наклонного влодного оголовка глубинного водоброса*. Гидротехническое строительство 1982 - N^o8, С.41 - 43.
36. Воробьев Г.А. *Нормированные требования к качеству поверхности и материалу обшивки высоконапорных водобросов по условиям кавитации на примере водосливной плотины Саяно-шуйского гидроузла*. изд. ВНИИГ - 1984, Т.170, С.103 - 110.
37. Гальперин Р.С., Розанов Н.П. *Кавитация и кавитационные воздействия на сооружения и их элементы*. Тр. Координационных совещаний по гидротехнике / ВНИИГ 1978, Вып. 120, С.69-76.
38. *Гидравлические расчеты водобросных гидротехнических сооружений: справочное пособие* - М. Энергоатомиздат, 1988.
39. *Гидротехнические сооружения*. Н. П. Розанов, С. Н. Корюкин, Г. И. Журавлев, и др. Под ред. Н. П. Розанова. М., Строиздат, 1978.
40. Дубинчик Е. И. *Расчеты очертаний влодных оголовков глубинных водобросов по условиям обеспечения в них безотрывного бескавитационного течения*. Гидротехническое строительство, 1974, N^o4, С.44-46.
41. Ефимов А. В. *К вопросу взаимозависимости интенсивности кавитационной эрозии, гидравлики потока и формы обтекаемого тела*. Сб. Тр. МИСИ. N^o 67, 1969, С.163-173.
42. Кавенников А. Т. *Методика исследования кавитационной эрозии в вакуумных кавитационных установках*. Тр. Координационных совещаний по гидротехнике. ВНИИГ, 1974, Вып. 98, С.62-64.
43. *Кавитация на гидросооружениях*. Р.С. Гальперин, А.Г. Осколков, В. М. Семенов, Г. Н. Цедров. М., Энергия, 1976.
44. Р.С. Гальперин, К. К. Кузмин, И. С. Новикова, и др. *Кавитация на элементах гидротехнических сооружений и методы борьбы с ней*. Гидротехническое строительство, 1971, N^o8, С.20-23.

45. Козырев С. П. *Гидравлический износ металлов при кавитации*. М., машиностроение, 1971.
46. Перник А. Л. *Проблемы кавитации*. Л. Судостроение, 1966.
47. Прандтль Л. *Гидроаэродинамика*. М. Иностранная литература, 1951.
48. Н. П. Розанов, П. Е. Лысенко, В. Д. Белев, и др. *Применение суперкавитирующих элементов в водосбросных гидротехнических сооружениях*. Гидротехническое строительство. 1971, №8, С.24-27.
49. Н. П. Розанов, К. К. Шальнев, П. П. Моис, и др. *Прогнозирование начала кавитации на перов - постях бетонной поверхности*. изр. ВНИИГ, 1965, Т.8, С.304 - 318.
50. Л. П. Михайлов, М. Ф. Складнев, В. М. Семенов, А. М. Швайнштейн. Под ред. А. А. Борового. *Проектирование и строительство больших плотин. Водосбросы большой пропускной способности*. М. Энергоатомиздат, 1985.
51. *Рекомендации по учету кавитации при проектировании водосбросных гидротехнических сооружений*. П-38-75. ВНИИГ, Л. Энергия, 1976.
52. *Розанов Н. П. Вопросы проектирования водопропускных сооружений, работающих в условиях вакуума и при больших скоростях потока*. М., Госэнергоиздат, 1959.
53. *Розанов Н. П., Веремenco И. С. Исследования гидромашин и гидротехнических сооружений в Японии*. М., Энергия, 1967.
54. *Розанов Н. П., Конахович Н. Я., Орлова Л. П. Исследование вихревых оголовков глубинных водосбросных отверстий прямоугольных сечений*. Гидротехническое строительство. 1967, №4, С.2731.
55. *Розанов Н. П., Нгуен Тьен. Исследование кавитационных и кавитационно-эрозионных характеристик вихревых оголовков глубинных водосбросов*. сб. научных трудов МГМИ., М. 1990.
56. *Слисский С. М. Гидравлические расчеты высоконапорных гидротехнических сооружений*. М., Энергоатомиздат, 1986.
57. *Н. П. Розанов, А. Т. Кавешнинов, Р. С. Гагнерин, Г. П. Цедров. Сырьевая смесь для изготовления кавитационно-эрозионных моделей*. Авт. Свид. № 339521: Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки. М. 1973, №1, С.29-32.
58. *Чиквашвили Б. М. Гидравлические расчеты напорных водосбросов высоких плотин*. М. Энергия, 1972.
59. *Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя*. М., Наука. 1974.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương 1. Hiện tượng khí hóa và khí thực trên công trình thủy lợi	
§1.1. Khái niệm về khí hóa	7
§1.2. Khí thực	9
§1.3. Các dạng hư hỏng công trình thủy lợi do khí thực	11
§1.4. Một số ví dụ về khí thực trên các công trình xả nước ở Việt Nam	15
Chương 2. Dự báo sự bắt đầu khí hóa của dòng chảy trên các bộ phận của công trình xả nước	
§2.1. Cửa vào các ống có áp	17
§2.2. Các mố tiêu năng, các tường và mố phân dòng	20
§2.3. Các mấu gỗ ghề trên bề mặt công trình xả nước	23
§2.4. Các bộ phận của buồng cửa van	31
Chương 3. Độ bền khí thực của vật liệu. Dự báo xâm thực các bộ phận của công trình xả nước	
§3.1. Khái niệm chung	41
§3.2. Lưu tốc ngưỡng và lưu tốc cho phép không xâm thực	42
§3.3. Độ bền khí thực của vật liệu	48
§3.4. Dự báo khí thực các bộ phận của công trình xả nước	52
Chương 4. Giải pháp ngăn ngừa khí thực nguy hiểm ở các bộ phận của công trình xả nước	
§4.1. Giới hạn sự khí hóa dòng chảy ở giai đoạn đầu	55
§4.2. Lựa chọn vật liệu theo độ bền khí thực	55
§4.3. Dẫn không khí vào miền hạ áp	56
§4.4. Dẫn nước vào miền hạ áp	63
§4.5. Áp dụng các kết cấu "phi khí thực"	63
§4.6. Nâng cao chất lượng thi công	64
Tài liệu tham khảo	65

TÍNH TOÁN KHÍ THỰC CÁC CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập: **LƯƠNG XUÂN HỘI**

Chế bản: **PHẠM HỒNG LÊ**

Sửa bản in: **LƯƠNG XUÂN HỘI**

Trình bày bìa: **H.S. NGUYỄN HỮU TÙNG**

In 500 cuốn khổ 19×27 cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 1537/QLXB ngày 03-11-2003 . In xong nộp lưu chiểu tháng 11-2003.

6X4-6X1(X) 2001759
XD- 2003 1537

Giá : 14.000^d