

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 9151 : 2012

CÔNG TRÌNH THỦY LỢI - QUY TRÌNH TÍNH TOÁN THỦY LỰC CỐNG DƯỚI SÂU

Hydraulic structures - Hydraulic calculation process of ground sluice

Lời nói đầu

TCVN 9151:2012 được chuyển đổi từ **QP-TL-C-1-75** của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn theo quy định tài khoản 1 điều 69 của Luật tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật và điểm a khoản 1 điều 7 Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 1/8/2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật.

TCVN 9151:2012 do Viện thủy điện và năng lượng tái tạo - Viện khoa học thủy lợi Việt Nam biên soạn, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

CÔNG TRÌNH THỦY LỢI - QUY TRÌNH TÍNH TOÁN THỦY LỰC CỐNG DƯỚI SÂU

Hydraulic structures - Hydraulic calculation process of ground sluice

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này được dùng để tính toán thủy lực cống dưới sâu cho các cấp công trình, trong các giai đoạn thiết kế.

Ngoài việc áp dụng tiêu chuẩn này, khi thiết kế cần vận dụng những kinh nghiệm khai thác và kết quả nghiên cứu của công trình tương tự.

Đối với những công trình cấp I và cấp II hoặc cấp thấp hơn nhưng phức tạp (không thể dùng các công thức thông thường để tính toán thủy lực) cần tiến hành thí nghiệm thủy lực mô hình.

CHÚ THÍCH: Khi nghiên cứu trạng thái dòng chảy trong cống, sự liên hiệp của dòng chảy sau cống với hạ lưu và tiêu năng cống, cần thực hiện với nhiều độ mở (lưu lượng) khác nhau.

2. Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 9147:2012 *Công trình thủy lợi - Yêu cầu tính toán thủy lực đập tràn*.

3. Thuật ngữ và định nghĩa

3.1. Cống dưới sâu (sluice)

Cống có cao độ trần cống tại cửa vào thấp hơn cao độ mực nước thượng lưu ($H > 1,5h$), trong đó:

H là chiều sâu nước thượng lưu, tính đến ngưỡng cống;

h là chiều cao cống tại cuối đầu vào (các ký hiệu được biểu thị trên Hình 1).

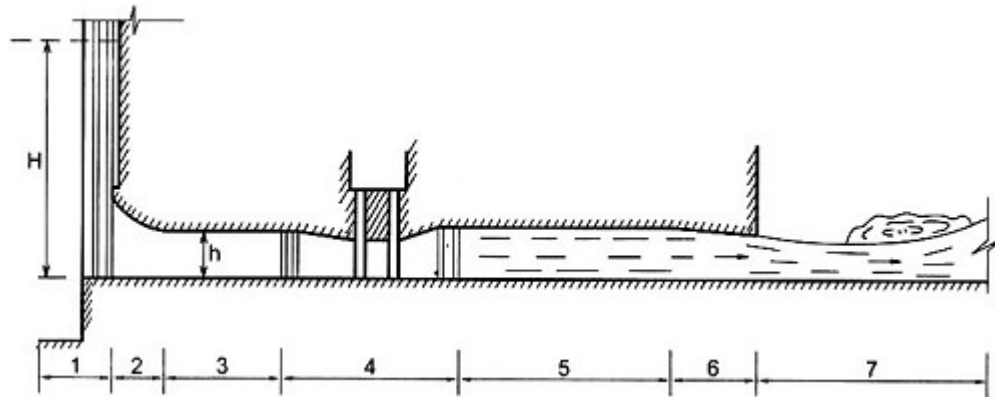
CHÚ THÍCH:

- 1) Khi nói “cống” có thể hiểu là cống lấy nước hoặc tháo nước.
- 2) Cống dưới sâu được chia thành các phần hoặc đoạn theo Hình 1 và những tên gọi được quy định tại 3.1 đến 3.8.
- 3) Ngoài chiều sâu nước thượng lưu H và chiều cao cống tại cuối đầu vào h , độ ngập ở cửa vào còn phụ thuộc nhiều yếu tố khác như: hình dạng và kích thước phần vào (3.2), cửa vào, cửa ra,

chế độ liên hiệp thượng hạ lưu... do đó nếu chỉ quy định như trên thì chưa đầy đủ và thiếu chính xác. Để được đầy đủ và chính xác cần tiến hành thí nghiệm xác định độ ngập ở cửa vào.

3.2. Phần vào (inlet)

Phần bố trí các kết cấu (tường biên, tường dẫn dòng v.v...) trước cửa vào (phần 1, Hình 1).



Hình 1 - Bố trí chung của cống

3.3. Đoạn chuyển tiếp (inlet contraction)

Đoạn từ cửa vào đến mặt cắt bình thường, thường là đoạn ống thu hẹp dần (phần 2, Hình 1).

3.4. Đoạn sau chuyển tiếp (upstream sluice)

Đoạn từ đầu vào đến buồng cửa van (phần 3, Hình 1).

3.5. Buồng cửa van (gate chamber of sluice well)

Phần bố trí cửa van, tường ngăn và phần chuyển tiếp từ mặt cắt bình thường đến mặt cắt phần bố trí cửa van (phần 4, Hình 1).

3.6. Đoạn ra (downstream sluice)

Đoạn từ buồng cửa van đến đầu ra (phần 5, Hình 1).

3.7. Đầu ra (Outlet)

Phần chuyển tiếp từ mặt cắt bình thường đến mặt cắt ra (phần 6, Hình 1). Đầu ra có thể là đoạn ống mở rộng hoặc thu hẹp theo chiều dòng chảy.

3.8. Phần liên hiệp (Energy dissipating device)

Phần nối tiếp giữa cống với hạ lưu (phần 7, Hình 1). Phần này có thể là đoạn kênh chuyển tiếp, kết cấu tiêu năng, mũi phun v.v...

CHÚ THÍCH: Trong những công trình cụ thể, các phần và đoạn riêng của cống có thể không có hoặc kết hợp. Ví dụ, khi cửa van bố trí ở cuối đầu vào thì không có đoạn vào; khi cửa van đặt tại cửa ra, công trình không có đoạn ra; trường hợp cửa ra không mở rộng hoặc thu hẹp, cống không có đầu ra v.v...

3.9. Khí hóa (Gasify)

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

3.10. Áp suất phân giới (Delimited pressure)

Áp suất hóa hơi.

3.11. Khí thực (Cavitation)

Hiện tượng tróc rỗ, phá hoại xâm thực bề mặt vật liệu lòng dẫn do khí hóa đủ mạnh và tác động trong một thời gian đủ dài.

3.12. Hệ số khí hóa K (Coefficient of gasify)

Đại lượng dùng để biểu thị mức độ mạnh yếu của khí hóa trong nước.

3.13. Vật chảy bao

Vật rắn có mặt ngoài (hay một phần của mặt ngoài) tiếp xúc với dòng nước chảy.

3.14. Hàm khí

Hiện tượng trong chất lỏng có chứa một thể tích không khí nhất định, không khí chứa trong chất lỏng có thể là khí hòa tan tự nhiên hoặc khí bị hút vào dòng chảy từ mặt thoáng khi dòng chảy có lưu tốc lớn hoặc không khí được đưa vào dòng chảy thông qua các bộ phận tiếp khí.

3.15. Cột nước phục hồi

Hiệu số giữa cao độ mực nước hạ lưu và cao độ mực nước trực tiếp sau cửa ra.

4. Ký hiệu

- b là chiều rộng cống, tính bằng mét (m);
- c là hệ số Sedi;
- e là độ mở cửa van tuyệt đối, tính bằng mét (m);
- Fr là số Froude;
- h là chiều cao cống, tính bằng mét (m);
- h_2 là chiều sâu liên hiệp với chiều sâu thu hẹp h_c , tính bằng mét (m);
- h_c là chiều sâu tại mặt cắt co hẹp, tính bằng mét (m);
- h_k là độ sâu phân giới, tính bằng mét (m);
- h_r là chiều sâu mực nước tại cửa ra, tính bằng mét (m);
- H là chiều sâu mực nước thượng lưu tính đến ngưỡng cống, tính bằng mét (m);
- H_{DT} là cột nước áp lực toàn phần đặc trưng của dòng chảy bao quanh công trình hay bộ phận đang xét, tính bằng mét (m);
- g là gia tốc trọng trường, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;
- K là hệ số khí hóa;
- K_{pg} là hệ số khí hóa phân giới;
- L là chiều dài cống, tính bằng mét (m);
- Q là lưu lượng qua cống, tính bằng mét khối trên giây (m^3/s);
- Q_a là lưu lượng không khí, tính bằng mét khối trên giây (m^3/s);
- Q_{ac} là lưu lượng do tự hàm khí trên mặt thoáng dòng chảy, tính bằng mét khối trên giây (m^3/s);
- Q_{ax} là lưu lượng không khí bị hút vào cống do nước nhảy, tính bằng mét khối trên giây (m^3/s);
- R là bán kính thủy lực, tính bằng mét (m);
- t là chiều sâu mực nước hạ lưu, tính bằng mét (m);
- V là lưu tốc bình quân tại mặt cắt cuối đầu vào, tính bằng mét trên giây (m/s);
- V_c là lưu tốc bình quân tại mặt cắt co hẹp, tính bằng mét trên giây (m/s);

V_{DT} là lưu tốc (trị số trung bình thời gian) đặc trưng của dòng chảy bao quanh công trình hay bộ phận đang xét, tính bằng mét trên giây (m/s);

Z là cột nước tác dụng của cống, tính bằng mét (m);

Z_v là chênh lệch cao độ mực nước thượng lưu với cao trình trần cống tại mặt cắt cuối đầu vào, tính bằng mét (m);

Z_{ph} là cột nước phục hồi, tính bằng mét (m);

là hệ số động lượng;

r là diện tích mặt cắt tại cửa ra, tính bằng mét vuông (m^2);

là hệ số lưu lượng của cống;

k là hệ số lưu lượng của ống dẫn khí;

c là hệ số vận tốc tại mặt cắt co hẹp;

là trọng lượng riêng của nước, tính bằng kilôgam trên mét khối (kg/m^3).

5. Những yêu cầu kỹ thuật trong việc tính toán thủy lực cống dưới sâu

5.1. Khả năng tháo của cống dưới sâu phải phù hợp với mục tiêu và nhiệm vụ của cống.

5.2. Cống dưới sâu cùng với các công trình khác (công trình xả mặt, âu thuyền, nhà máy thủy điện v.v...) phải đảm bảo được lưu lượng tính toán với mức nước thượng lưu đã định.

5.3. Cống dưới sâu cần bảo đảm tháo cạn nước hồ trong thời gian quy định của thiết kế. Khi tháo cạn nước hồ cần lợi dụng chức năng tháo của các công trình khác (công trình xả mặt, âu thuyền, nhà máy thủy điện v.v...). Nếu xây dựng công trình xả chuyên để tháo cạn nước hồ cần phải có luận chứng về kinh tế và kỹ thuật.

5.4. Khi dòng chảy có bùn cát cần nghiên cứu biện pháp xả cát qua cống.

5.5. Vị trí, kích thước và số lượng công trình xả phụ thuộc cơ bản vào các yếu tố sau:

- Thành phần, kết cấu và nhiệm vụ công trình;
- Các thiết bị cơ khí;
- Điều kiện địa hình, địa chất;
- Lưu lượng và cột nước tính toán;
- Điều kiện thi công, khả năng kết hợp giữa các chức năng của công trình xả lũ thi công và khai thác;
- Điều kiện thủy lực của công trình (chế độ dòng chảy trong cống, liên hiệp thượng hạ lưu, tiêu năng v.v...);
- Điều kiện vận hành của công trình.

CHÚ THÍCH: Kích thước của cửa cống khi có cửa van cần xác định với trường hợp mực nước thấp nhất cống mở hoàn toàn có thể lấy đủ lưu lượng thiết kế.

5.6. Khi lựa chọn vị trí, kích thước, số lượng và kết cấu công trình cần phải so sánh các phương án trên cơ sở kinh tế, kỹ thuật. Các phương án cần thỏa mãn những yêu cầu nêu tại 5.1 đến 5.4. Trong lúc so sánh các phương án cần xét đến khả năng kết hợp các công trình lấy nước và tháo nước.

5.7. Việc lựa chọn hình dạng và kích thước đường hầm cũng như các kết cấu bọc tiến hành theo các tiêu chuẩn thiết kế đường hầm thủy lợi hiện hành.

5.8. Tùy theo kiểu đập, kết cấu các ống xả có thể là:

- Các ống có hoặc không có lớp bọc nằm trong thân đập;

- Các ống bê tông cốt thép nằm trong thân đập bê tông cốt thép;
- Các ống bê tông cốt thép đặt ở nền đập vật liệu địa phương;
- Các ống kim loại nằm tự do trong hành lang bê tông hoặc bê tông cốt thép.

5.9. Các kiểu bọc của ống xả có thể như sau:

- Trát hoặc phun vữa xi măng vào mặt trong của ống có cốt thép hoặc trong trường hợp đặc biệt không có cốt thép, sau đó tiếp tục làm nhẵn bề mặt;
- Những tấm bê tông cốt thép và các khe nối, nối liền các tấm với nhau;
- Những lớp áo có độ cứng đặc biệt bằng bê tông mác cao, bê tông vỏ kim loại, bê tông và bê tông cốt thép theo phương pháp chân không v.v...
- Trong trường hợp đặc biệt - lớp áo kim loại có dạng ống.

CHÚ THÍCH: Trong trường hợp đặc biệt, trên cơ sở luận chứng đầy đủ về kinh tế và kỹ thuật có thể dùng các lớp bọc khác nhau như đá tốt, các tấm gang v.v...

5.10. Kiểu bọc phụ thuộc vào đại lượng áp suất tác dụng lên mặt trong của ống, mác bê tông của đập ở khu vực đặt công trình xả, vận tốc dòng chảy, khả năng phát sinh khí thực, số lượng, độ lớn và độ rắn của các hạt cát bị dòng chảy cuốn qua cống, thời gian làm việc của công trình và điều kiện thi công.

Khi cột áp trong ống nhỏ hơn 30 m và thỏa mãn các điều kiện kể trên có thể không cần làm lớp bọc.

Khi cột áp trong ống từ 30 m đến 50 m nên làm lớp bọc. Vấn đề chống thấm của lớp bọc giải quyết theo từng điều kiện làm việc của công trình.

Khi cột áp trong ống từ 50 m đến 100 m hoặc cống kết hợp với nhà máy của trạm thủy điện thì bất kỳ cột nước nào cũng phải làm lớp bọc bằng bê tông thủy công chống thấm mác "B8" hoặc đổ bê tông bằng phương pháp chân không.

Khi cột áp trong ống lớn hơn 100 m hoặc với tổ hợp bất lợi nhất của áp suất (chân không) và vận tốc thì kết cấu và kiểu bọc cần được lựa chọn trên cơ sở nghiên cứu có xét đến điều kiện thực tế.

CHÚ THÍCH: Trường hợp ở phía mặt chịu áp lực của đập có lớp bê tông chống thấm hoặc bê tông có chất lượng cao, có thể làm thêm lớp bọc của công trình xả bằng ngay loại bê-tông đó.

5.11. Trong trường hợp chung, áo hoặc lớp vỏ của cống dưới sâu cần thỏa mãn các điều kiện về độ chắc, tính chống thấm, chống tác dụng xâm thực và bào mòn. Tính toán các yêu cầu nói trên khi lựa chọn kiểu bọc cần tiến hành trên cơ sở nghiên cứu.

5.12. Tùy theo cách bố trí, buồng cửa van có thể chia thành một khoang, hai khoang hoặc nhiều khoang. Chế độ chuyển động của nước trong phạm vi buồng cửa van có thể là chuyển động có áp hoặc hỗn hợp - trước cửa van có áp còn sau cửa không áp. Buồng cửa van có thể bố trí trên đoạn nằm ngang hoặc đoạn dốc trong công trình xả.

Mặt cắt của buồng cửa van có thể không đổi hoặc biến đổi theo diện tích.

Buồng cửa van gồm phần bố trí cửa van và phần chuyển tiếp. Chiều dài của phần bố trí cửa van xác định theo số lượng và cách bố trí cửa dự trữ, cửa sửa chữa và phụ thuộc vào chiều rộng khe cửa van, khoảng cách cho phép nhỏ nhất giữa các khe cửa theo điều kiện bố trí các thiết bị cơ khí, quan sát và sửa chữa cửa van chính (công tác).

Chiều dài đoạn chuyển tiếp phụ thuộc vào sự biến đổi hình dạng và kích thước trong phạm vi phần này hoặc phụ thuộc vào góc mở rộng cho phép (xem Bảng 1).

5.13. Với mục đích giảm hoặc loại trừ đại lượng chân không, buồng cửa van và những trụ ngăn cần có dáng hình thoi thuận và mặt cắt ngang thay đổi đều đặn theo chiều dài buồng. Nói chung cần thỏa mãn điều kiện:

$$i \cdot \sqrt{Z_i} = i+1 \cdot \sqrt{Z_{i+1}} \quad (1)$$

trong đó i , $i+1$, Z_i là hệ số lưu lượng, diện tích mặt cắt ngang và độ ngập của trên buồng cửa van dưới mực nước thượng lưu tại mặt cắt thứ i xác định theo 7.3 và 7.4.

CHÚ THÍCH:

1. Khi độ chân không trong buồng cửa van lớn, không nên làm buồng cửa van theo kiểu mở rộng.
2. Trong buồng cửa van có phần mở rộng thì góc mở rộng không được lớn hơn những trị số ghi trong Bảng 1.

Bảng 1 - Góc mở rộng giới hạn trong buồng cửa van

Vận tốc dòng chảy tại mặt cắt nhỏ nhất (m/s)		25	40	60
Góc tâm giới hạn của đoạn mở rộng trực thẳng	Mở rộng phẳng	4°30'	2°	1°
	Mở rộng không gian	2°15'	1°	0°30'

5.14. Khi thiết kế buồng cửa van cần đánh giá tính chất nguy hiểm do hiện tượng xâm thực trên các cấu kiện của buồng và trên cơ sở nghiên cứu thực nghiệm đề ra các biện pháp khắc phục sự hư hỏng do hiện tượng này gây ra.

5.15. Để có thể quan sát và sửa chữa, chiều cao và chiều rộng của mặt cắt cống không nhỏ hơn 1,6 m và 1,2 m. Khi không thực hiện theo đúng quy định này cần phân tích kỹ trong từng điều kiện cụ thể.

5.16. Độ dốc của đáy cống dài khi cần tháo cạn nước trong cống không được nhỏ hơn 0,001.

5.17. Trường hợp trước cửa vào của cống có bố trí lưới chắn rác, tùy theo điều kiện vớt rác thủ công hay bằng máy nên khống chế vận tốc trước lưới từ 0,5 m/s đến 1,0 m/s.

6. Các thiết bị chính của cống

6.1. Cống dưới sâu có thể có những thiết bị chủ yếu sau đây:

6.1.1. Cửa van chính dùng để ngăn nước khi cống không làm việc và điều tiết lưu lượng khi cần thiết. Theo điều kiện làm việc, cửa van chính được chia thành hai loại: cửa van điều tiết lưu lượng và cửa van không điều tiết lưu lượng. Cửa van điều tiết lưu lượng làm việc ở độ mở bất kỳ còn cửa van không điều tiết lưu lượng chỉ làm việc khi đóng hoặc mở hoàn toàn.

6.1.2. Cửa van dự trữ dùng để đóng cống trong trường hợp có sự cố khi thi công hoặc khai thác: Có thể dùng cánh cửa dự trữ để đóng cống trong thời gian sửa chữa cửa van chính hoặc cống (trong trường hợp này gọi là cánh cửa dự trữ - sửa chữa).

6.1.3. Cánh cửa sửa chữa dùng để đóng cống trong thời gian sửa chữa. Trong thực tế thường dùng cánh cửa dự trữ - sửa chữa.

6.1.4. Lưới chắn rác dùng để ngăn rác và các vật nổi tương đối lớn bị dòng chảy cuốn vào cống.

6.1.5. Các thiết bị cơ khí đóng, mở cửa và lưới chắn rác.

6.2. Kiểu cánh cửa được quyết định bởi kích thước và kết cấu cống, đại lượng cột nước trước cánh cửa và yêu cầu khai thác.

Khi so sánh kinh tế và kỹ thuật các phương án cần xét:

- Điều kiện thủy lực của cửa van, khả năng phát sinh hiện tượng khí thực và rung động;
- Đặc điểm tăng mức nước thượng lưu khi có lũ và tốc độ mở cửa cần thiết lúc đó;
- Điều kiện tiêu năng của dòng nước chảy qua cống;
- Khả năng kết hợp những công trình xả lũ thi công và khai thác;

- Điều kiện bố trí các thiết bị đóng mở, quan sát và sửa chữa;
- Điều kiện sửa chữa và làm kín nước cửa van.

CHÚ THÍCH: Khi lựa chọn kiểu cửa van cần dựa vào những đặc tính công tác và các đặc trưng thủy lực của các loại cánh cửa dưới sâu ghi trong Phụ lục A và B.

6.3. Cột nước tác dụng lên cửa van ảnh hưởng tới các đặc trưng thủy lực và tải trọng tác dụng lên cửa do đó khi xác định kích thước cửa và lực nâng cần chú ý tới đại lượng này.

6.4. Khi chọn kiểu cửa van và vị trí cửa trong cống cần theo các quy định sau:

6.4.1. Khi diện tích cửa lớn hơn 20 m², theo thứ tự hợp lý dùng cửa cung hoặc phẳng.

6.4.2. Khi diện tích cửa từ 8 m² đến 20 m² theo thứ tự hợp lý dùng cửa cung, cửa phẳng, van kim hoặc van hình nón (đặt ở phần cuối ống).

6.4.3. Khi diện tích cửa nhỏ hơn 8 m² có thể dùng tất cả các loại cửa dưới sâu. Nếu bố trí cửa ở phần cuối cống, có thể dùng van kim hoặc van hình nón.

6.4.4. Khi bố trí cửa ở cuối cống có thể loại trừ được hiện tượng chân không trong cống, dễ dàng quan sát và sửa chữa cửa v.v... Song, trong trường hợp này, đoạn ống trước cửa van luôn chịu tác dụng của áp lực nước và điều kiện liên hiệp thượng hạ lưu cống sẽ xấu hơn so với trường hợp bố trí cửa ở cuối đầu vào hoặc đoạn vào.

6.4.5. Khi thiết kế cống có cửa đặt ở cuối đầu vào hoặc đoạn vào, cột nước lớn, cần thay đổi dần dần mặt cắt của cống trong phạm vi gần cửa để bảo đảm chế độ chảy không áp ổn định và đưa không khí vào trong cống. Trong trường hợp này cần nghiên cứu lớp bọc mặt trong của ống tại khu vực sau cửa, hình dạng các khe van, mép dưới cửa van và ngưỡng để tạo ra các chế độ thủy lực tốt ở sau cửa.

6.4.6. Nếu chuyển động của nước ở sau cửa van là chuyển động có áp thì tốt nhất nên dùng các loại cửa van không cần khe van và giảm diện tích mặt cắt ra. Khi giảm diện tích mặt cắt ra, khả năng tháo của cống sẽ giảm do đó cần phải luận chứng kinh tế.

6.4.7. Trong buồng cửa van cho phép chảy chuyển tiếp trong trường hợp đưa không khí vào cống đầy đủ và không có nước chảy trực tiếp sau cửa hoặc chuyển dịch trong buồng cửa van.

6.5. Đối với cửa dự trữ - sửa chữa nên dùng loại cửa phẳng.

6.6. Khi tại các bộ phận của cống có khả năng khí hóa dòng chảy cần áp dụng các biện pháp phòng chống khí thực như thay đổi đường biên công trình, dùng loại vật liệu có độ bền khí thực hoặc bố trí ống dẫn không khí vào cống. Ống dẫn không khí tính toán cần đảm bảo vận tốc không khí trong ống không lớn hơn 60 m/s.

CHÚ THÍCH: Để giảm đại lượng chân không, có thể tăng trị số sức kháng ở phần sau cửa hoặc hạ thấp cao độ trục ống tại mặt cắt ra khi cửa ra ngập dưới nước hạ lưu.

6.7. Cần lựa chọn các thiết bị đóng mở để có thể đóng mở cửa nhanh chóng và kịp thời, đồng thời bố trí các thiết bị nâng trên chỗ khô ráo (buồng hoặc hầm), v.v...

CHÚ THÍCH: Có thể ứng dụng các thiết bị điều khiển từ xa hoặc tự động.

6.8. Cần thiết kế các thiết bị đóng mở riêng đối với cửa chính. Trong trường hợp cống có nhiều cửa như nhau có thể dùng một thiết bị đóng mở một số cửa.

7. Nội dung và trình tự tính toán thủy lực cống dưới sâu

7.1. Các nội dung cần tính toán

Trong trường hợp chung, tính toán thủy lực cống dưới sâu gồm:

- Nghiên cứu chế độ dòng chảy trên mỗi phần cống;
- Xác định khả năng tháo (lưu lượng) của cống;
- Kiểm tra khả năng hình thành phễu khí;

- Kiểm tra khí hóa, khí thực và xác định áp suất thủy động trong cống;
- Tính toán liên hiệp dòng chảy sau cống và hạ lưu.

7.2. Chế độ dòng chảy trong cống dưới sâu và sơ đồ tính toán thủy lực

7.2.1. Theo chế độ thủy lực, cống dưới sâu được chia ra:

- Cống có áp, cửa ra không ngập hoặc ngập (Hình 2a,b);
- Cống làm việc theo chế độ chảy hỗn hợp (Hình 2c,d);
- Cống không áp (Hình 2e).

7.2.2. Cống dưới sâu cần đảm bảo chế độ có áp hoặc không áp ổn định.

Khi thiết kế cống dưới sâu làm việc theo chế độ chuyển tiếp từ có áp sang không áp hoặc ngược lại, từ không áp sang có áp hay trong chế độ hỗn hợp cần nghiên cứu thực nghiệm và luận chứng về kinh tế, kỹ thuật.

7.2.3. Khi cột nước trên ngưỡng cửa vào $H < 1,15h$ cống sẽ làm việc theo sơ đồ chảy qua đập tràn. Trong trường hợp này, khả năng tháo cửa cống xác định theo TCVN 9147:2012.

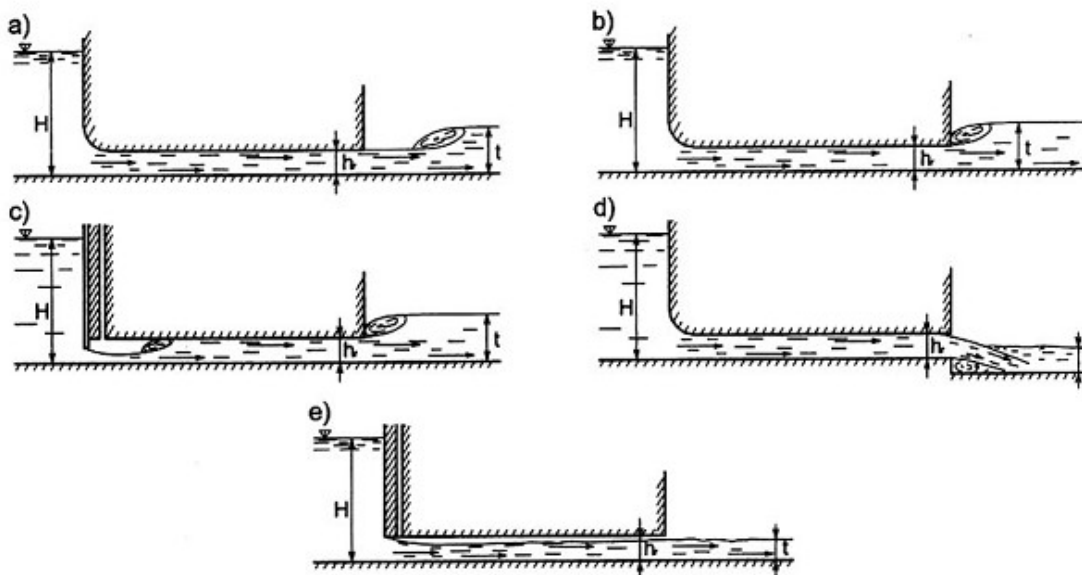
7.2.4. Trường hợp $H \geq 1,15h$ cống có thể làm việc theo sơ đồ chảy qua lỗ, qua vòi (ống ngắn) hoặc ống có áp.

Nếu chiều dài cống L nhỏ hơn chiều dài giới hạn L_{gh} , cống sẽ làm việc theo sơ đồ chảy qua lỗ. Trị số L_{gh} , phụ thuộc hình dáng cửa vào, lấy theo Bảng 2.

Khi $L > L_{gh}$, cống sẽ làm việc theo chế độ chảy có áp nếu thỏa mãn điều kiện nêu trong 7.2.5.

CHÚ THÍCH:

- 1) Ống được coi là ống ngắn (có thể bỏ qua tổn thất do ma sát theo chiều dài ống) nếu $L_{gh} < L < 40R$ (R là bán kính thủy lực)
- 2) Những vấn đề tồn tại về tiêu chuẩn ngập ở cửa vào trong điều này và 7.2.3 xem chú thích 3 của 3.1.



Hình 2 - Các chế độ dòng chảy qua cống

Bảng 2 - Chiều dài giới hạn của cống

Hình dáng đầu vào	L_{gh}
-------------------	----------

1. Cửa vào mép sắc	4h
2. Cửa vào có mép tròn với:	
r/h 0,5	3h
r/h 1,0	2h
3. Cửa vào có hình dáng thuận (không có hiện tượng tia dòng tách khỏi miệng ống)	h

7.2.5. Cổng có thể làm việc trong chế độ có áp ổn định khi:

- Bố trí cửa van tại cửa ra;
- Cửa cổng đặt tại đầu vào, mở hoàn toàn và thoả mãn điều kiện:

a) Cửa vào thuận;

b) Thoả mãn bất đẳng thức.

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{v} \cdot v \cdot \sqrt{Z_v}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{r} \cdot r \cdot \sqrt{Z}}} \quad (2)$$

trong đó:

v là hệ số tổn thất tại đầu vào;

v là diện tích mặt cắt tại cuối đầu vào, tính bằng m^2 ;

r là diện tích mặt cắt tại cửa ra, tính bằng m^2 ;

Z_v là hiệu số cao độ mực nước thượng lưu và cao độ trần cổng tại mặt cắt cuối đầu vào, tính bằng m;

Z là cột nước tác dụng của cổng, tính bằng m;

là tổng các hệ số tổn thất từ cửa vào đến cửa ra tính với mặt cắt ra

CHÚ THÍCH: Nếu không thoả mãn điều kiện (2) cần thu hẹp mặt cắt ra, tăng độ nhám trên phần xả hay bố trí cửa ra dưới mực nước hạ lưu.

7.2.6. Cổng sẽ làm việc theo chế độ không áp ổn định nếu thực hiện các biện pháp sau:

- Tăng khoảng không giữa mặt thoáng và trần cổng;
- Bố trí trần cổng tại cửa ra cao hơn mực nước hạ lưu;
- Tăng độ dốc đáy;
- Đưa không khí vào đầu đoạn không áp.

CHÚ THÍCH:

1) Để đảm bảo chế độ chảy không áp ổn định đối với cổng dài ($L/h > 10$) và khi số Froude lớn ($Fr > 10$), trong tất cả mọi trường hợp cần đưa không khí vào đầu đoạn không áp.

2) Tính ổn định của chế độ không áp và biện pháp đưa không khí vào công trình cấp I, cấp II hoặc những công trình phức tạp (tuyến cống, $Fr > 15 - 20$) ở bất kỳ cấp nào cần phải luận chứng bằng những nghiên cứu chuyên đề.

3) Kích thước của ống dẫn khí cần tính toán cụ thể (xem 7.8) và không được nhỏ hơn $k_{\min}$ xác định theo điều kiện:

$$k_{\min} = 0,04 \quad (3)$$

trong đó:

k là hệ số lưu lượng của ống dẫn khí, xác định theo các công thức thủy lực thông thường;

$n_{\min}$ là diện tích mặt cắt ngang tối thiểu của ống dẫn khí, tính bằng mét vuông (m^2);

n là diện tích mặt cắt ngang cống, tính bằng mét vuông (m^2).

4) Độ dày (theo diện tích) của ống không áp không được lớn hơn các trị số ghi trong Bảng 3.

Bảng 3 - Độ dày giới hạn của ống không áp

Fr	< 10	10-20	> 20
$n/$	0,90	0,80	0,75

CHÚ THÍCH 1: n là diện tích mặt cắt ướt của dòng chảy, tính bằng mét vuông (m^2);

CHÚ THÍCH 2: n là diện tích mặt cắt ngang của cống, tính bằng mét vuông (m^2).

7.2.7. Tính ổn định theo chế độ chảy không áp được xác định theo số Froude (Fr) của dòng chảy trong cống và số Froude giới hạn (Fr_{gh}). Khi:

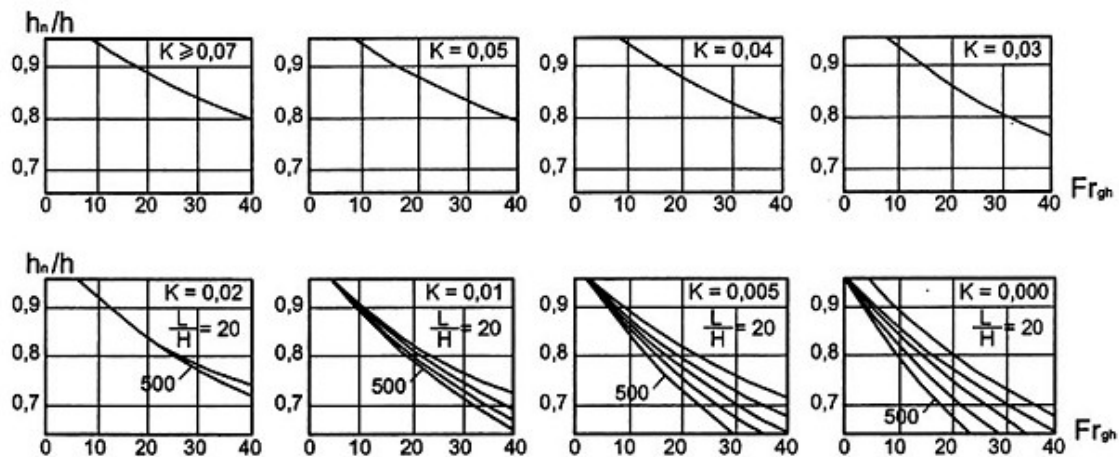
$$Fr < Fr_{gh} \quad (4)$$

chế độ chảy không áp trên phần xả của cống ổn định. Số Fr_{gh} xác định theo 7.2.8.

7.2.8. Đối với cống dài ($L/h > 10$), mặt cắt chữ nhật, chuyển động của dòng chảy trong cống gần như chuyển động đều và $5 < Fr < 45$, số Fr_{gh} xác định theo đồ thị Hình 3 (Khi số $Fr > 45$ cần nghiên cứu thủy lực trên mô hình).

CHÚ THÍCH:

- 1) Khi mặt cắt cống không phải hình chữ nhật có thể tính tương đương theo diện tích mặt cắt chữ nhật có kích thước tương ứng với diện tích tính đối;
- 2) Trường hợp $Fr < 5$, khi xác định tính ổn định của chế độ chảy không áp, không cần xét đến ảnh hưởng của không khí, tức là có thể dùng các phương pháp vẽ đường mặt nước theo các công thức thủy lực thông thường (7.2.9) để nghiên cứu tính ổn định của chế độ chảy không áp trong cống (khi không có nước nhảy trong cống và chiều sâu dòng chảy trong cống nhỏ hơn chiều cao cống thì chế độ chảy qua cống là không áp ổn định);
- 3) Khi độ dày $n/$ lớn hơn 0,7 đến 0,8 và $Fr < 5$ có thể phát sinh hiện tượng tạo sóng trong cống hoặc trường hợp đặc biệt, khi chiều sâu dòng chảy trong cống gần bằng chiều sâu phân giới h_k có thể phát sinh hiện tượng nhảy sóng.



CHÚ THÍCH:

h_n là chiều sâu dòng chảy trong cống; $K = \frac{k \cdot}{b \cdot h}$;

□ là diện tích mặt cắt ngang của ống dẫn khí; các ký hiệu khác xem Điều 4.

Hình 3 - Đồ thị xác định số Froude giới hạn

7.2.9. Khi bỏ qua ảnh hưởng của không khí ($Fr < 5$), chiều sâu dòng chảy trong cống xác định theo quan hệ:

$$z_2 - z_1 = (i - \bar{J}) \cdot l \quad (5)$$

trong đó:

z_1 và z_2 là tỷ năng mặt cắt tại tuyến 1-1 và 2-2, tính bằng mét (m);

Các chỉ số 1 và 2 là thứ tự theo chiều dòng chảy (hình 22); i là độ dốc đáy;

l là khoảng cách giữa hai mặt cắt 1-1 và 2-2, tính bằng mét (m);

$\bar{J}$ là độ dốc thủy lực trung bình trong đoạn l , tính theo công thức:

$$\bar{J} = \frac{\bar{v}^2}{\bar{C}^2 \cdot R} \quad (6)$$

$\bar{v}$, $\bar{C}$, $\bar{R}$ là trị số vận tốc, hệ số Sedi và bán kính thủy lực trung bình đối với các mặt cắt 1-1 và 2-2

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}; \bar{C} = \frac{C_1 + C_2}{2}; \bar{R} = \frac{R_1 + R_2}{2} \quad (7)$$

CHÚ THÍCH: Phương trình (5) phải giải bằng cách thử dần. Ví dụ, giả thiết các trị số l và h_2 ,

tính z_2 theo công thức (5) và z_2' theo công thức: $z_2' = h_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g}$

Nếu các trị số z_2 và z_2' bằng nhau thì các trị số l và h_2 giả thiết là các nghiệm cần tìm.

7.3. Xác định khả năng tháo của cống dưới sâu

7.3.1. Khả năng tháo (lưu lượng) của cống có áp xác định theo công thức:

$$Q = \mu_r \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot Z} \quad (8)$$

$$\mu_r = \frac{1}{\sqrt{1 + i \cdot \frac{r}{i}}} \quad (9)$$

trong đó:

μ_r là hệ số động năng tại mặt cắt ra. Khi không có gì đặc biệt (gần cửa ra không có chỗ uốn cong, gãy khúc hoặc chướng ngại vật v.v...), có thể lấy $\mu_r = 1$;

i là hệ số sức kháng thủy lực tại mặt cắt cần tính tổn thất cột nước cục bộ và hệ số tổn thất do ma sát theo chiều dài;

$i \cdot \frac{r}{i}$ là tổng các hệ số tổn thất cục bộ và ma sát theo chiều dài từ mặt cắt vào đến mặt

cắt ra quy đổi về lưu tốc tại cửa ra;

i là diện tích tại mặt cắt tính tổn thất cục bộ hoặc diện tích tại đoạn tính tổn thất ma sát theo chiều dài;

Các kí hiệu khác xem Điều 4.

CHÚ THÍCH:

- 1) Các hệ số tổn thất cục bộ trong cống có áp cần tính đối với: cửa vào, cửa van (khi mở không hoàn toàn), các khe van, chỗ cong, phần thu hẹp và mở rộng v.v... Các hệ số tổn thất cục bộ kể trên xác định theo Phụ lục A;
- 2) Trường hợp sức kháng cục bộ phức tạp hoặc đối với những công trình quan trọng, các tổn thất cột nước cục bộ cần xác định bằng thực nghiệm;
- 3) Tổn thất cột nước do ma sát theo chiều dài ống có áp xác định theo tiêu chuẩn tính toán tổn thất thủy lực do ma sát dọc theo chiều dài ống hiện hành, có thể tham khảo Phụ lục E;
- 4) Cột nước tác dụng của cống xác định theo 7.4.
- 5) Khi không có sự thay đổi mặt cắt trên toàn bộ chiều dài cống hệ số lưu lượng có thể tính theo công thức (10);

$$\frac{1}{\sqrt{r_c \cdot \frac{L}{D}}} \quad (10)$$

trong đó:

r_c là hệ số sức kháng thủy lực tại mặt cắt cần tính tổn thất cột nước cục bộ;

$\frac{L}{D}$ là hệ số tổn thất do ma sát theo chiều dài, xem chú thích 3 của 7.3.1 và Điều E.1 Phụ lục E.

7.3.2. Khả năng tháo của cống ngăn (xem chú thích 7.2.4) xác định theo 7.3.1 nhưng bỏ qua tổn thất thủy lực do ma sát chiều dài ống.

7.3.3. Khả năng tháo của cống theo sơ đồ chảy qua lỗ xác định theo công thức:

$$Q = \epsilon \cdot e \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot Z} \quad (11)$$

trong đó:

e là hệ số vận tốc tại mặt cắt co hẹp, có thể lấy $e = 0,97$ khi trước cửa vào không có khe van và $e = 0,94$ nếu trước cửa vào có khe van;

ϵ là hệ số co hẹp đứng, xác định theo 7.3.4 và 7.3.5;

e là diện tích của lỗ, tính bằng mét (m);

Z là cột nước tác dụng xác định theo 7.4, nhưng thay $h_r = h_c = \dots$ (h là chiều cao lỗ). Trường hợp sau lỗ (sau cửa van mở không hoàn toàn) tồn tại chân không, đại lượng Z trong công thức (11) xác định như sau:

$$Z = H_0 - e \cdot \dots + h_{ck};$$

H_0 là năng lượng riêng tại mặt cắt trước lỗ (hoặc trước van) kể cả cột nước tổn thất từ cửa vào đến mặt cắt này và cột nước vận tốc tới gần, tính bằng mét (m);

h_{ck} là đại lượng chân không trong ống dẫn khí sau lỗ (hoặc sau cửa van), tính bằng mét (m).

7.3.4. Trong trường hợp chung, hệ số co hẹp dùng khi chảy qua lỗ xác định theo công thức:

$$\frac{1}{\epsilon \left(\epsilon \sqrt{\frac{2}{\epsilon}} \cdot \dots \right)} \quad (12)$$

CHÚ THÍCH:

- 1) α là hệ số sức kháng thủy lực xác định theo Phụ lục A;
- 2) Có thể lấy $\alpha = 0,97 - 0,98$. Khi cửa vào (lỗ) có mép sắc, hệ số α có thể lấy theo Bảng 4.

Bảng 4 - Hệ số co hẹp trường hợp chảy qua lỗ

h/H	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
	0,617	0,620	0,622	0,625	0,628	0,633	0,638	0,645	0,650	0,660

7.3.5. Hệ số co hẹp dòng chảy khi chảy dưới các loại cửa dưới sâu xác định theo công thức:

$$\alpha = \frac{1}{n \cdot \left(\alpha_c \sqrt{\frac{2}{\alpha_c} - 1} \right)} \quad (13)$$

trong đó

n là độ mở tương đối, $n = e/h$;

α_c là hệ số tổn thất thủy lực của cửa, xác định theo Phụ lục A;

α là hệ số vận tốc tại mặt cắt co hẹp, lấy theo trị số α trong công thức (12).

Đối với cửa phẳng, thẳng đứng, mép sắc, dòng chảy có áp (các tia ngập) hệ số α có thể lấy theo Bảng 5. Trường hợp dòng chảy không áp (các tia không ngập) hệ số α lấy theo Bảng 4.

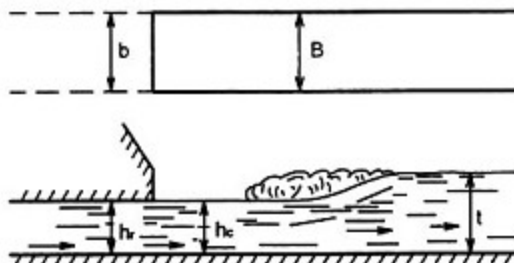
Bảng 5 - Hệ số co hẹp đối với dòng chảy dưới cửa phẳng có áp

e/h	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
	0,630	0,635	0,647	0,665	0,689	0,717	0,755	0,800	0,870	1,00

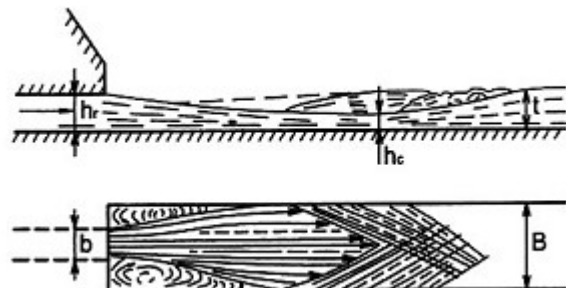
7.4. Xác định cột nước tác dụng của cống dưới sâu

7.4.1. Các trường hợp khi xác định cột nước tác dụng của cống dưới sâu:

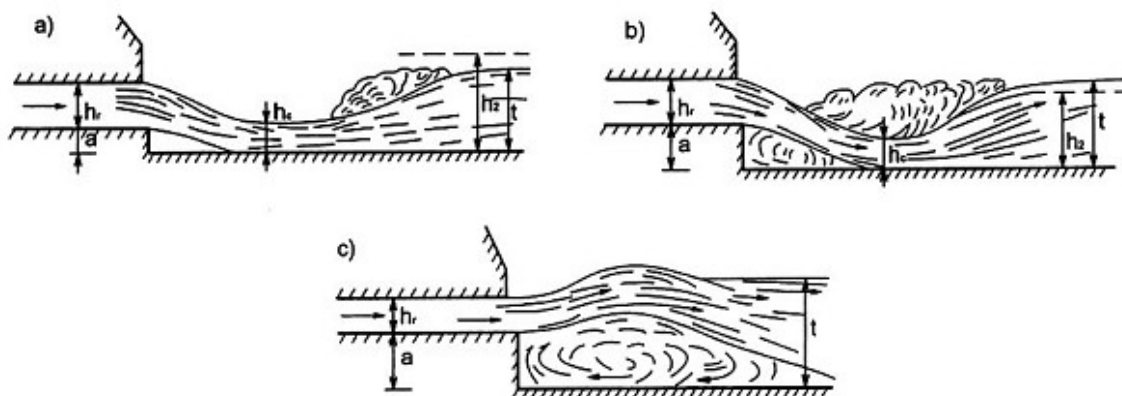
- Chiều rộng của phần liên hiệp bằng chiều rộng của cửa ra (Hình 4);
- Chiều rộng của phần liên hiệp lớn hơn chiều rộng của cửa ra (Hình 5);
- Sau cửa ra không có bậc (Hình 4 và 5);
- Sau cửa ra có bậc (Hình 6);
- Cửa ra không ngập (Hình 4 và 6);
- Cửa ra ngập (Hình 7 và 9).



Hình 4 - Sơ đồ dòng chảy qua cống khi chiều rộng liên hiệp bằng chiều rộng cống và sau cống không có bậc



Hình 5 - Sơ đồ dòng chảy qua cống khi chiều rộng liên hiệp lớn hơn chiều rộng cống và sau cống không có bậc



Hình 6 - Sơ đồ dòng chảy qua cống trường hợp sau cửa ra có bậc không ngập

7.4.2. Khi xác định cột nước tác dụng của cống không có bậc cần phân biệt các trường hợp:

7.4.2.1. Cửa ra không ngập

$$t > h_2 \quad (14)$$

h_2 là chiều sâu liên hiệp với chiều sâu thu hẹp h_c . Trường hợp phần liên hiệp lắng trụ, đáy bằng (độ dốc đáy $i = 0$) và $b = B$ (Hình 4), chiều sâu h_2 là chiều sâu liên hiệp với chiều sâu nước tại cửa ra h_r .

7.4.2.2. Cửa ra ngập

$$t < h_2 \quad (15)$$

CHÚ THÍCH: Đại lượng h_2 xác định theo Phụ lục C.

7.4.3. Trường hợp sau cửa ra không có bậc, cột nước tác dụng Z xác định theo các công thức:

7.4.3.1. Khi cửa ra không ngập:

$$Z = T_0 - h_r; \quad (16)$$

Khi cửa ra ngập:

$$Z = T_0 - 1 + Z_{ph} \quad (17)$$

$$T_0 = T + \frac{v_0^2}{2g} \quad (17)$$

T_0 là năng lượng riêng ở trước công trình ứng với mặt phẳng so sánh, tính bằng mét (m);

v_0 là lưu tốc tiến gần, tính bằng mét trên giây (m/s).

7.4.4. Cột nước phục hồi Z_{ph} xác định theo công thức :

$$Z_{ph} = A_0 \cdot \frac{v_2}{g} (v_r - v_2) \quad (18)$$

trong đó:

v_r là vận tốc trung bình tại mặt cắt ra (mặt cắt 1-1, Hình 7), tính bằng mét trên giây (m/s);

v_2 là vận tốc trung bình tại mặt cắt cuối phần liên hiệp (Hình 7), tính bằng mét trên giây (m/s);

A_0 là hệ số hiệu chỉnh, xác định theo các công thức (19), (20).

a) Trường hợp chiều rộng cửa ra bằng chiều rộng phần liên hiệp ($b = B$),

$$A_o = \frac{2t}{2t - Z_{ph}}, \quad (19)$$

b) Trường hợp chiều rộng phần liên hiệp lớn hơn chiều rộng cửa ra (Hình 5).

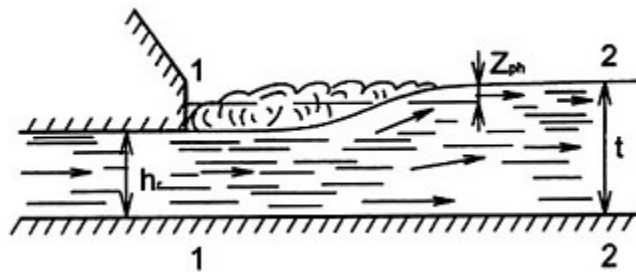
$$A_o = \frac{2 \cdot 2}{2 \cdot 2 - B \cdot Z_{ph}} \quad (20)$$

Trong đó:

2 là diện tích ướt của dòng chảy tại cuối phần liên hiệp (mặt cắt 2-2, Hình 7), tính bằng m^2 ;

B là chiều rộng phần liên hiệp, tính bằng mét (m).

CHÚ THÍCH: Công thức (18) dùng trong trường hợp lòng dẫn thẳng, mặt cắt chữ nhật.



Hình 7 - Sơ đồ dòng chảy qua cống trường hợp cửa ra không có bậc và ngập

7.4.5. Tiêu chuẩn ngập của cống có bậc được quy định như sau :

7.4.5.1. Cửa ra không ngập

$$t \leq t_{gh}; \quad (21)$$

7.4.5.2. Cửa ra ngập (Hình 9)

$$t > t_{gh} \quad (22)$$

t_{gh} là chiều sâu giới hạn, xác định theo 7.4.6, tính bằng mét (m)

7.4.6. Khi xác định chiều sâu giới hạn t_{gh} cần phân biệt các trường hợp:

7.4.6.1. Trường hợp $\beta = \frac{b}{B} > 0,65 \quad 0,70$

$$t_{gh} = \sqrt{a_2 - 2 \cdot a \cdot h_{0gh} - \beta \cdot h_r^2 (1 - \beta_0) \cdot h_{0gh}^2 - A} \quad (23)$$

trong đó:

$\beta_0 = \frac{b}{B_0}$. Khi trụ ngắn $l_t < h_{0gh}$ hoặc không có trụ có thể lấy $\beta_0 = 1$; các ký hiệu b , B_0 , B và h_r ghi

trên Hình 8;

h_{0gh} là cột nước giới hạn, xác định theo công thức:

$$h_{0gh} = 0,58 \cdot h_r \cdot \sqrt{2 \cdot \beta' \cdot Fr_r - 1} \quad (24)$$

$$\beta' = \beta_0 = \frac{b}{B_0} \text{ khi } l_t > h_r \text{ và}$$

$$\gamma = \gamma_0 = \frac{b}{B} \text{ khi } l_t < h_r;$$

$$F_r = \frac{q^2}{g.h_r^3}; q = \frac{Q}{b};$$

$$A = \frac{2.Q^2}{g.B} \left(\frac{r}{r} - \frac{t}{t} \right), \quad (25)$$

r và t là hệ số động lượng tại mặt cắt ra và cuối phần liên hiệp, có thể lấy $r = 1$ và $t = 1,03$;

r và t là diện tích mặt cắt ra và cuối phần liên hiệp, tính bằng mét vuông (m²).

7.4.6.2. Trường hợp $\lambda < 0,65$ cần chia ra các trường hợp:

a) Khi $b \geq 4.(h_{\text{opg}} - h_r)$, trụ dài hay ngắn

$$t_{\text{gh}} = a + h_{\text{opg}} \quad (26)$$

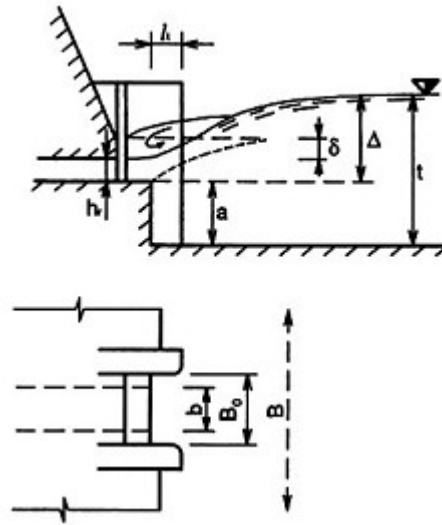
h_{opg} xác định theo công thức (24).

b) Khi $b < 4.(h_{\text{opg}} - h_r)$ cần tính như sau:

- đối với trụ ngắn t_{gh} xác định theo (23);

- trường hợp trụ dài t_{gh} xác định theo (26);

CHÚ THÍCH: Chiều dài trụ l_t , tính từ đầu đến mép bậc (Hình 8).



Hình 8 - Sơ đồ dòng chảy qua cống khi cửa ra có trụ pin

7.4.7. Cột nước tác dụng của cống có bậc xác định như sau:

7.4.7.1. Khi cửa ra không ngập:

a) trường hợp $b = B$

$$Z = T_0 - h_r; \quad (27)$$

b) trường hợp $b < B$, áp suất dưới tia bằng áp suất không khí:

$$Z = T_0 - \frac{1}{2} h_r \quad (28)$$

7.4.7.2. Khi cửa ra ngập:

$$Z = T_0 - h_r - \quad (29)$$

là độ ngập tính bằng mét (hình 8) xác định theo 7.4.8.

7.4.8. Độ sâu ngập xác định như sau:

7.4.8.1. Khi $\frac{b}{B} > 0,65 - 0,70$ cần chia thành hai trường hợp:

a) Trường hợp $> 3 (h_{\text{opg}} - h_r)$, đại lượng $= h_0 - h_r$ (30)

$$h_0 = \sqrt{t^2 - A} - a \quad (31)$$

trị số A xác định theo biểu thức (25);

là hiệu số cao độ mực nước hạ lưu và đáy cống tại cửa ra (hình 8), tính bằng mét; $= t - a$.

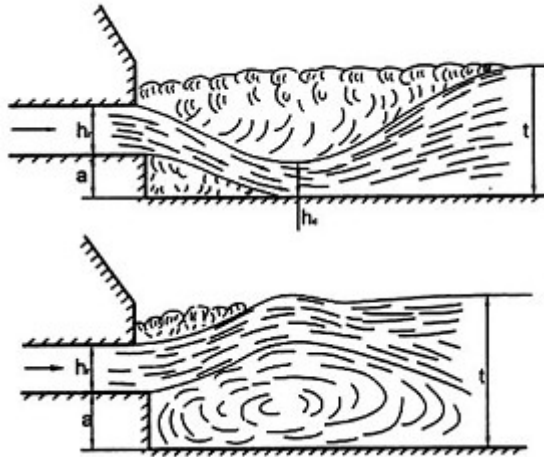
b) Trường hợp $3(h_{\text{ogh}} - h_r)$ trị số xác định theo hệ thống phương trình:

$$h_0 = \frac{\sqrt{a^2 - (1 - \beta_0) \cdot [a^2 - t^2 + \beta_0(h_r + \delta) + A]} - a}{1 - \beta_0} \quad (32)$$

$$\delta = h_0 - h_r - \mu^2(T_0 - h_r - \delta) \cdot \left\{ 1 - \frac{\left[\left(1 + 1,1 \ln \frac{1}{1 - \frac{\delta}{h_0 - h_r}} \right) r_0 \right]^2}{\left[\left(1 + 1,1 \ln \frac{1}{1 - \frac{\delta}{h_0 - h_r}} \right) r_0 + h_r \right]^2} \right\} \quad (33)$$

$$r_0 = \frac{h_r \sqrt{1 - \frac{h_{\text{ogh}} - h_r}{\mu^2(T_0' - h_r)}}}{1 - \sqrt{1 - \frac{h_{\text{ogh}} - h_r}{\mu^2(T_0' - h_0)}}} \quad (34)$$

Khi giải hệ phương trình trên nên xây dựng những đường cong $= f(h_0)$ theo các phương trình (32) và (33). Điểm cắt nhau của hai đường này cho trị số và h_0 cần tìm.



Hình 9 - Sơ đồ dòng chảy qua cống trường hợp cửa ra có bậc và ngập

7.4.8.2. Khi $\lambda < 0,65$ cần chia thành hai trường hợp:

a) Trường hợp không có trụ hoặc chiều dài của trụ ngắn ($l_t = 0$):

$$h_0 = t - a - h_r \quad (35)$$

b) Trường hợp có trụ, đại lượng h_0 xác định theo công thức (33) với trị số:

$$h_0 = t - a \quad (36)$$

CHÚ THÍCH: Khi khoảng cách từ cửa ra đến bậc lớn ($l > h_r$) có thể tính như không có bậc.

7.5. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tháo của cống

7.5.1. Các biện pháp tăng cường khả năng tháo của cống:

Ngoài việc tăng diện tích mặt cắt ngang, khả năng tháo của cống có thể tăng nếu thực hiện các biện pháp sau:

- Thiết kế đầu vào có dạng cong thuận để giảm bớt tổn thất cột nước tại cửa vào (xem Phụ lục A);
- Lựa chọn cửa van có hình dạng hợp lý về thủy lực (xem Phụ lục A và B);
- Nghiên cứu giảm bớt độ nhám của thành ống đối với cống ngầm - $L < 40R$; biện pháp giảm độ nhám thành cống để tăng khả năng tháo của cống ít có hiệu quả;
- Khi cống có đoạn cong, trong điều kiện có thể nên chọn bán kính cong hợp lý để vận tốc trên chỗ cong phân bố đều đặn, không phát sinh hiện tượng khí thực và tổng các hệ số tổn thất trên đoạn cong nhỏ nhất (7.5.2);
- Khi hệ số khí hóa trên các bộ phận của cống nhỏ hơn hệ số khí hóa phân giới (7.7.2) nên mở rộng cửa ra với góc α và diện tích F_r hợp lý (7.5.5);
- Nghiên cứu hình dáng hợp lý của phần liên hiệp hạ lưu để tăng cột nước phục hồi (7.5.6).

7.5.2. Bán kính cong lợi nhất về sức kháng thủy lực có thể xác định theo công thức:

7.5.2.1. Đối với đoạn cong có tiết diện tròn.

$$r_t^{4,5} = 0,003 \cdot \frac{d^{2,17}}{n^2} \quad (37)$$

trong đó:

r_t là bán kính cong tính đến trục ống, tính bằng mét (m);

d là đường kính ống, tính bằng mét (m);

n là hệ số nhám.

7.5.2.2. Khi đoạn cong có tiết diện hình chữ nhật:

$$r_t^{4,5} = \frac{0,032 \cdot h^{3,5} \cdot R^{4/3}}{n^2}, \quad (38)$$

trong đó:

R là bán kính thủy lực, tính bằng mét (m);

h là kích thước mặt cắt theo hướng bán kính cong, tính bằng mét (m);

n là hệ số nhám.

7.5.3. Ảnh hưởng của đoạn mở rộng tới khả năng tháo của cống có thể đánh giá theo công thức sau:

$$\mu_{m,r} = \frac{\mu}{\sqrt{1 - \frac{\eta_{ph}}{1 + \sum \xi_i \left(\frac{\omega_r}{\omega_l} \right)^2}}} \quad (39)$$

trong đó:

μ là hệ số lưu lượng khi phần ra không mở rộng;

μ_{m,r} là hệ số lưu lượng khi phần ra mở rộng;

$\sum \xi_i \left(\frac{\omega_r}{\omega_l} \right)^2$ là tổng các hệ số tổn thất từ mặt cắt vào đến mặt cắt ra (tính trong trường hợp đoạn

ra không mở rộng). Các ký hiệu ξ_i , ω_r và ω_l xem trong 7.3.1;

η_{ph} là hệ số phục hồi động năng trong phần mở rộng, xác định theo 7.5.4.

7.5.4. Hệ số phục hồi động năng trong đoạn ra mở rộng tính theo công thức (40)

$$\eta_{ph} = 1 - \mu_{m,r}^2 - \xi_r \frac{A_r}{A_l}, \quad (40)$$

trong đó:

μ_{m,r} là hệ số tổn thất trong đoạn ống mở rộng, tính theo mặt cắt đầu của phần mở rộng (xem Phụ lục A);

ξ_r là diện tích mặt cắt đầu và cuối (mặt cắt bình thường và mặt cắt ra) đoạn mở rộng;

v_r là hệ số hiệu chỉnh vận tốc tại mặt cắt đầu và cuối đoạn mở rộng. Trong những tính

toán gần đúng có thể lấy $\alpha = 1,0$ và $\beta = 1,1 \dots 1,3$.

7.5.5. Để đảm bảo không có hiện tượng tia dòng tách khỏi thành ống, góc mở rộng toàn bộ theo mặt bằng nên lấy như sau:

10° khi V ≤ 10 m/s;

5° – 8° khi 10 m/s < V < 20 m/s

Khi vận tốc dòng chảy $V > 20$ m/s không nên mở rộng phần ra vì có thể phát sinh hiện tượng khí thực.

CHÚ THÍCH: Khi mở rộng một hướng nên mở rộng theo mặt bằng để giảm trị số lưu lượng riêng.

7.5.6. Hiệu quả của phương pháp tăng khả năng tháo của cống bằng biện pháp làm tăng cột nước phục hồi trên phần liên hiệp đánh giá theo công thức:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \sqrt{1 - \frac{Z_{ph}}{Z'}} \quad (41)$$

trong đó:

Q_1 là lưu lượng cống khi cao độ trần cống tại cửa ra cao hơn cao độ mực nước hạ lưu;

Q_2 là lưu lượng cống khi bố trí cao độ trần cống tại cửa ra thấp hơn cao độ mực nước hạ lưu một đại lượng Z_{ph} ;

Z' là độ chênh mực nước thượng hạ lưu cống; Z_{ph} là cột nước phục hồi.

Trường hợp $h_r > h_k$ cột nước phục hồi Z_{ph} xác định theo 7.4.4.

Khi $h_r < h_k$, cao độ trần cống tại cửa ra thấp hơn mực nước hạ lưu nhưng cửa ra không ngập (hình 10), phần liên hiệp lắng trụ, mặt cắt chữ nhật, cột nước phục hồi Z_{ph} có thể tính gần đúng theo các công thức (42) – (44).

7.5.6.1. Đối với sơ đồ hình 10a,

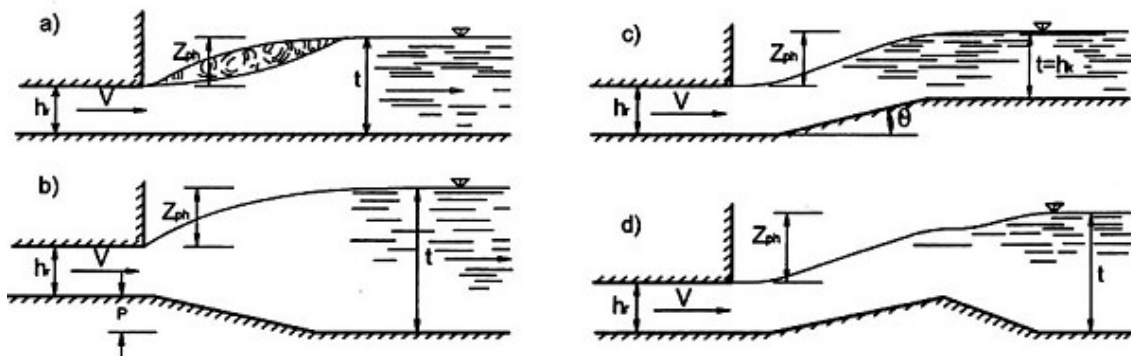
$$Z_{ph} = \frac{h_r}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{gh_r^3}} - 1 \right] - h_r; \quad (42)$$

hoặc theo đường cong a (Hình 11);

7.5.6.2. Đối với sơ đồ Hình 10b

$$\frac{q^2(t-h_r)}{gth_r} = \left(\frac{Z_{ph}}{2} + \frac{P}{3} + h_r \right) Z_{ph} \quad (43)$$

Trường hợp đặc biệt $P = h_k$ có thể lấy Z_{ph} theo đường cong b Hình 11;



Hình 10 - Các trường hợp mực nước hạ lưu lớn hơn cao độ trần cống

7.5.6.3. Đối với sơ đồ hình 10c.