

TCVN 8193-1 : 2009

ISO 1438-1 : 1980

Xuất bản lần 1

**ĐO LƯU LƯỢNG NƯỚC TRONG KÊNH HỒ
BẰNG ĐẬP TRÀN VÀ MÁNG LƯỜNG VENTURI -
PHẦN 1: ĐẬP TRÀN THÀNH MỎNG**

Water flow measurement in open channels using weirs and ventury flumes -

Part 1: Thin-plate weirs

HÀ NỘI - 2009

Lời nói đầu

TCVN 8193-1 : 2009 hoàn toàn tương đương với ISO 1438-1 : 1980 và ISO 1438-1 ADMENDMENT:1998;

TCVN 8193-1 : 2009 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn Cơ điện 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.

Đo lưu lượng nước trong kênh hở bằng đập tràn và máng lường venturi -

Phần 1: Đập tràn thành mỏng

Water flow measurement in open channels using weirs and ventury flumes -

Part 1: Thin-plate weirs

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp đo lưu lượng nước trong kênh hở bằng đập tràn thành mỏng khía hình chữ nhật và khía hình tam giác (khía chữ V) đối với điều kiện dòng chảy ổn định, tự do và thoáng toàn phần. Các hệ số xác định lưu lượng dòng chảy khuyến cáo sử dụng trong tiêu chuẩn này chỉ áp dụng đối với nước có nhiệt độ xấp xỉ trong khoảng từ 5 °C đến 30 °C. Sử dụng các hệ số này ngoài dải nhiệt độ quy định trên vài độ sẽ gây sai số nhỏ không đáng kể, ngoại trừ khi cột áp đập tràn rất nhỏ (thấp). Tiêu chuẩn này chỉ áp dụng hạn chế đối với đập tràn và dòng chảy liên quan, có hình dáng hình học được qui định và các công thức tính toán được khuyến cáo sử dụng.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các 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 các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

ISO 772, *Liquid flow Measurement in open channels – Vocabulary and symbols* (Đo lưu lượng chất lỏng trong kênh hở - Từ vựng và ký hiệu).

ISO 4373, *Measurement of liquid flow in open channels – Water level measuring devices* (Đo lưu lượng chất lỏng trong kênh hở - Phương tiện đo mức nước).

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa qui định trong ISO 772 và các thuật ngữ định nghĩa quan trọng khi xuất hiện lần đầu trong tiêu chuẩn này.

4 Đơn vị đo

Trong tiêu chuẩn này sử dụng hệ đơn vị đo quốc tế SI.

5 Nguyên tắc chung

Lưu lượng nước chảy qua đập tràn thành mỏng là hàm số phụ thuộc vào cột áp trên đập tràn, hình dạng và kích thước của tiết diện dòng chảy qua đập tràn, hệ số lưu lượng thực nghiệm phụ thuộc vào cột áp trên đập tràn, tính chất hình học và đoạn kênh dẫn của đập tràn, tính chất động học của nước.

6 Lắp đặt

6.1 Khái quát chung

Yêu cầu chung về lắp đặt đập tràn được quy định trong các điều dưới đây. Yêu cầu riêng biệt đối với các loại đập tràn có đặc thù khác nhau được đề cập trong các điều 9 và điều 10.

6.2 Lựa chọn vị trí

Kiểu đập tràn sử dụng để đo lưu lượng nước được xác định một phần bởi điều kiện tự nhiên của vị trí dự kiến lắp đặt. Ở một số trường hợp thiết kế và sử dụng, đập tràn phải được đặt trong máng lường hình chữ nhật hay trong hộp đập tràn để mô phỏng điều kiện dòng chảy trong máng lường hình chữ nhật. Trong một số điều kiện khác, đập tràn có thể được đặt trong kênh cũng như trong máng lường hay trong hộp đập tràn tự nhiên, hoàn toàn không có sự khác biệt đáng kể về độ chính xác đo lường. Các yêu cầu liên quan đến vị trí lắp đặt đặc thù được mô tả trong 6.3.

6.3 Điều kiện lắp đặt

6.3.1 Khái quát chung

Lưu lượng dòng chảy qua đập tràn phụ thuộc chủ yếu vào đặc điểm vật lý của đập tràn và kênh đập tràn. Đập tràn thành mỏng đặc biệt phụ thuộc vào các đặc điểm của hệ thống điều chỉnh phân bố vận tốc trong đoạn kênh dẫn đo lường, đặc điểm cấu trúc và khả năng duy trì bảo dưỡng tỷ mỉ đỉnh đập tràn phù hợp với các đặc tính kỹ thuật tiêu chuẩn.

6.3.2 Đập tràn

Đập tràn thành mỏng phải thẳng đứng và vuông góc với các bờ thành kênh. Chỗ giao nhau của tấm chắn

đập tràn với bờ thành và đáy kênh phải kín nước và chắc chắn, phải chịu được tác động của dòng chảy lớn nhất mà không bị biến dạng hay hư hỏng.

Các giới hạn thực tế được đưa ra liên quan đến các công thức tính toán lưu lượng như: chiều rộng tối thiểu, chiều cao tối thiểu của đập tràn, cột áp nhỏ nhất, các tỷ số h/p và b/B lớn nhất (trong đó: h - cột áp đo được, p - độ cao đỉnh so với đáy đập tràn, b - chiều rộng đo được của khía đập tràn và B - chiều rộng đoạn kênh dẫn thượng lưu) là các yếu tố liên quan đến cả việc lựa chọn kiểu đập tràn và lắp đặt.

6.3.3 Đoạn kênh dẫn thượng lưu

Trong tiêu chuẩn này qui định đoạn kênh dẫn thượng lưu (đoạn kênh đo lường) là một phần của kênh đập tràn, kéo dài từ đập tràn về phía thượng lưu một khoảng không ít hơn 10 lần chiều rộng ngồn nước tràn khi cột áp lớn nhất. Nếu đập tràn lắp đặt trong hộp đập tràn, chiều dài của hộp phải bằng chiều dài của đoạn kênh dẫn thượng lưu.

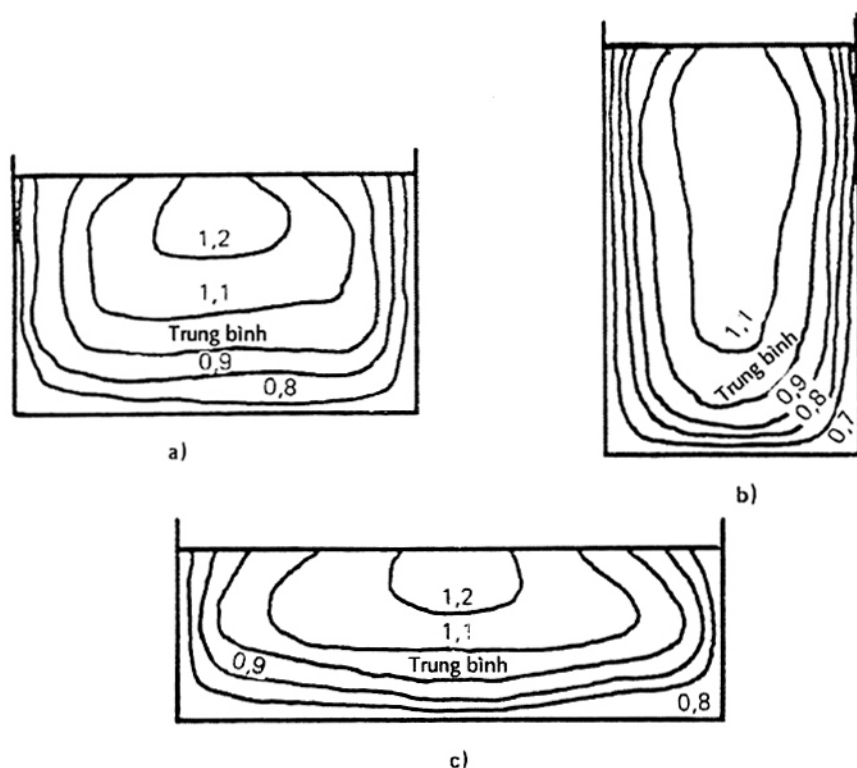
Đoạn kênh dẫn thượng lưu phải có chiều dài đủ lớn để đảm bảo dòng chảy đồng nhất, ổn định và có phân bố vận tốc xấp xỉ với phân bố vận tốc dòng chảy trong kênh thẳng. Trong Hình 1 minh họa biểu đồ phân bố vận tốc dòng chảy pháp tuyến đo được trong kênh dẫn phía thượng lưu do ảnh hưởng của đập tràn trong đoạn kênh thẳng. Có thể sử dụng các vách ngăn ổn định dòng và thiết bị nắn thẳng dòng để tái tạo sự phân bố chuẩn của vận tốc trong đoạn kênh đo lường, nhưng chúng phải được lắp đặt trước đập tràn ở khoảng cách không nhỏ hơn chiều dài tối thiểu của đoạn kênh dẫn về phía thượng lưu quy định trong tiêu chuẩn này.

Tuy nhiên, nếu cột áp lớn nhất cần đo bị hạn chế đến $2/3p$ cho tất cả các loại đập tràn, có thể sử dụng thiết bị nắn dòng để giảm chiều dài hiệu dụng của đoạn kênh dẫn thượng lưu tới $(B + 3 h_{max})$ đối với đập tràn hình tam giác và đập tràn hình chữ nhật, và tới $(B + 5 h_{max})$ đối với đập tràn đỉnh rộng ($b = B$). Sự hạn chế này là cần thiết do sự biến dạng của phân bố vận tốc trong đập tràn đỉnh rộng ($b = B$). Sự hạn chế này là cần thiết do sự biến dạng của phân bố vận tốc trong đoạn kênh dẫn thượng lưu có thể xảy ra bởi dòng chảy tràn qua đỉnh các vách ngăn của thiết bị nắn dòng nếu cột áp trên đập tràn quá cao.

CHÚ THÍCH: Để đạt được mục đích trên, thông số kỹ thuật của thiết bị nắn thẳng dòng điển hình^{1), 2)} yêu cầu phải có ít nhất 4 tấm vách ngăn phẳng đục lỗ (có tỷ lệ diện tích các lỗ từ 40 % đến 60 % diện tích vách ngăn), đặt liên tiếp cách nhau một khoảng không nhỏ hơn 0,2 m theo chiều dòng chảy. Các lỗ trên các tấm vách phải phân bố đều và đồng nhất (xem Hướng dẫn thiết kế và lắp đặt vách ổn định dòng trình bày trong Phụ lục B).

¹⁾ Kurokawa J. et al. Flow measurement using full-width weir: Comparision of ISO, JIS and Hí formulae-Proc. 3rd triennial Int. Symp. On Fluid Control, Meas. And Visual-San Francisco, 1991 Aug., p 669

²⁾ Kurokawa T. Flow measurement using weir – Journ. JSME, vol. 55, No 407 (1952-12), p. 759 (in Japanese)



Hình 1 - Ví dụ về phân bố vận tốc chuẩn trong kênh tiết diện hình chữ nhật

Ảnh hưởng của phân bố vận tốc dòng chảy trong đoạn kênh dẫn thượng lưu gia tăng khi tỷ số h/p và b/B tăng. Nếu không khắc phục được hiện tượng phân bố vận tốc dòng chảy không đồng nhất trong hệ thống đập tràn, sai số do tính toán lưu lượng nước phải được kiểm tra lại bằng các phương pháp đo lưu lượng khác tại dải đo lưu lượng đại diện.

6.3.4 Đoạn kênh dẫn hạ lưu

Ảnh hưởng của hình dạng và kích thước đoạn kênh dẫn phía hạ lưu đập tràn thường không đáng kể, nhưng mức nước trong đoạn kênh hạ lưu phải thấp đáng kể so với đỉnh đập tràn để đảm bảo điều kiện dòng chảy tự do và hoàn toàn thoáng khí. Dòng chảy tự do (không bị ngập) chỉ được đảm bảo khi dòng chảy qua đập tràn độc lập, không phụ thuộc vào mức nước của đoạn kênh dẫn hạ lưu. Dòng chảy hoàn toàn thoáng khí được đảm bảo khi áp suất không khí ở mặt dưới ngọn nước hoàn toàn bằng áp suất khí quyển.

7 Đo cột áp

7.1 Phương tiện đo cột áp

Để đạt được cấp chính xác đo lưu lượng nước quy định đối với đập tràn tiêu chuẩn, cột áp trên đập tràn phải được đo bằng móc đo mức với cấp chính xác phòng thí nghiệm, thiết bị đo khoảng cách điểm, áp kế hoặc các thiết bị đo khác có cấp chính xác tương đương. Để ghi số liệu thay đổi liên tục của cột áp có thể sử dụng phao đo và thiết bị đo mức tự động. Khi không yêu cầu cấp chính xác đo cao, có thể chấp nhận sử dụng cột tiêu đo (cột thủy chỉ) và thước dây.

Yêu cầu chi tiết áp dụng cho thiết bị đo cột áp quy định trong ISO 4373.

7.2 Bình lắng sóng

Trong trường hợp cá biệt, khi vận tốc bề mặt và nhiễu loạn dòng chảy trong đoạn kênh dẫn phía thượng lưu nhỏ không đáng kể, có thể đo cột áp trực tiếp trong kênh dẫn thượng lưu (ví dụ: bằng thiết bị đo khoảng cách điểm, lắp đặt bên trên mặt nước). Tuy nhiên, để tránh ảnh hưởng của sự dao động mức nước do sóng đánh, dòng chảy xoáy hoặc các dao động, cột áp tràn phải được đo trong bình lắng sóng.

Bình lắng sóng được kết nối với kênh dẫn thượng lưu bằng ống dẫn thích hợp (ở một đầu), nếu cần thiết phải được trang bị van tiết lưu để giảm sóng dao động. Đầu còn lại của ống dẫn - nối tới đáy hoặc thành bên của thiết bị đo áp suất hoặc ống đo áp suất tĩnh tại khu vực đo cột áp.

Các quy định về bình lắng sóng đo cột áp cho trong ISO 4373.

7.3 Khu vực đo cột áp

Khu vực đo cột áp phải được bố trí ở khoảng cách đủ xa đập tràn về phía thượng lưu để tránh "vùng hạ thấp mực nước" do ngọn nước tràn. Mặt khác, khoảng cách từ chỗ lắp đặt bình lắng sóng phải đủ gần đập tràn để giảm tổn thất cột áp giữa chúng xuống mức nhỏ nhất. Đối với các loại đập tràn đề cập trong tiêu chuẩn này, khoảng cách thích hợp từ bình lắng đo cột áp đến đập tràn trong đoạn kênh thượng lưu là khoảng từ 4 đến 5 lần cột áp cực đại $h_{\max}$.

Nếu vận tốc cao xuất hiện trong đoạn kênh thượng lưu hoặc nhiễu loạn trên bề mặt dòng chảy hay các biến động bất thường tại khu vực đo bởi các tỷ số h/p và b/B lớn, có thể phải lắp đặt thêm các cửa vào áp suất để bảo đảm cột áp đo được trong bình lắng sóng là giá trị trung bình của các điểm đo khác nhau.

7.4 Mặt phẳng chuẩn đo cột áp

Độ chính xác đo cột áp phụ thuộc rất nhiều vào việc xác định mặt phẳng chuẩn (còn gọi là mặt phẳng cơ sở hay mặt phẳng zero), được xác định như là số đọc của thiết bị đo so với mức của đỉnh đập tràn (đập tràn hình chữ nhật) hoặc so với mức của đỉnh khía đập tràn (đập tràn khía hình tam giác). Khi cần

TCVN 8193-1 : 2009

thiết, mặt chuẩn phải được kiểm tra. Có nhiều phương pháp xác định mặt chuẩn được chấp nhận. Phương pháp điển hình cho đập tràn hình tam giác và hình chữ nhật được trình bày trong các điều 9 và điều 10.

Do sức căng bề mặt, không thể xác định chính xác mặt phẳng zero bằng cách đọc cột áp trên áp kế đo tại vùng mực nước hạ thấp so với mức đỉnh (hay đỉnh khía) đập tràn.

8 Bảo trì bảo dưỡng

Bảo trì, bảo dưỡng đập tràn và kênh đập tràn để đảm bảo các phép đo chính xác.

Đoạn kênh dẫn thượng lưu phải được làm sạch bùn, cát, thực vật và các vật cản khác có thể gây tác động xấu lên điều kiện dòng chảy được quy định đối với hệ thống đập tràn tiêu chuẩn. Đoạn kênh dẫn hạ lưu phải sạch, không có vật cản để tránh không bị ngập bờ hoặc làm mất điều kiện thông thoáng hoàn toàn của ngọn nước đập tràn ở mọi điều kiện dòng chảy.

Thành (tấm chắn) đập tràn phải được giữ sạch và gia cố chắc chắn. Trong quá trình làm sạch, phải thận trọng để không làm hư hỏng đỉnh hoặc khía đập tràn, đặc biệt là mặt và các cạnh thành đập tràn phía thượng lưu. Các đặc tính kết cấu của đập tràn rất nhạy cảm phải được xem xét kỹ lưỡng trước khi tiến hành bảo trì bảo dưỡng.

Thiết bị đo cột áp, ống nối và bình lắng sóng phải được làm sạch và kiểm tra để đảm bảo độ kín khít. Móc đo hay thước đo điểm mức nước, áp kế, phao đo hay các thiết bị đo khác sử dụng phải được kiểm tra định kỳ để đảm bảo độ chính xác.

Nếu sử dụng thiết bị nắn thẳng dòng, phải giữ gìn sạch sẽ các lỗ đột trên tấm ngăn cách, sao cho tỷ lệ diện tích mặt thoáng luôn lớn hơn 40 %.

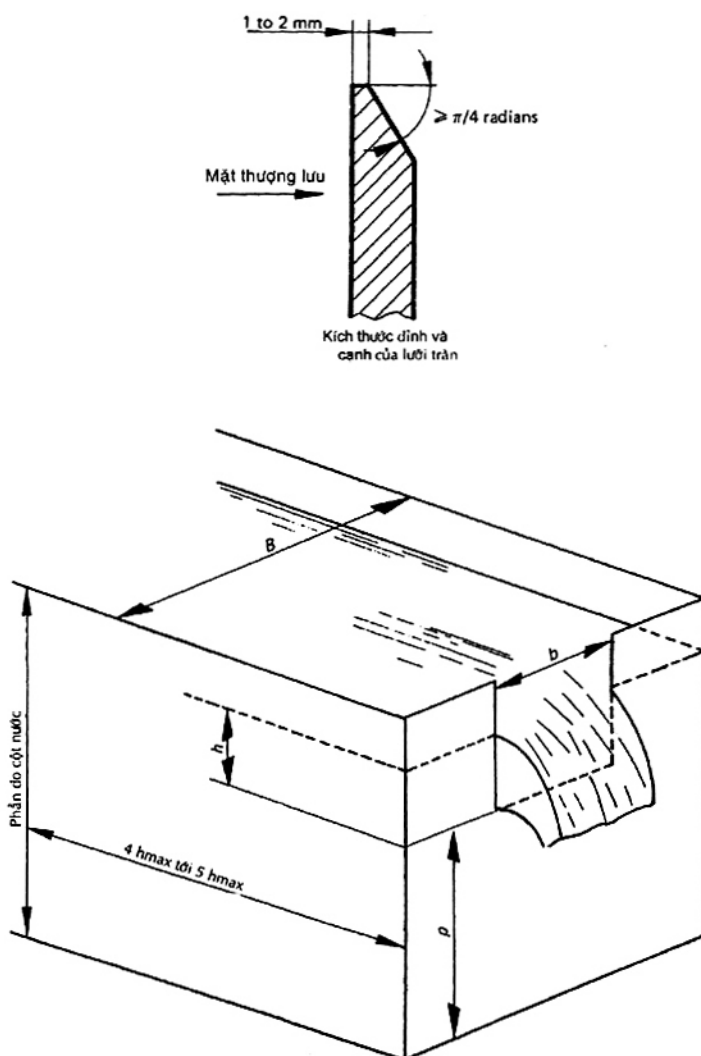
9 Đập tràn thành mỏng hình chữ nhật

9.1 Kiểu đập tràn

Đập tràn thành mỏng hình chữ nhật là phân loại kiểu chung, trong đó gồm có hai dạng chính:

- a) Dạng cơ bản (tiêu chuẩn): Đập tràn thành mỏng khía hình chữ nhật;
- b) Dạng không phổ biến: Đập tràn thành mỏng đỉnh rộng (full-width).

Trong Hình 2 minh họa hình dáng đập tràn cơ bản, có tỷ lệ b/B và h/p trung bình. Nếu $b/B = 1$, tức là chiều rộng của đập tràn bằng chiều rộng kênh dẫn đo lường, khi đó (theo phân loại trên) gọi là đập tràn thành mỏng đỉnh rộng hay đập tràn "không phổ biến" vì các sườn bên của ngọn nước đập tràn không bị co hẹp.



Hình 2 - Đập tràn thành mỏng khía hình chữ nhật

9.2 Đặc điểm kỹ thuật của đập tràn tiêu chuẩn

Đập tràn tiêu chuẩn bao gồm khía hình chữ nhật thẳng đứng và tấm chắn thành đập mỏng. Tấm chắn thành đập phải phẳng, cứng vững, vuông góc với các bờ thành đập và đáy đoạn kênh dẫn thượng lưu. Bề mặt phía thượng lưu tấm chắn phải nhẵn phẳng (bề mặt vùng lân cận khía thành đập, tương đương với gia công tinh bề mặt thép cuộn gia công cán).

Đường trung trục chia đôi khía đập tràn phải cách đều hai bờ thành kênh. Bề mặt đỉnh đập tràn phải nằm trong mặt phẳng ngang, phẳng, sao cho tạo thành cạnh sắc tại chỗ giao nhau với mặt phía thượng lưu của tấm thành đập. Chiều dày của bề mặt đỉnh đập, đo vuông góc với chiều rộng mặt tấm chắn thành đập, phải trong khoảng từ 1 mm đến 2 mm. Các mặt bên của khía đập tràn phải "thẳng đứng", bề mặt

TCVN 8193-1 : 2009

phải tạo thành cạnh sắc với mặt phía thượng lưu của tấm chắn thành đập. Trong số ít trường hợp đối với đập tràn đỉnh rộng, đỉnh đập tràn kéo dài tới hai bờ thành kênh, vùng lân cận đỉnh đập tràn phải phẳng và nhẵn (xem 9.3).

Để đảm bảo cạnh sắc phía thượng lưu của đỉnh với thành bên của khía đập tràn, chúng phải được chế tạo hoặc mài dũa sao cho vuông góc với mặt phía thượng lưu của tấm chắn thành đập, không có gờ rập, vết xước và phải chịu được mài mòn đối với vải hoặc giấy ráp. Phải cắt vát gờ phía hạ lưu của cạnh khía đập tràn, nếu bề dày tấm chắn thành đập lớn hơn bề dày lớn nhất cho phép của mặt khía. Các mặt vát phải tạo thành góc không nhỏ hơn $\pi/4$ radian (45°) với đỉnh và các mặt bên của khía đập tràn (xem Hình 2). Tấm chắn đập tràn tại vùng lân cận khía đập tràn phải được chế tạo bằng kim loại chống rỉ. Nếu không, tất cả các bề mặt nhẵn kể trên và các cạnh sắc phải được bảo vệ bằng màng hoặc lớp phủ thích hợp (ví dụ dầu, sáp, silicon...), bôi phủ lên bằng vải mềm.

9.3 Quy cách lắp đặt

Tuân thủ các điều kiện kỹ thuật lắp đặt qui định trong 6.3. Nhìn chung, đập tràn phải được lắp đặt trong đoạn kênh thẳng tiết diện hình chữ nhật, đáy ngang bằng nếu có thể. Tuy nhiên, nếu độ mở hiệu dụng của khía đập tràn đủ nhỏ so với mặt cắt ngang của đoạn kênh thượng lưu, khi đó vận tốc dòng chảy trong đoạn kênh đo lường cũng rất nhỏ, điều kiện hình dáng biên dạng kênh đo lường sẽ trở nên ít quan trọng. Trong mọi trường hợp, dòng chảy trong đoạn kênh đo lường phải đồng nhất và ổn định, theo qui định tại 6.3.3.

Nếu chiều rộng của đập tràn bằng chiều rộng của đoạn kênh dẫn thượng lưu (đập tràn đỉnh rộng), các mặt thành bờ kênh thượng lưu tính từ tấm chắn thành đập tràn phải thẳng đứng, bằng phẳng, song song và nhẵn (đạt độ bóng tương đương với độ bóng hoàn thiện của bề mặt thép cuộn gia công cán). Các bờ bên của kênh dẫn bên trên mức của đỉnh đập tràn đỉnh rộng phải kéo dài ít nhất bằng $0,3h_{max}$ từ mặt phẳng đập tràn về phía hạ lưu. Dòng chảy hoàn toàn thoáng khí qua đập tràn phải được đảm bảo theo các điều kiện qui định trong 6.3.4.

Đáy đoạn kênh thượng lưu phải nhẵn, phẳng và ngang bằng khi độ cao đỉnh đập tràn (p) so với đáy kênh nhỏ và/hoặc tỷ số h/p lớn. Đối với đập tràn hình chữ nhật, đáy phải nhẵn, phẳng, ngang bằng, đặc biệt khi $p < 0,1$ m và/hoặc tỷ số $h_{max}/p > 1$. Các điều kiện bổ sung khác khuyến cáo cho từng công thức tính lưu lượng cụ thể trình bày trong các 9.6 và 9.7.

9.4 Quy cách đo cột áp

9.4.1 Quy định chung

Phải tuân thủ nghiêm ngặt điều kiện qui định trong 7.1, 7.2 và 7.3, không có trường hợp ngoại lệ.

9.4.2 Xác định mặt phẳng chuẩn

Mặt phẳng chuẩn hay mặt phẳng zero phải được xác định một cách cẩn trọng và phải được kiểm tra khi cần thiết. Phương pháp điển hình được chấp nhận để xác định mặt phẳng chuẩn đối với đập tràn

thành mỏng hình chữ nhật được mô tả dưới đây:

- Mức nước tĩnh trong đoạn kênh dẫn thượng lưu được xả bớt đến mức bên dưới đỉnh đập tràn;
- Lắp đặt móc đo tạm thời trên đoạn kênh dẫn thượng lưu tại vị trí gần đỉnh đập tràn;
- Đặt thước đo mức/thăng bằng chính xác sao cho trục thiết bị nằm theo phương ngang, một đầu nằm trên đỉnh đập tràn và đầu kia nằm trên điểm đo của móc đo tạm thời (móc đo mức tạm thời đã được căn chỉnh để giữ mức ở vị trí mức nước xác định), đọc và ghi dữ liệu đo;
- Hạ thấp móc đo mức tạm thời tới mặt nước trong đoạn kênh dẫn thượng lưu, đọc và ghi lại số liệu đo. Điều chỉnh thiết bị đo mức cố định để đọc và ghi dữ liệu mức nước tại bình lắng sóng;
- Lấy hiệu của hai số đọc trên thiết bị đo mức tạm thời, cộng với giá trị đo đọc trên thiết bị đo cố định, kết quả nhận được là mức zero (mặt phẳng chuẩn) của thiết bị đo cố định.

Trong Hình 3 minh họa quy trình xác định mặt phẳng chuẩn để đo cột áp sử dụng thiết bị đo mức tạm thời, lắp đặt dễ dàng trên thành đập.

9.5 Khái quát về công thức tính lưu lượng

Lưu lượng nước chảy qua đập tràn thành mỏng hình chữ nhật được tính theo các công thức khác nhau cho hai trường hợp sau:

- Đập tràn thành mỏng hình chữ nhật tiêu chuẩn (cho mọi giá trị của b/B).
- Đập tràn mỏng hình chữ nhật đỉnh rộng (cho $b/B = 1,0$).

Các ký hiệu sử dụng trong biểu thức được quy định dưới đây:

Q - lưu lượng dòng chảy, m^3/s ;

C - hệ số lưu lượng (không thứ nguyên);

g - gia tốc trọng trường, m/s^2 ;

b - chiều rộng khía đập tràn đo được, m;

B - chiều rộng đoạn kênh dẫn, m;

h - độ cao cột áp đo được, m;

p - độ cao của đỉnh đập tràn so với đáy, m;

9.6 Công thức tính lưu lượng nước cho dạng đập tràn tiêu chuẩn (mọi giá trị b/B)

9.6.1 Công thức Kindsvater-Carter

Công thức Kindsvater-Carter áp dụng cho đập tràn thành mỏng hình chữ nhật tiêu chuẩn

$$Q = C_e \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot b_e \cdot h_e^{3/2} \quad (1)$$

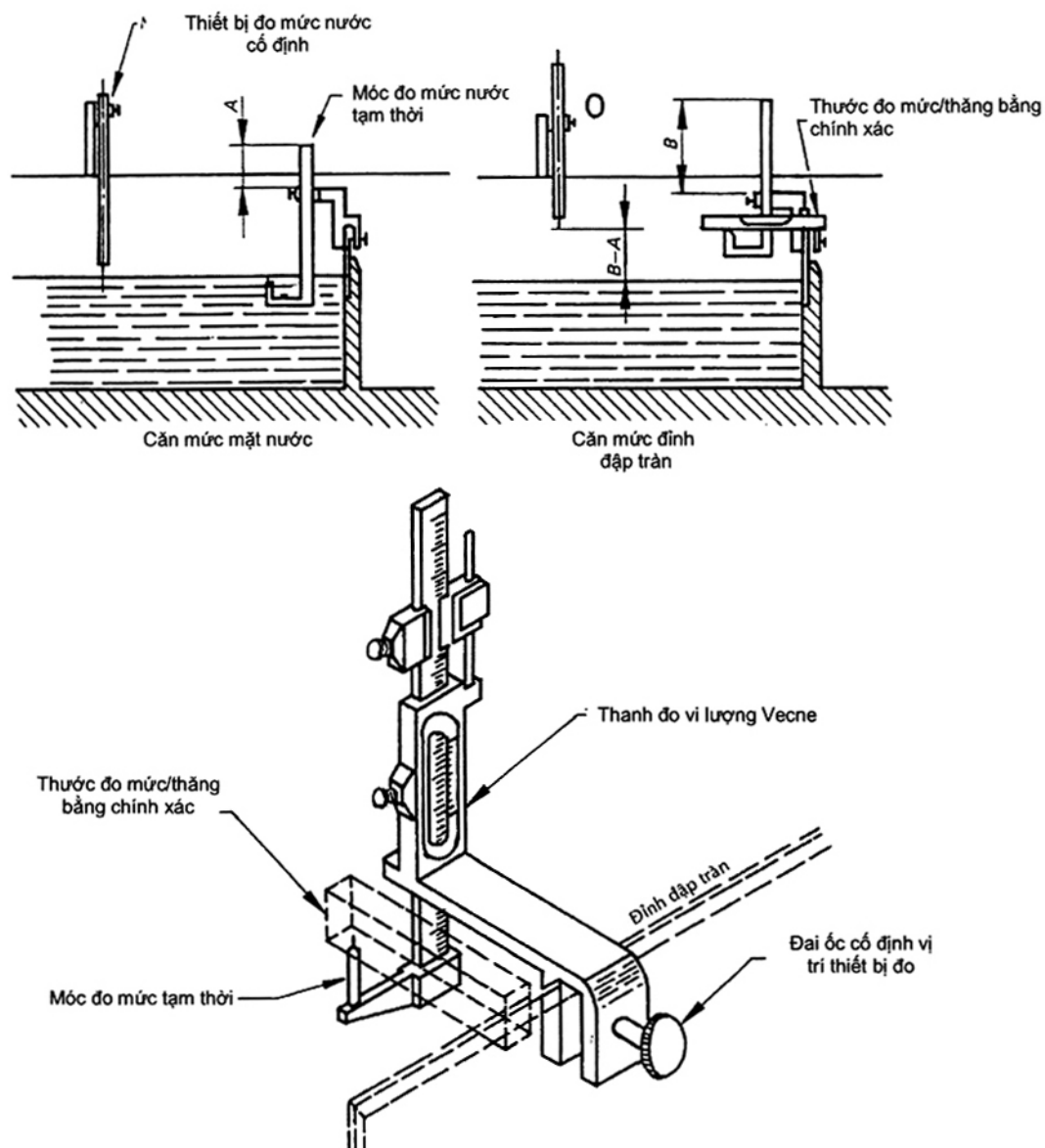
TCVN 8193-1 : 2009

Trong đó:

C_e là hệ số lưu lượng;

b_e là chiều rộng hiệu dụng, tính bằng mét;

h_e là cột áp hiệu dụng, tính bằng mét.



Hình 3 - Xác định mặt chuẩn đo mức nước cho đập tràn thành mỏng hình chữ nhật

9.6.1.1 Ước lượng giá trị C_e , k_b và k_h

Trong Hình 4 cho các giá trị C_e xác định bằng thực nghiệm, là hàm số của h/p ứng với các giá trị đại diện của b/B . Các giá trị C_e trung gian được xác định bằng phương pháp nội suy.

Hệ số lưu lượng C_e thực nghiệm là hàm số của hai biến số, được tính theo biểu thức

$$C_e = f\left(\frac{b}{B'}, \frac{h}{p}\right) \quad (2)$$

Chiều rộng hiệu dụng b_e và cột áp h_e hiệu dụng tính theo các công thức

$$b_e = b + k_b \quad (3)$$

$$h_e = h + k_h \quad (4)$$

Trong đó: k_b và k_h là các hệ số thực nghiệm, tính bằng mét, bù các hiệu ứng liên hợp của độ nhớt và sức căng bề mặt, m.

Trên Hình 5 cho đường cong thực nghiệm của hàm số k_b , phụ thuộc tỷ số b/B .

Thực nghiệm cho thấy hằng số k_h có trị số bằng 0,001 m cho đập tràn được xây dựng tuân thủ nghiêm ngặt các quy cách kỹ thuật khuyến cáo trong tiêu chuẩn này.

9.6.1.2 Biểu thức tính C_e

Đối với các trị số cụ thể của b/B , mối quan hệ giữa hệ số lưu lượng thực nghiệm C_e và biến số h/p có dạng tuyến tính (xem Hình 4) dưới đây

$$C_e = a + a' \left(\frac{h}{p}\right)$$

Như vậy, với các giá trị của b/B cho trong Hình 4, công thức tính C_e có thể viết được như sau

$$(b/B = 1,0): C_e = 0,602 + 0,075 \cdot \frac{h}{p} \quad (5)$$

$$(b/B = 0,9): C_e = 0,598 + 0,064 \cdot \frac{h}{p} \quad (6)$$

$$(b/B = 0,8): C_e = 0,596 + 0,045 \cdot \frac{h}{p} \quad (7)$$

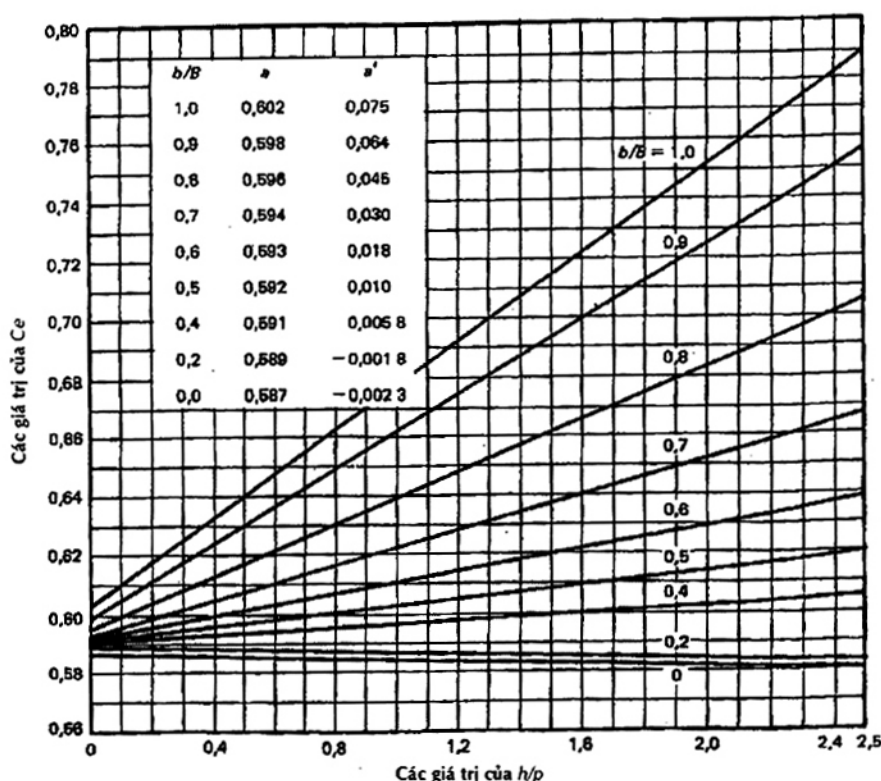
$$(b/B = 0,7): C_e = 0,594 + 0,030 \cdot \frac{h}{p} \quad (8)$$

$$(b/B = 0,6): C_e = 0,593 + 0,018 \cdot \frac{h}{p} \quad (9)$$

$$(b/B = 0,4): C_e = 0,591 + 0,0058 \cdot \frac{h}{p} \quad (10)$$

$$(b/B = 0,2): C_e = 0,589 - 0,0018 \cdot \frac{h}{p} \quad (11)$$

$$(b/B = 0): C_e = 0,587 - 0,0023 \cdot \frac{h}{p} \quad (12)$$



Hình 4 - Hệ số lưu lượng $C_e = a + a' (h/p)$

Đối với các trị số b/B trung gian, công thức C_e có thể xác định được bằng nội suy.

9.6.1.3 Giới hạn thực tế của h/p , h , b và p

Giới hạn thực tế được đặt ra đối với tỷ số h/p nhằm giảm sai số đo cột áp do ảnh hưởng của sóng trào đột ngột trong đoạn kênh dẫn thượng lưu xuất hiện khi h/p có giá trị lớn hơn.

Giới hạn đặt ra cho h nhằm tránh ảnh hưởng của hiện tượng "bó" ngọn nước, xuất hiện khi cột áp quá thấp.

Giới hạn đặt ra cho b vì độ không đảm bảo đo phụ thuộc các hiệu ứng liên hợp độ nhớt và sức căng bề mặt, thể hiện qua độ lớn của hệ số k_b khi trị số của b rất nhỏ.

Giới hạn đặt ra cho p và $(B-b)$ nhằm tránh sự bất ổn định do sự xuất hiện của dòng chảy xoáy trong các góc giữa đường bao của kênh và thành đập tràn khi p và $(B-b)$ có trị số nhỏ.

Trong thực tế, một cách thận trọng có thể chọn các trị số giới hạn cho công thức Kindsvater-Carter như sau

- a) $h/p \leq 2,5$;
- b) $h \geq 0,03 \text{ m}$;
- c) $b \geq 0,15 \text{ m}$;
- d) $p \geq 0,10 \text{ m}$;
- e) hoặc là $(B-b)/2 = 0$ (cho đập tràn đỉnh rộng), hoặc là $(B-b)/2 \geq 0,10 \text{ m}$ (cho đập tràn co hẹp).

9.6.2 Công thức SIA

Biểu thức SIA (Hiệp hội kỹ thuật và kiến trúc-Société suisse de ingénieurs et architectes) cho đập tràn thành mỏng hình chữ nhật tiêu chuẩn là

$$Q = C \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot b \cdot h^{3/2} \quad (13)$$

Trong đó:

$$C = \left[0,578 + 0,037 \left(\frac{b}{B} \right)^2 + \frac{0,003\,615 - 0,0030 \left(\frac{b}{B} \right)^2}{h + 0,001\,6} \right] \times \left[1 + 0,5 \left(\frac{b}{B} \right)^4 \left(\frac{h}{h+p} \right)^2 \right] \quad (14)$$

Các giới hạn thực tế áp dụng cho biểu thức SIA như sau:

- a) $h/p \leq 1,0$;
- b) $b/B \geq 0,3$;
- c) $0,025 B/b \leq h \leq 0,80 \text{ m}$;
- d) $p \geq 0,30 \text{ m}$.

Đối với đập tràn đỉnh rộng, công thức (14) có dạng rút gọn:

$$C = \left[0,615 + \frac{0,000\,615}{h + 0,001\,6} \right] \times \left[1 + 0,5 \left(\frac{h}{h+p} \right)^2 \right] \quad (15)$$

9.7 Đẳng thức cho đập tràn đỉnh rộng ($b/B = 1,0$)

Ngoài các đẳng thức (5) và (15), giới hạn áp dụng cho trường hợp khi $b/B = 1,0$ trong Kindsvater-Carter và đẳng thức SIA đối với đập tràn thành mỏng tiêu chuẩn, các công thức bổ sung dưới đây được khuyến cáo chỉ áp dụng khi $b/B = 1$.

9.7.1 Công thức Rehbock

Công thức Rehbock được đề xuất năm 1929 áp dụng đối với cột áp hiệu dụng h_e .

$$Q = C_e \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot b \cdot h_e^{3/2} \quad (16)$$

trong đó: $C_e = 0,602 + 0,083 h/p$ (17)

$$h_e = h + 0,0012 \quad (18)$$

Giới hạn thực tế áp dụng cho công thức Rehbock như sau:

- a) $h/p \leq 1,0$;
- b) $0,03 \text{ m} < h < 0,75 \text{ m}$;
- c) $b \geq 0,30 \text{ m}$;
- d) $p \geq 0,10 \text{ m}$.

9.7.2 Công thức IMFT

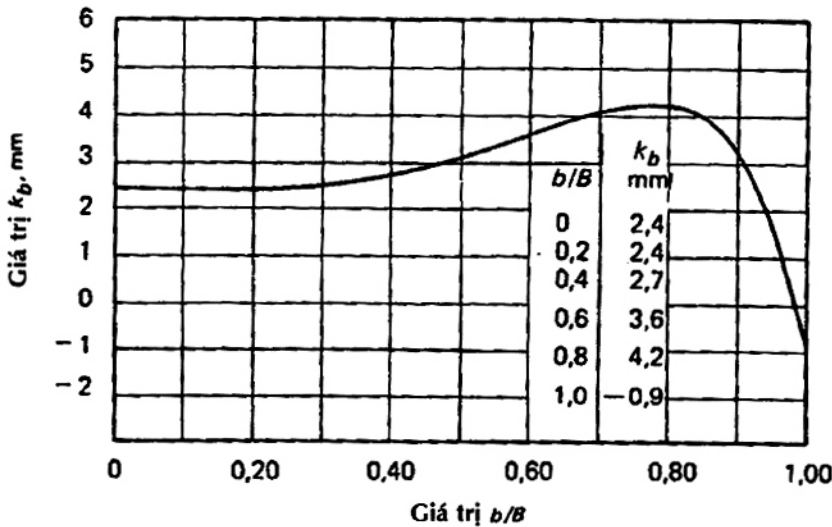
Công thức IMFT (Institut de mecanique des fluids de Toulouse) cho đập tràn đỉnh rộng

$$Q = C \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot b \left[h + \frac{V_a^2}{2g} \right]^{3/2} \quad (19)$$

trong đó: $C = 0,627 + 0,0180 \left[\frac{h + \frac{V_a^2}{2g}}{p} \right]$ (20)

V_a là vận tốc trung bình trong đoạn kênh dẫn thượng lưu, $V_a = Q/A_a$;

A_a là diện tích mặt cắt dòng chảy tại khu vực đo cột áp, m^2 .



Hình 5 - Độ lớn của k_b phụ thuộc vào b/B

vì V_a là hàm số của Q , phải được tính bằng phương pháp xấp xỉ tiệm cận.

Giới hạn thực tế áp dụng cho công thức IMFT là:

- a) $h/p \leq 2,5$;
- b) $h \geq 0,03$ m;
- c) $b \geq 0,20$ m;
- d) $p \geq 0,10$ m.

9.7.3 Công thức JIS

Công thức JIS (Japanese Industrial Standard JIS 8302) có dạng sau:

$$Q = C.b.h^{3/2}$$

Trong đó:

$$C = 1,785 + \left(\frac{0,00295}{h} + \frac{0,2367 h}{p} \right) (1 + \varepsilon)$$

$$\varepsilon = 0 \quad \text{khi } p \leq 1 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 0,55 (p - 1) \quad \text{khi } p > 1 \text{ m}$$

Giới hạn thực tế áp dụng công thức JIS là như sau:

- a) $h/p \leq 0,667$;
- b) $0,03 \text{ m} < h < 0,80 \text{ m}$ và $h \leq b/4$;
- c) $b \geq 0,50$ m;
- d) $2,50 \text{ m} < p < 0,30 \text{ m}$.

Công thức tính lưu lượng nước của JIS được khuyến cáo sử dụng trong trường hợp chiều dài hiệu dụng của đoạn kênh thượng lưu đã được rút ngắn do sử dụng thiết bị nắn thẳng dòng.

9.8 Độ chính xác của hệ số lưu lượng-Đập tràn hình chữ nhật

Độ chính xác đo lưu lượng nước trong trường hợp sử dụng đập tràn thành mỏng hình chữ nhật, trước tiên phụ thuộc vào độ chính xác đo cột áp và đo chiều rộng đập tràn, sự phù hợp của công thức tính lưu lượng và các hệ số sử dụng. Phải cẩn trọng kiểm tra sự phù hợp của kết cấu, điều kiện lắp đặt và vận hành qui định trong tiêu chuẩn này, độ không đảm bảo đo xác định lưu lượng gán cho hệ số lưu lượng (với độ tin cậy 95 %) phải:

- a) Không lớn hơn 1,5 % đối với tỷ số h/p nhỏ hơn 1,0;
- b) Không lớn hơn 2 % đối với h/p trong khoảng từ 1,0 đến 1,5;
- c) Không lớn hơn 3 % đối với tỷ số h/p từ 1,5 đến 2,5.

Độ không đảm bảo đo đã công bố chỉ thích hợp khi các giá trị giới hạn bổ sung đối với h , b , p , h/p và $(B-b)/2$ qui định trong 9.6 và 9.7 được thỏa mãn.

10 Đập tràn thành mỏng khía hình tam giác

10.1 Đặc điểm kỹ thuật của đập tràn tiêu chuẩn

Đập tràn thành mỏng khía hình tam giác bao gồm khía đập tràn hình tam giác thẳng đứng trên tấm chắn đập tràn mỏng. Trong Hình 6 cho sơ đồ minh họa đập tràn thành mỏng khía hình tam giác. Tấm chắn thành đập phải phẳng, cứng vững, vuông góc với hai thành bờ và đáy đoạn kênh dẫn thượng lưu. Bề mặt tấm chắn đập tràn phía thượng lưu phải nhẵn (bề mặt vùng lân cận khía thành đập, phải đạt được gia công đạt độ bóng tương đương với độ bóng hoàn thiện của bề mặt thép cuộn gia công cán).

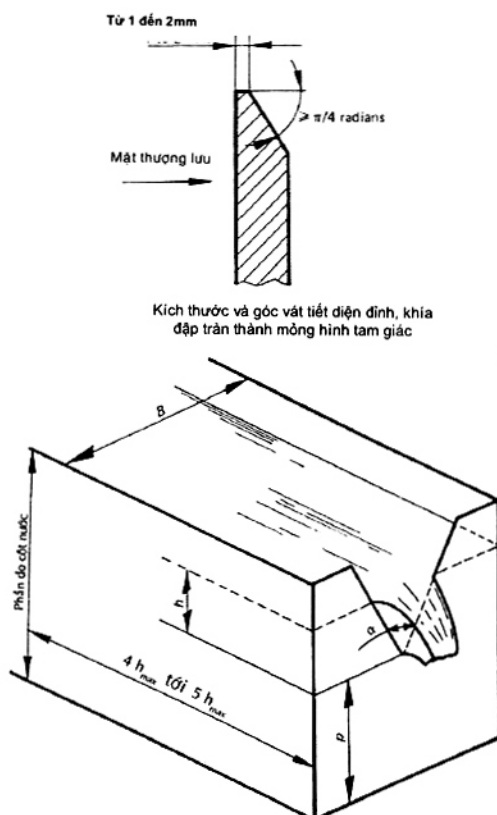
Đường phân giác của góc khía đập tràn phải cách đều hai thành bờ kênh. Bề mặt đỉnh đập tràn phải phẳng, nằm trong mặt phẳng ngang, tạo thành cạnh sắc tại chỗ giao nhau với mặt thành đập phía thượng lưu. Chiều dày của bề mặt đỉnh đập, đo vuông góc với mặt tấm chắn thành đập, phải trong khoảng từ 1 mm đến 2 mm.

Để đảm bảo cạnh phía thượng lưu của khía đập tràn sắc, chúng phải được chế tạo hoặc mài dũa vuông góc với mặt phía thượng lưu của tấm chắn thành đập, không có gờ rập, vết xước và phải chịu được mài mòn đối với vải hoặc giấy ráp. Các cạnh phía hạ lưu của khía tam giác phải được cắt vát, nếu bề dày tấm chắn thành đập dày hơn chiều rộng lớn nhất cho phép của chiều dày bề mặt khía đập. Các mặt vát phải tạo thành góc không nhỏ hơn $\pi/4$ radian (45°) với bề mặt của khía đập tràn (xem Hình 6). Tấm chắn thành đập tràn tại vùng lân cận khía đập tràn phải được chế tạo bằng kim loại chống rỉ. Nếu không, tất cả các bề mặt đòi hỏi phải nhẵn theo quy định phải được phủ lớp màng bảo vệ thích hợp (ví dụ dầu, sáp, silicon...) bằng vải mềm.

10.2 Quy cách lắp đặt

Tuân thủ các quy cách lắp đặt qui định trong 6.3. Nhìn chung, đập tràn phải được lắp đặt trong đoạn kênh tiết diện hình chữ nhật thẳng, đáy ngang bằng nếu có thể. Tuy nhiên, nếu độ mở hiệu dụng của khía đập tràn đủ nhỏ so với mặt cắt ngang của đoạn kênh thượng lưu, khi đó vận tốc dòng chảy trong đoạn kênh đo lường cũng rất nhỏ, do vậy yêu cầu về hình dáng biên dạng kênh dẫn thượng lưu ít quan trọng hơn. Trong mọi trường hợp, dòng chảy trong đoạn kênh đo lường phải đồng nhất và ổn định, theo qui định tại 6.3.3.

Nếu đỉnh rộng ngọn nước tại cột áp cực đại lớn hơn so với chiều rộng của đoạn kênh dẫn thượng lưu, thành kênh phải tuyệt đối thẳng, thẳng đứng và song song. Nếu chiều cao của đỉnh khía tam giác so với đáy kênh nhỏ không đáng kể so với cột áp cực đại, đáy kênh phải tuyệt đối nhẵn, phẳng và nằm ngang bằng. Nhìn chung, đoạn kênh dẫn thượng lưu phải nhẵn, thẳng và phải có biên dạng hình chữ nhật khi $B/b_{\max} < 3$ và/hoặc tỷ số $h_{\max}/p > 1$. Các điều kiện bổ sung liên quan được quy định cụ thể với các công thức tính toán lưu lượng được khuyến cáo.



Hình 6 - Đập tràn thành mỏng khía hình tam giác

10.3 Quy cách đo cột áp

10.3.1 Quy định chung

Phải tuân thủ nghiêm ngặt các điều kiện qui định trong 7.1, 7.2 và 7.3, không có trường hợp ngoại lệ.

10.3.2 Xác định góc khía đập tràn

Để xác định chính xác cột áp đối với đập tràn khía hình tam giác đòi hỏi phải xác định chính xác góc khía đập tràn (góc tạo bởi hai cạnh bên của khía tam giác). Một trong các phương pháp xác định góc khía đập tràn được mô tả dưới đây:

- Hai đĩa khác biệt nhau, đường kính đo chính xác đến μm , được đặt vào bên trong khía tam giác sao cho tiếp tuyến với các cạnh bên khía tam giác;
- Khoảng cách theo phương thẳng đứng giữa các tâm của hai đĩa (hoặc hai cạnh tương ứng) của hai đĩa, được đo bằng thước compa kỹ thuật (micrometer caliper);
- Góc khía đập tràn α (Hình 6) được tính bằng hai lần góc mà sin của nó là tỷ số giữa hiệu hai bán kính của các đĩa, chia cho khoảng cách giữa hai tâm các đường tròn tương ứng.

TCVN 8193-1 : 2009

10.3.2 Xác định mặt phẳng chuẩn

Mặt phẳng chuẩn đo cột áp tràn phải được xác định một cách cẩn trọng, và phải được kiểm tra khi cần thiết. Phương pháp điển hình được chấp nhận để xác định mặt chuẩn đối với đập tràn thành mỏng hình chữ nhật được mô tả dưới đây:

- Mức nước tĩnh trong đoạn kênh dẫn thượng lưu được xả bớt đến mức bên dưới đỉnh khía tam giác của đập tràn;
- Lắp đặt móc đo tạm thời bên trên đoạn kênh dẫn thượng lưu tại vị trí gần đỉnh đỉnh khía tam giác của đập tràn;
- Đặt ống trụ đo biết trước đường kính sao cho trục nằm theo phương ngang, với một đầu tựa trên đỉnh khía tam giác và đầu còn lại thẳng bằng trên điểm đo của móc đo tạm thời. Đặt thước đo mức/thăng bằng trên mặt ống trụ, và điều chỉnh móc đo cho đến khi đạt được độ thẳng bằng ngang xác định, đọc và ghi lại số liệu đo;
- Hạ thấp móc đo mức tạm thời tới mặt nước trong đoạn kênh dẫn thượng lưu, đọc và ghi lại số liệu đo. Điều chỉnh thiết bị đo mức cố định, đọc và ghi dữ liệu mức nước tại bình lắng sóng;
- Khoảng cách y - từ đáy của ống trụ tới đỉnh khía tam giác được tính từ góc đỉnh α và đường kính r của ống trụ [$y=(r/\sin(\alpha/2))-r$]. Khoảng cách này trừ đi số đọc tại điều c), kết quả sẽ là số đọc trên chỉ thị móc đo tạm thời của đỉnh khía tam giác.
- Hiệu số giữa kết quả đọc tính toán tại e) và kết quả đọc trên móc đo tạm thời tại d), cộng với kết quả đọc trên móc đo cố định tại d) cho giá trị mặt phẳng zero đối với móc đo cố định.

Ưu điểm của phương pháp xác định mặt phẳng chuẩn này là ở chỗ: xác định mặt phẳng zero đo mức nước tham chiếu từ đỉnh hình học xác định bởi các cạnh của khía tam giác.

10.4 Khái quát về công thức tính lưu lượng

Công thức tính lưu lượng nước cho đập tràn thành mỏng khía tam giác được phân biệt theo hai loại sau:

- Công thức cho đập tràn thành mỏng có góc đỉnh khía hình tam giác nằm giữa $\pi/9$ và $5\pi/9$ rad (20° và 100°);
- Công thức cho đập tràn thành mỏng có góc khía đập tràn đặc biệt (đập tràn co hẹp toàn phần).

Ký hiệu thường sử dụng trong các công thức tính lưu lượng nước qui định dưới đây:

Q - lưu lượng dòng chảy, m^3/s ;

C - hệ số lưu lượng (không thứ nguyên);

g - gia tốc trọng trường, m/s^2 ;

h - cột áp, m;

p - độ cao từ đỉnh tam giác khía đập tràn tới đáy đập tràn, m;

α - góc khía đập tràn, ví dụ: góc tạo thành giữa hai cạnh bên của khía đập tràn, độ ($^{\circ}$).

Ngoài ra, các ký hiệu đặc biệt trong các công thức sẽ được định nghĩa khi xuất hiện lần đầu.

10.5 Công thức cho đập tràn khía hình tam giác góc đỉnh nằm giữa 20° và 100°

Biểu thức Kindsvater-Shen áp dụng cho đập tràn khía hình tam giác

$$Q = C_e \cdot \frac{8}{15} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sqrt{2g} \cdot h_e^{5/2} \quad (21)$$

trong đó:

C_e là hệ số lưu lượng hiệu dụng;

h_e là chiều cao cột áp hiệu dụng, m.

Hệ số lưu lượng C_e là hàm của ba biến (xem Hình 7), được xác định bằng thực nghiệm

$$C_e = f\left(\frac{h}{p}, \frac{p}{B}, \alpha\right) \quad (22)$$

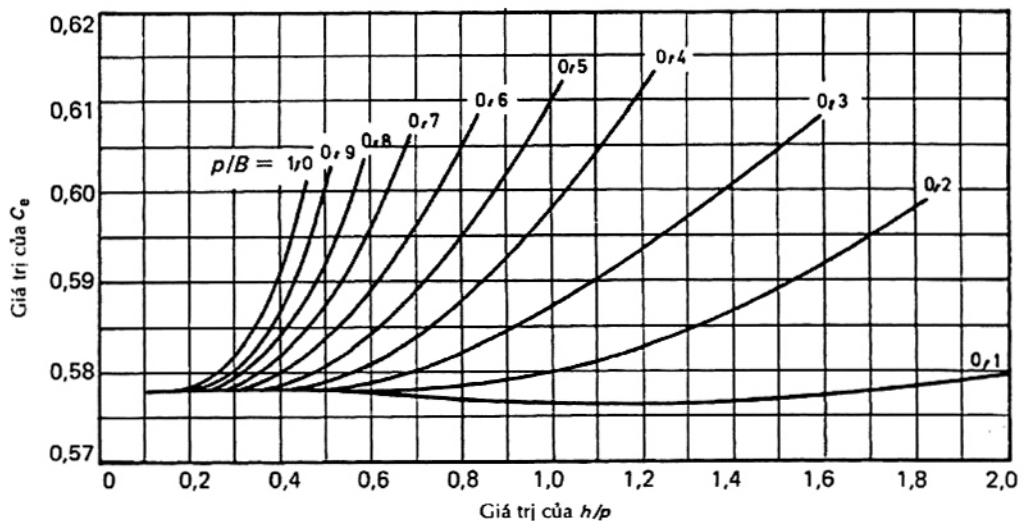
Trong đó:

p là độ cao của đỉnh khía tính từ đáy kênh dẫn thượng lưu;

B là chiều rộng đoạn kênh dẫn thượng lưu, m;

$$h_e = h + k_h \quad (23)$$

k_h là hệ số thực nghiệm, tính bằng m, bù ảnh hưởng của các hiệu ứng liên hợp của độ nhớt và sức căng bề mặt.



Hình 7 - Hệ số lưu lượng C_e ($\alpha = 90^{\circ}$)

$$C_e = f\left(\frac{h}{p}, \frac{p}{B}, \alpha\right) \quad (22)$$

Trong đó:

p là độ cao của đỉnh khía tính từ đáy kênh dẫn thượng lưu;

B là chiều rộng đoạn kênh dẫn thượng lưu, m;

$$h_e = h + k_h \quad (23)$$

k_h là hệ số thực nghiệm, tính bằng m, bù ảnh hưởng của các hiệu ứng liên hợp của độ nhót và sức căng bề mặt.

10.5.1 Ước lượng hệ số C_e và k_h

Đối với đập tràn thành mỏng khía hình tam giác có góc tràn $\alpha = \pi/2$ rad (90°), hệ số thực nghiệm C_e ứng với khoảng rộng biến thiên của các tỷ số h/p và p/B cho trên Hình 7.

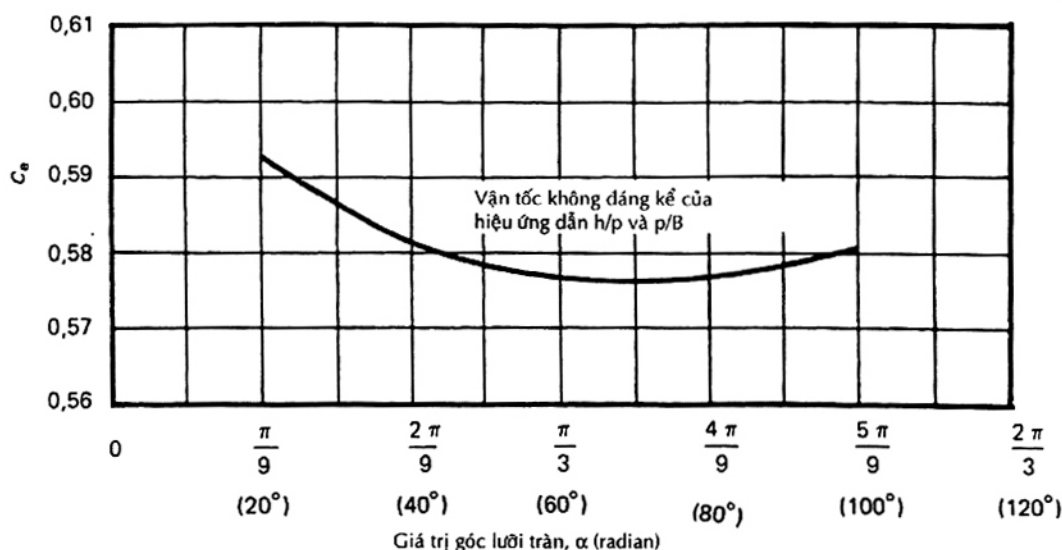
Đối với khía đập tràn tam giác có góc đỉnh khác góc $\pi/2$ rad (90°), các dữ liệu thực nghiệm không đủ để xác định C_e như hàm số của h/p và p/B . Tuy nhiên, đối với các khía đập tràn có diện tích mặt cắt nhỏ hơn nhiều so với mặt cắt của đoạn kênh dẫn thượng lưu, vận tốc dòng chảy trong đoạn kênh thượng lưu do vậy rất nhỏ và hiệu ứng tác động của h/p và p/B có thể bỏ qua. Điều kiện này gọi là "co hẹp toàn phần", trên Hình 8 cho các trị số C_e thực nghiệm như là hàm số của góc α .

Hệ số k_h thay đổi phụ thuộc góc α cho trong Hình 9. Tại góc $\alpha = \pi/2$ rad (90°), tìm được hệ số $k_h = 0,00085$ m ứng với các dải trị số h/p và p/B tương ứng.

10.5.2 Giới hạn thực tế của α , h/p , p/B , h và p

Để tránh nguy cơ sai số đo lường và thiếu dữ liệu thực nghiệm, các giới hạn thực tế dưới đây được áp dụng cho công thức Kindsvater-Shen (Hình 7):

- α phải nằm trong khoảng giữa $\pi/9$ và $5\pi/9$ rad (20° đến 100°);
- h/p phải nằm trong giới hạn cho trong Hình 7, ứng với $\alpha = \pi/2$ rad (90°); h/p – phải $\leq 0,35$ đối với các giá trị khác của α ;
- p/B phải nằm trong giới hạn cho trong Hình 7 ứng với $\alpha = \pi/2$ rad (90°); p/B – phải nằm trong khoảng giữa 0,10 và 1,5 đối với các giá trị khác của α ;
- h – phải không nhỏ hơn 0,06 m;
- p – phải không nhỏ hơn 0,09 m.



Hình 8 - Hệ số lưu lượng C_d phụ thuộc vào góc khía α

10.6 Công thức cho đập tràn góc khía hình tam giác đặc biệt (đập tràn co hẹp toàn phần)

Biểu thức tính lưu lượng theo BSI (Tiêu chuẩn Anh quốc) áp dụng cho 3 góc khía đập tràn có quan hệ hình học đặc biệt như sau:

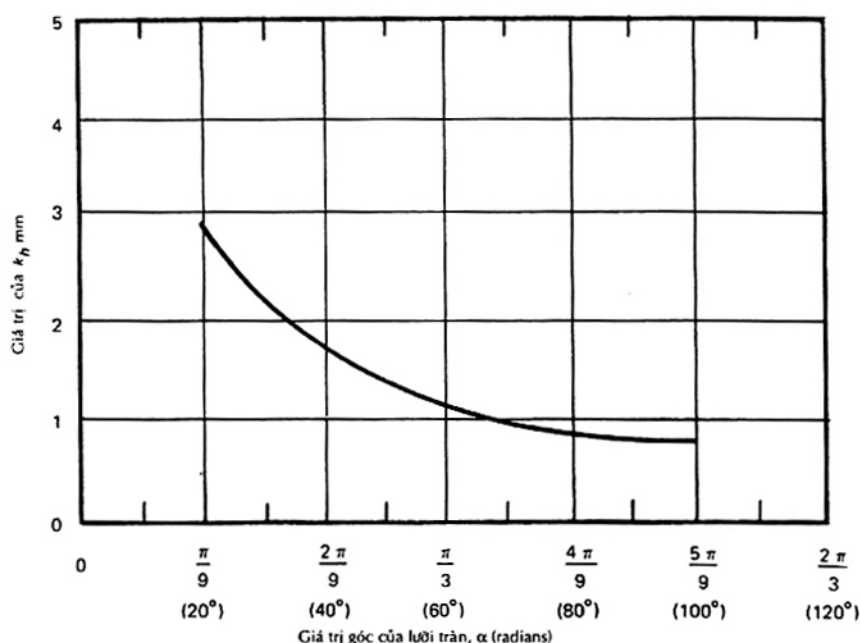
- a) $\operatorname{tg}(\alpha/2) = 1$ ($\alpha = \pi/2$ rad hoặc 90°);
- b) $\operatorname{tg}(\alpha/2) = 0,50$ ($\alpha = 0,9273$ rad hoặc $53^\circ 8'$);
- c) $\operatorname{tg}(\alpha/2) = 0,25$ ($\alpha = 0,4899$ rad hoặc $28^\circ 4'$).

Công thức BSI có dạng
$$Q = C \cdot \frac{8}{15} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{5/2} \quad (24)$$

và các giá trị C và Q xác định bằng thực nghiệm ở điều kiện “co hẹp toàn phần” cho trong Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3.

Các giới hạn thực tế cho công thức (24):

- a) h/p – phải không lớn hơn 0,4;
- b) h/B – phải không lớn hơn 0,2;
- c) h – phải nằm trong khoảng giữa 0,05 m và 0,38 m;
- d) p – phải không nhỏ hơn 0,45 m;
- e) B – phải không nhỏ hơn 1,0 m.



Hình 9 - Giá trị k_h phụ thuộc vào góc khía đập tràn α .

10.7 Độ chính xác của hệ số lưu lượng - đập tràn khía hình tam giác

Độ chính xác đo lưu lượng nước chảy qua đập tràn thành mỏng khía hình tam giác, trước hết phụ thuộc vào độ chính xác đo cột áp, đo góc khía tam giác đập tràn, sự phù hợp của các công thức tính lưu lượng áp dụng và các hệ số sử dụng trong biểu thức tính toán. Phải cẩn trọng kiểm tra sự tương thích của kết cấu, lắp đặt và các điều kiện vận hành qui định trong tiêu chuẩn này, độ không đảm bảo đo (độ KĐBĐ) của các hệ số lưu lượng (với độ tin cậy 95 %) phải không lớn hơn 1,0 %. Độ KĐBĐ liên hợp của tất cả các thành phần quy cho độ KĐBĐ lưu lượng xử lý tại điều 11. Ví dụ tính độ KĐBĐ của lưu lượng đo cho trong điều 12.

11 Độ chính xác đo lưu lượng

11.1 Khái quát chung

Độ chính xác đo lưu lượng được thể hiện tốt nhất bằng khoảng xác định xác suất thống kê của độ KĐBĐ. Ví dụ, lưu lượng đo được tính bằng công thức tính toán, áp dụng cho loại đập tràn tương ứng, và độ KĐBĐ là khoảng trong đó giá trị thực của lưu lượng cần đo có thể trông đợi với xác suất 95 % (độ tin cậy 95 %).

Độ KĐBĐ lưu lượng được ước lượng thông qua độ KĐBĐ liên hợp, từ các nguồn sai số thành phần. Do vậy, có thể đánh giá mức độ ảnh hưởng của các nguồn sai số liên quan từ đó quyết định sử dụng

các thiết bị kỹ thuật và phương pháp đo hiện có, để có thể đo lưu lượng nước với mục đích độ chính xác cần thiết.

11.2 Nguồn sai số

Nguồn sai số thành phần của của độ KĐBĐ trong quá trình đo lưu lượng bằng đập tràn có thể nhận diện thông qua các công thức tính toán. Ví dụ, từ biểu thức (1) và (21), có thể dễ dàng nhận được công thức tính lưu lượng cho đập tràn thành mỏng hình chữ nhật

$$Q_r = J_r [C_e \sqrt{g} b_e h_e^{3/2}] \quad (25)$$

và cho đập tràn khía hình tam giác

$$Q_t = J_t [C_e \sqrt{g} t h_e^{5/2}] \quad (26)$$

trong đó: J là hằng số phụ thuộc vào hình dạng đập tràn, nhưng không gây sai số. Sai số bởi gia tốc trọng trường g có thể được bỏ qua. Các nguồn sai số phải được quan tâm là:

- Hệ số lưu lượng C_e ;
- Chiều rộng b đo được hoặc góc khía đập tràn α ;
- Cột áp h đo được, cũng phụ thuộc vào sai số xác định mặt phẳng chuẩn;
- Các hệ số hiệu chỉnh k_b và k_h xác định theo các công thức (3), (4) và (23).

Đối với các công thức tính lưu lượng đập tràn không sử dụng khái niệm cột áp hiệu dụng và chiều dài hiệu dụng, hệ số k_b và k_h không thích hợp và C_e , b_e , h_e có thể được thay bằng C , b , h tương ứng.

11.3 Độ không đảm bảo đo do các loại sai số khác nhau

Sai số được phân thành hai loại: ngẫu nhiên và hệ thống. Sai số ngẫu nhiên thể hiện sự chính xác hoặc sai số thực nghiệm, sai lệch so với giá trị trung bình theo quy luật xác suất. Sai số hệ thống là sai số nội tại của thiết bị và do điều kiện thực hiện phép đo.

Độ KĐBĐ ngẫu nhiên có thể được ước lượng thông qua độ lệch chuẩn. Độ lệch chuẩn S_Y của các số liệu thực nghiệm (n lần đo) của biến số Y được tính bằng công thức

$$S_Y = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{Y} - Y)^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (27)$$

trong đó $\bar{Y}$ là giá trị trung bình số học của các lần đo.

Độ lệch chuẩn của giá trị trung bình tính theo công thức

$$S_{\bar{Y}} = \frac{S_Y}{\sqrt{n}} \quad (28)$$

Nếu số lần đo đủ lớn, độ lệch chuẩn của giá trị trung bình có phân bố chuẩn, khi đó độ KĐBĐ của giá trị trung bình bằng $2S_{\bar{Y}}$ với độ tin cậy 95 %. Theo đó, khoảng xác định của đại lượng đo được biểu

TCVN 8193-1 : 2009

diễn bằng biểu thức $\bar{Y} \pm 2S_{\bar{Y}}$. Từ biểu thức (27) và (28) thấy rõ khoảng xác định của độ KĐBĐ do sai số ngẫu nhiên có thể giảm thiểu bằng cách tăng số lần đo (số quan sát).

Sai số hệ thống gây nên bởi các sai số thành phần trong thiết bị đo và sai số do điều kiện đo gây nên. Sai số hệ thống không thể giảm bằng cách tăng số lần đo. Độ KĐBĐ hệ thống phải được ước lượng một cách khách quan trên cơ sở hiểu biết tốt về kỹ thuật và trang thiết bị đo lường liên quan.

11.4 Sai số do hệ số tính toán

Các giá trị của C_e , C , k_b , k_h sử dụng trong các công thức tính toán lưu lượng khuyến cáo trong tiêu chuẩn này đều dựa trên kết quả thực nghiệm ở các điều kiện khác nhau, đã được kiểm tra và thỏa mãn các đặc tính kỹ thuật cho lắp đặt và sử dụng hệ thống đập tràn tiêu chuẩn. Sai số ước lượng các đại lượng này dựa trên sự đánh giá thực nghiệm và so sánh kết quả thu được từ các công thức tính toán. Như vậy, các sai số do C_e , C , k_b , k_h về bản chất là sai số hệ thống.

Các trị số khuyến cáo độ KĐBĐ do C_e và C sử dụng ở các điều kiện đo khác nhau cho trong 9.8 và 10.7 đối với đập tràn thành mỏng hình chữ nhật và đập tràn thành mỏng hình tam giác tương ứng. Nhìn chung, các hệ số lưu lượng đưa vào độ KĐBĐ thành phần lớn hơn các nguồn sai số hệ thống khác.

Đối với tất cả các ứng dụng trong tiêu chuẩn này, độ KĐBĐ của các hệ số k_b và k_h có thể nhận trị số bằng 0,3 mm. Ảnh hưởng của hai yếu tố trên lên độ KĐBĐ đo lưu lượng là không đáng kể, ngoại trừ tại các giá trị của b và h nhỏ.

11.5 Sai số đo do người vận hành

Các đại lượng đo do người thực hiện bao gồm b , h và α đều chứa các thành phần sai số ngẫu nhiên và hệ thống. Ví dụ, khi đo b và α đòi hỏi thực hiện các phép đo kích thước định sẵn và khoảng cách, sai số phụ thuộc vào phương pháp đo và thiết bị đo. Quan tâm đến điều kiện đo, cho phép ước lượng độ KĐBĐ của các đại lượng này. Kết quả đo h không chỉ phụ thuộc vào thiết bị và kỹ thuật đo mà còn phụ thuộc vào mức độ dao động của mực nước (ví dụ, ở bình lắng sóng và áp kế). Do vậy, độ KĐBĐ h phụ thuộc một phần vào độ KĐBĐ ngẫu nhiên của giá trị trung bình từ các lần đo, được ước lượng bằng căn bậc hai của tổng bình phương các độ KĐBĐ thành phần riêng rẽ.

Khi độ KĐBĐ hệ thống có thể đánh giá qua thực nghiệm, giá trị độ KĐBĐ phải được tính toán theo phương pháp qui định trong 11.3 cho sai số ngẫu nhiên.

Khi bắt buộc phải ước lượng độ KĐBĐ của sai số hệ thống từ một phép đo đơn lẻ, độ KĐBĐ hệ thống được tính bằng một nửa khoảng xác định mà sai số được ước lượng là nằm trong đó.

11.6 Độ không đảm bảo đo liên hợp

Trong 11.4 và 11.5, sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên được phân tách riêng biệt. Tuy nhiên, vì dấu hiệu sai số hệ thống không biết trước và vì hai loại sai số này liên quan với nhau khó tách biệt, chúng

được xử lý như sai số ngẫu nhiên khi xác định độ KĐBĐ liên hợp.

Có thể sử dụng phương pháp tính sau đây để tổ hợp các độ KĐBĐ hợp thành độ KĐBĐ toàn phần đo lưu lượng đập tràn (với độ tin cậy 95 %):

Đối với đập tràn thành mỏng hình chữ nhật, đơn giản hóa các công thức tính lưu lượng trong 11.2, được

$$X_{Q_r} = \pm \sqrt{X_{C_c}^2 + X_{b_c}^2 + 1,5^2 X_{h_c}^2} \quad (29)$$

Tương tự, cho đập tràn thành mỏng hình tam giác, có

$$X_{Q_t} = \pm \sqrt{X_{C_c}^2 + X_{tg \frac{\alpha}{2}}^2 + 2,5^2 X_{h_c}^2} \quad (30)$$

trong đó:

X là độ KĐBĐ, %;

X_Q là độ KĐBĐ xác định tính lưu lượng, %;

X_{C_c} là độ KĐBĐ xác định hệ số lưu lượng, %;

X_{b_c} là độ KĐBĐ xác định chiều rộng hiệu dụng đập tràn thành mỏng hình chữ nhật;

$X_{tg \frac{\alpha}{2}}$ là độ KĐBĐ xác định góc khía đập tràn hình tam giác;

X_{h_c} là độ KĐBĐ xác định cột áp hiệu dụng.

Độ KĐBĐ do b_e được xác định bằng công thức:

$$X_{b_e} = \pm \frac{100 \sqrt{e_b^2 + e_{k_b}^2}}{b} \quad (31)$$

trong đó:

e_b là độ KĐBĐ xác định chiều rộng;

e_{k_b} là độ KĐBĐ xác định hệ số hiệu chỉnh chiều rộng.

Độ KĐBĐ xác định h_e

$$X_{h_e} = \pm \frac{100 \sqrt{e_b^2 + e_{h_o}^2 + e_{k_h}^2 + (2S_h^-)^2}}{h} \quad (32)$$

Trong đó :

e_h là độ KĐBĐ xác định cột áp;

e_{h_o} là độ KĐBĐ xác định mặt phẳng chuẩn;

e_{k_h} là độ KĐBĐ xác định hệ số hiệu chỉnh cột áp;

$2S_h^-$ là độ KĐBĐ xác định giá trị trung bình của n lần đo cột áp.

TCVN 8193-1 : 2009

Độ KĐBĐ xác định $tg(\alpha/2)$ phụ thuộc vào phương pháp đo áp dụng. Ví dụ, $tg(\alpha/2)$ được xác định như thương của một nửa chiều rộng đỉnh b_b và chiều cao khía đập tràn h_t . Với các sai số phụ e_{bt} và e_{ht} trong phép đo b_t và b_b , độ KĐBĐ xác định $tg(\alpha/2)$ tính theo biểu thức

$$X_{\frac{\alpha}{2}} = \pm 100 \sqrt{\left(\frac{e_{h_t}}{h_t}\right)^2 + \left(\frac{e_{b_t}}{b_t}\right)^2} \quad (33)$$

Đối với các công thức tính sai số lưu lượng không liên quan đến khái niệm độ cao hiệu dụng và chiều rộng hiệu dụng, e_{kh} và e_{kb} phải nhận giá trị bằng 0 trong các công thức đã cho.

Độ KĐBĐ xác định lưu lượng không đơn trị đối với hệ thống nhất định, mà thay đổi tại các mức lưu lượng dòng chảy khác nhau. Vì vậy, cần phải xem xét độ KĐBĐ tại vài mức lưu lượng khác nhau trong dải đo quan tâm.

12 Ví dụ tính độ không đảm bảo đo

12.1 Đập tràn hình chữ nhật

Ví dụ sau đây minh họa tính toán độ không đảm bảo đo (độ KĐBĐ) toàn phần đo lưu lượng nước bằng đập tràn hình chữ nhật ở điều kiện: $b = 0,30$ m ; $p = 0,20$ m ; $h = 0,080$ m; độ lệch chuẩn dựa trên 10 số đọc đo cột áp kế tiếp nhau $S_h = 0,05$ mm

12.1.1 Độ KĐBĐ biết trước trong công thức tính toán

- Hệ số lưu lượng: $X_{C_0} = \pm 1,5$ %;
- Hệ số hiệu chỉnh cột áp: $e_{kh} = \pm 0,03$ mm;
- Hệ số hiệu chỉnh chiều rộng: $e_{kb} = \pm 0,03$ mm;

12.1.2 Độ KĐBĐ do người vận hành

- Đo cột áp: $e_h = \pm 0,02$ mm;
- Mặt phẳng chuẩn đo cột áp: $e_{h0} = \pm 0,03$ mm;
- Độ lệch chuẩn đo cột áp: $S_h = 0,05$ mm;
- Đo chiều dài: $e_b = \pm 0,05$ mm.

12.1.3 Kết quả tính toán độ KĐBĐ

Thay số vào các biểu thức tương ứng tính được:

- Độ KĐBĐ của b_0 theo biểu thức (31)

$$X_{b_0} = \pm \frac{100 \sqrt{0,50^2 + 0,30^2}}{300} = \pm 0,19\%$$

- Tương tự độ KĐBĐ của theo biểu thức (32)

$$X_{h_r} = \pm \frac{100\sqrt{0,20a^2 + 0,30b^2 + 0,30^2 + (2 \times 0,05)^2}}{80} = \pm 0,6\%$$

Độ KĐBĐ toàn phần đo lưu lượng bằng đập tràn theo công thức (29) với độ tin cậy 95 % tính được là

$$X_Q = \pm \sqrt{1,50^2 + 0,19^2 + 2,25 \times 0,6^2} = \pm 1,76\%$$

12.2 Đập tràn khía hình tam giác

Ví dụ dưới đây minh họa tính toán độ KĐBĐ đo xác định lưu lượng nước bằng đập tràn khía hình tam giác ở điều kiện: Góc khía đập tràn đo được tại chiều rộng đỉnh b_t và độ cao h_t của khía: $\alpha = \pi/2$ rad (90°); $p = 0,30$ m; $h = 0,121$ m; độ lệch chuẩn dựa trên 15 quan sát (số đọc) đo cột áp kế tiếp nhau $S_h = 0,03$ mm.

12.2.1 Độ không đảm bảo đo cho trước trong tính toán

- Hệ số lưu lượng $X_{C_0} = \pm 1,0$ %;
- Hệ số hiệu chỉnh cột áp: $e_{kh} = \pm 0,30$ mm.

12.2.2 Độ không đảm bảo đo do người vận hành

- Đo cột áp: $e_h = \pm 1,10$ mm;
- Mặt phẳng chuẩn đo cột áp: $e_{h0} = \pm 0,10$ mm;
- Độ lệch chuẩn đo cột áp: $S_h = 0,03$ mm;
- Đo chiều rộng của khía đập tràn: $e_{bt} = \pm 0,50$ mm;
- Đo độ cao của khía đập tràn: $e_{ht} = \pm 1,0$ mm.

12.2.3 Kết quả tính độ KĐBĐ

Thay số vào các biểu thức tính toán được:

- Độ KĐBĐ $X_{tg\alpha/2}$ của $tg\alpha/2$ theo biểu thức (33)

$$X_{tg\frac{\alpha}{2}} = \pm 100 \sqrt{\left(\frac{1,0}{220}\right)^2 + \left(\frac{0,5}{440}\right)^2} = \pm 0,47\%$$

- Độ KĐBĐ theo biểu thức (32)

$$X_{h_r} = \pm \frac{100\sqrt{0,10^2 + 0,10^2 + 0,30^2 + (2 \times 0,30)^2}}{121} = \pm 0,28\%$$

- Độ KĐBĐ toàn phần đo lưu lượng bằng đập tràn theo công thức (30) với độ tin cậy 95%

$$X_Q = \pm \sqrt{1,0^2 + 0,47^2 + 6,25 \times 0,28^2} = \pm 1,31\%$$

**Bảng 1 - Lưu lượng nước qua đập tràn khía hình chữ V
với tg ($\alpha/2$)=1 ($\alpha = \pi/2$ radian hay 90°)**

$$Q = 2,362 \, 5 \, C_e \, h^{5/2}$$

$$(g = 9,806 \, 6 \, \text{m/s}^2)$$

Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q	Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q
m		$\text{m}^3/\text{s} \times 10^{-1}$	m		$\text{m}^3/\text{s} \times 10^{-1}$
0,060	0,603 2	0,012 57	0,120	0,588 5	0,069 35
0,061	0,602 8	0,013 09	0,121	0,588 3	0,070 79
0,062	0,602 3	0,013 62	0,122	0,588 2	0,072 24
0,063	0,601 9	0,014 17	0,123	0,588 1	0,073 72
0,064	0,601 5	0,014 73	0,124	0,588 0	0,075 22
0,065	0,601 2	0,015 30	0,125	0,588 0	0,076 73
0,066	0,600 8	0,015 88	0,126	0,587 9	0,078 27
0,067	0,600 5	0,016 48	0,127	0,587 8	0,079 82
0,068	0,600 1	0,017 10	0,128	0,587 7	0,081 39
0,069	0,599 8	0,017 72	0,129	0,587 6	0,082 98
0,070	0,599 4	0,018 36	0,130	0,587 6	0,084 58
0,071	0,599 0	0,019 01	0,131	0,587 5	0,086 21
0,072	0,598 7	0,019 67	0,132	0,587 4	0,087 85
0,073	0,598 3	0,020 35	0,133	0,587 3	0,089 51
0,074	0,598 0	0,021 05	0,134	0,587 2	0,091 19
0,075	0,597 8	0,021 76	0,135	0,587 2	0,092 89
0,076	0,597 5	0,022 48	0,136	0,587 1	0,094 61
0,077	0,597 3	0,023 22	0,137	0,587 0	0,096 34
0,078	0,597 0	0,023 97	0,138	0,586 9	0,098 10
0,079	0,596 7	0,024 73	0,139	0,586 9	0,099 87
0,080	0,596 4	0,025 51	0,140	0,586 8	0,101 67
0,081	0,596 1	0,026 30	0,141	0,586 7	0,103 48
0,082	0,595 8	0,027 10	0,142	0,586 7	0,105 32
0,083	0,595 5	0,027 92	0,143	0,586 6	0,107 17
0,084	0,595 3	0,028 76	0,144	0,586 6	0,109 04
0,085	0,595 0	0,029 61	0,145	0,586 5	0,110 93
0,086	0,594 8	0,030 48	0,146	0,586 4	0,112 84
0,087	0,594 5	0,031 36	0,147	0,586 3	0,114 76
0,088	0,594 2	0,032 25	0,148	0,586 2	0,116 71
0,089	0,594 0	0,033 16	0,149	0,586 2	0,118 67
0,090	0,593 7	0,034 09	0,150	0,586 1	0,120 66
0,091	0,593 5	0,035 03	0,151	0,586 1	0,122 67
0,092	0,593 3	0,035 98	0,152	0,586 0	0,124 71
0,093	0,593 1	0,036 96	0,153	0,586 0	0,126 76
0,094	0,592 9	0,037 95	0,154	0,585 9	0,128 83
0,095	0,592 7	0,038 95	0,155	0,585 9	0,130 93
0,096	0,592 5	0,039 97	0,156	0,585 9	0,133 04
0,097	0,592 3	0,041 01	0,157	0,585 8	0,135 17
0,098	0,592 1	0,042 06	0,158	0,585 8	0,137 32
0,099	0,591 9	0,043 12	0,159	0,585 7	0,139 50
0,100	0,591 7	0,044 20	0,160	0,585 7	0,141 69
0,101	0,591 4	0,045 30	0,161	0,585 7	0,143 91
0,102	0,591 2	0,046 41	0,162	0,585 6	0,146 14
0,103	0,591 0	0,047 54	0,163	0,585 6	0,148 40
0,104	0,590 8	0,048 69	0,164	0,585 5	0,150 67
0,105	0,590 6	0,049 85	0,165	0,585 5	0,152 97
0,106	0,590 4	0,051 03	0,166	0,585 5	0,155 29
0,107	0,590 2	0,052 22	0,167	0,585 4	0,157 63
0,108	0,590 1	0,053 44	0,168	0,585 4	0,159 99
0,109	0,589 9	0,054 67	0,169	0,585 3	0,162 37
0,110	0,589 8	0,055 92	0,170	0,585 3	0,164 77
0,111	0,589 7	0,057 19	0,171	0,585 3	0,167 19
0,112	0,589 6	0,058 47	0,172	0,585 2	0,169 64
0,113	0,589 4	0,059 77	0,173	0,585 2	0,172 10
0,114	0,589 2	0,061 08	0,174	0,585 1	0,174 59
0,115	0,589 1	0,062 42	0,175	0,585 1	0,177 09
0,116	0,589 0	0,063 77	0,176	0,585 1	0,179 63
0,117	0,588 9	0,065 14	0,177	0,585 1	0,182 19
0,118	0,588 8	0,066 53	0,178	0,585 1	0,184 78
0,119	0,588 6	0,067 93	0,179	0,585 1	0,187 38

Bảng 1 - (tiếp theo)

Head h	Coefficient C_0	Discharge Q	Head h	Coefficient C_0	Discharge Q
m		$m^3/s \times 10^{-1}$	m		$m^3/s \times 10^{-1}$
0,180	0,585 1	0,190 01	0,240	0,584 6	0,389 73
0,181	0,585 1	0,192 65	0,241	0,584 6	0,393 80
0,182	0,585 0	0,195 31	0,242	0,584 6	0,397 90
0,183	0,585 0	0,198 00	0,243	0,584 6	0,402 02
0,184	0,585 0	0,200 71	0,244	0,584 6	0,406 17
0,185	0,585 0	0,203 45	0,245	0,584 6	0,410 34
0,186	0,585 0	0,206 21	0,246	0,584 6	0,414 54
0,187	0,585 0	0,208 99	0,247	0,584 6	0,418 77
0,188	0,585 0	0,211 80	0,248	0,584 6	0,423 02
0,189	0,585 0	0,214 63	0,249	0,584 6	0,427 30
0,190	0,585 0	0,217 48	0,250	0,584 6	0,431 60
0,191	0,585 0	0,220 34	0,251	0,584 6	0,435 93
0,192	0,584 9	0,223 22	0,252	0,584 6	0,440 28
0,193	0,584 9	0,226 12	0,253	0,584 6	0,444 66
0,194	0,584 9	0,229 06	0,254	0,584 6	0,449 07
0,195	0,584 9	0,232 03	0,255	0,584 6	0,453 50
0,196	0,584 9	0,235 01	0,256	0,584 6	0,457 98
0,197	0,584 9	0,238 02	0,257	0,584 6	0,462 45
0,198	0,584 9	0,241 06	0,258	0,584 6	0,466 96
0,199	0,584 9	0,244 11	0,259	0,584 8	0,471 50
0,200	0,584 9	0,247 19	0,260	0,584 6	0,476 06
0,201	0,584 9	0,250 28	0,261	0,584 6	0,480 65
0,202	0,584 8	0,253 39	0,262	0,584 6	0,485 27
0,203	0,584 8	0,256 52	0,263	0,584 6	0,489 91
0,204	0,584 8	0,259 69	0,264	0,584 6	0,494 58
0,205	0,584 8	0,262 88	0,265	0,584 6	0,499 28
0,206	0,584 8	0,266 10	0,266	0,584 6	0,504 00
0,207	0,584 8	0,269 34	0,267	0,584 6	0,508 76
0,208	0,584 8	0,272 61	0,268	0,584 6	0,513 53
0,209	0,584 8	0,275 90	0,269	0,584 6	0,518 34
0,210	0,584 8	0,279 21	0,270	0,584 6	0,523 17
0,211	0,584 8	0,282 54	0,271	0,584 6	0,528 02
0,212	0,584 8	0,285 88	0,272	0,584 6	0,532 91
0,213	0,584 7	0,289 24	0,273	0,584 6	0,537 82
0,214	0,584 7	0,292 64	0,274	0,584 6	0,542 76
0,215	0,584 7	0,296 07	0,275	0,584 6	0,547 72
0,216	0,584 7	0,299 53	0,276	0,584 6	0,552 72
0,217	0,584 7	0,303 01	0,277	0,584 6	0,557 74
0,218	0,584 7	0,306 51	0,278	0,584 6	0,562 82
0,219	0,584 7	0,310 04	0,279	0,584 7	0,567 94
0,220	0,584 7	0,313 59	0,280	0,584 7	0,573 06
0,221	0,584 7	0,317 17	0,281	0,584 7	0,578 19
0,222	0,584 7	0,320 77	0,282	0,584 7	0,583 35
0,223	0,584 7	0,324 39	0,283	0,584 7	0,588 53
0,224	0,584 7	0,328 03	0,284	0,584 7	0,593 75
0,225	0,584 6	0,331 68	0,285	0,584 7	0,598 99
0,226	0,584 6	0,335 35	0,286	0,584 7	0,604 25
0,227	0,584 6	0,339 07	0,287	0,584 7	0,609 55
0,228	0,584 6	0,342 82	0,288	0,584 7	0,614 87
0,229	0,584 6	0,346 59	0,289	0,584 7	0,620 23
0,230	0,584 6	0,350 39	0,290	0,584 7	0,625 60
0,231	0,584 6	0,354 21	0,291	0,584 7	0,631 01
0,232	0,584 6	0,358 06	0,292	0,584 7	0,636 45
0,233	0,584 6	0,361 93	0,293	0,584 7	0,641 95
0,234	0,584 6	0,365 82	0,294	0,584 8	0,647 48
0,235	0,584 6	0,369 74	0,295	0,584 8	0,653 03
0,236	0,584 6	0,373 69	0,296	0,584 8	0,658 58
0,237	0,584 6	0,377 66	0,297	0,584 8	0,664 16
0,238	0,584 6	0,381 66	0,298	0,584 8	0,669 76
0,239	0,584 6	0,385 68	0,299	0,584 8	0,675 39

Bảng.1- (kết thúc)

Cột nước tràn h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q	Cột nước tràn h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q
m		$m^3/s \times 10^{-1}$	m		$m^3/s \times 10^{-1}$
0,300	0,584 8	0,681 06	0,350	0,585 2	1,001 92
0,301	0,584 8	0,686 75	0,351	0,585 2	1,009 12
0,302	0,584 8	0,692 46	0,352	0,585 2	1,016 33
0,303	0,584 8	0,698 21	0,353	0,585 2	1,023 56
0,304	0,584 8	0,703 98	0,354	0,585 2	1,030 82
0,305	0,584 8	0,709 80	0,355	0,585 2	1,038 12
0,306	0,584 8	0,715 68	0,356	0,585 2	1,045 45
0,307	0,584 9	0,721 59	0,357	0,585 2	1,052 80
0,308	0,584 9	0,727 50	0,358	0,585 2	1,060 19
0,309	0,584 9	0,733 41	0,359	0,585 2	1,067 67
0,310	0,584 9	0,739 36	0,360	0,585 3	1,075 19
0,311	0,584 9	0,745 34	0,361	0,585 3	1,082 73
0,312	0,584 9	0,751 35	0,362	0,585 3	1,090 24
0,313	0,584 9	0,757 38	0,363	0,585 3	1,097 78
0,314	0,584 9	0,763 44	0,364	0,585 3	1,105 36
0,315	0,584 9	0,769 54	0,365	0,585 3	1,112 97
0,316	0,584 9	0,775 66	0,366	0,585 3	1,120 63
0,317	0,584 9	0,781 81	0,367	0,585 3	1,128 37
0,318	0,584 9	0,788 02	0,368	0,585 4	1,136 15
0,319	0,585 0	0,794 28	0,369	0,585 4	1,143 91
0,320	0,585 0	0,800 57	0,370	0,585 4	1,151 67
0,321	0,585 0	0,806 85	0,371	0,585 4	1,159 47
0,322	0,585 0	0,813 14	0,372	0,585 4	1,167 30
0,323	0,585 0	0,819 47	0,373	0,585 4	1,175 16
0,324	0,585 0	0,825 83	0,374	0,585 4	1,183 10
0,325	0,585 0	0,832 22	0,375	0,585 5	1,191 11
0,326	0,585 0	0,838 63	0,376	0,585 5	1,199 14
0,327	0,585 0	0,845 08	0,377	0,585 5	1,207 12
0,328	0,585 0	0,851 55	0,378	0,585 5	1,215 15
0,329	0,585 0	0,858 06	0,379	0,585 5	1,223 20
0,330	0,585 0	0,864 59	0,380	0,585 5	1,231 28
0,331	0,585 0	0,871 16	0,381	0,585 5	1,239 40
0,332	0,585 0	0,877 75			
0,333	0,585 0	0,884 38			
0,334	0,585 0	0,891 03			
0,335	0,585 0	0,897 72			
0,336	0,585 0	0,904 48			
0,337	0,585 1	0,911 28			
0,338	0,585 1	0,918 11			
0,339	0,585 1	0,924 91			
0,340	0,585 1	0,931 75			
0,341	0,585 1	0,938 62			
0,342	0,585 1	0,945 51			
0,343	0,585 1	0,952 44			
0,344	0,585 1	0,959 40			
0,345	0,585 1	0,966 38			
0,346	0,585 1	0,973 40			
0,347	0,585 1	0,980 45			
0,348	0,585 1	0,987 53			
0,349	0,585 1	0,994 71			

**Bảng 2 - Lưu lượng nước qua đập tràn khía hình chữ V
với tg ($\alpha/2$)=1/4 ($\alpha=0,927\ 3$ radian hay $53^{\circ}8'$)**

$$Q = 1,181\ 25\ C_e\ h^{5/2}$$

$$(g = 9,806\ 6\ m/s^2)$$

Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q	Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q
m		$m^3/s \times 10^{-1}$	m		$m^3/s \times 10^{-1}$
0,060	0,611 4	0,006 37	0,120	0,598 9	0,035 29
0,061	0,611 1	0,006 63	0,121	0,598 8	0,036 02
0,062	0,610 8	0,006 91	0,122	0,598 7	0,036 77
0,063	0,610 5	0,007 18	0,123	0,598 5	0,037 51
0,064	0,610 1	0,007 47	0,124	0,598 4	0,038 27
0,065	0,609 8	0,007 76	0,125	0,598 2	0,039 04
0,066	0,609 5	0,008 06	0,126	0,598 1	0,039 82
0,067	0,609 2	0,008 36	0,127	0,598 0	0,040 60
0,068	0,609 0	0,008 67	0,128	0,597 9	0,041 40
0,069	0,608 7	0,008 99	0,129	0,597 8	0,042 20
0,070	0,608 4	0,009 32	0,130	0,597 6	0,043 02
0,071	0,608 1	0,009 65	0,131	0,597 5	0,043 84
0,072	0,607 9	0,009 99	0,132	0,597 3	0,044 67
0,073	0,607 6	0,010 33	0,133	0,597 2	0,045 51
0,074	0,607 3	0,010 69	0,134	0,597 1	0,046 36
0,075	0,607 1	0,011 05	0,135	0,597 0	0,047 22
0,076	0,606 8	0,011 41	0,136	0,596 8	0,048 09
0,077	0,606 6	0,011 79	0,137	0,596 7	0,048 97
0,078	0,606 4	0,012 17	0,138	0,596 6	0,049 86
0,079	0,606 1	0,012 56	0,139	0,596 5	0,050 75
0,080	0,606 0	0,012 96	0,140	0,596 4	0,051 66
0,081	0,605 8	0,013 36	0,141	0,596 2	0,052 58
0,082	0,605 6	0,013 77	0,142	0,596 1	0,053 51
0,083	0,605 4	0,014 19	0,143	0,596 0	0,054 44
0,084	0,605 2	0,014 62	0,144	0,596 0	0,055 39
0,085	0,605 0	0,015 05	0,145	0,595 9	0,056 35
0,086	0,604 8	0,015 49	0,146	0,595 8	0,057 32
0,087	0,604 6	0,015 94	0,147	0,595 7	0,058 30
0,088	0,604 4	0,016 40	0,148	0,595 6	0,059 29
0,089	0,604 2	0,016 86	0,149	0,595 6	0,060 29
0,090	0,604 0	0,017 34	0,150	0,595 5	0,061 30
0,091	0,603 8	0,017 82	0,151	0,595 4	0,062 31
0,092	0,603 6	0,018 30	0,152	0,595 2	0,063 34
0,093	0,603 4	0,018 80	0,153	0,595 2	0,064 37
0,094	0,603 2	0,019 30	0,154	0,595 1	0,065 42
0,095	0,603 0	0,019 81	0,155	0,595 0	0,066 48
0,096	0,602 8	0,020 33	0,156	0,594 9	0,067 55
0,097	0,602 6	0,020 86	0,157	0,594 8	0,068 63
0,098	0,602 4	0,021 39	0,158	0,594 8	0,069 71
0,099	0,602 2	0,021 94	0,159	0,594 7	0,070 81
0,100	0,602 1	0,022 49	0,160	0,594 6	0,071 92
0,101	0,601 9	0,023 05	0,161	0,594 5	0,073 04
0,102	0,601 7	0,023 62	0,162	0,594 4	0,074 17
0,103	0,601 6	0,024 20	0,163	0,594 4	0,075 31
0,104	0,601 4	0,024 78	0,164	0,594 3	0,076 46
0,105	0,601 3	0,025 37	0,165	0,594 2	0,077 62
0,106	0,601 1	0,025 98	0,166	0,594 1	0,078 79
0,107	0,600 9	0,026 59	0,167	0,594 1	0,079 98
0,108	0,600 8	0,027 20	0,168	0,594 0	0,081 17
0,109	0,600 6	0,027 83	0,169	0,593 9	0,082 37
0,110	0,600 5	0,028 47	0,170	0,593 8	0,083 58
0,111	0,600 3	0,029 11	0,171	0,593 7	0,084 81
0,112	0,600 2	0,029 76	0,172	0,593 7	0,086 04
0,113	0,600 0	0,030 42	0,173	0,593 6	0,087 28
0,114	0,599 8	0,031 09	0,174	0,593 5	0,088 54
0,115	0,599 7	0,031 77	0,175	0,593 4	0,089 80
0,116	0,599 5	0,032 46	0,176	0,593 3	0,091 08
0,117	0,599 4	0,033 15	0,177	0,593 3	0,092 37
0,118	0,599 2	0,033 86	0,178	0,593 2	0,093 67
0,119	0,599 1	0,034 57	0,179	0,593 1	0,094 97

Bảng 2 - (Tiếp theo)

Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q	Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q
m		$m^3/s \times 10^{-1}$	m		$m^3/s \times 10^{-1}$
0,180	0,593 0	0,096 29	0,240	0,590 1	0,196 68
0,181	0,592 9	0,097 62	0,241	0,590 0	0,198 72
0,182	0,592 9	0,098 96	0,242	0,590 0	0,200 79
0,183	0,592 8	0,100 32	0,243	0,590 0	0,202 87
0,184	0,592 7	0,101 68	0,244	0,589 9	0,204 96
0,185	0,592 6	0,103 05	0,245	0,589 9	0,207 05
0,186	0,592 6	0,104 44	0,246	0,589 8	0,209 16
0,187	0,592 5	0,105 84	0,247	0,589 8	0,211 27
0,188	0,592 5	0,107 26	0,248	0,589 8	0,213 40
0,189	0,592 4	0,108 67	0,249	0,589 8	0,215 55
0,190	0,592 3	0,110 10	0,250	0,589 8	0,217 72
0,191	0,592 3	0,111 55	0,251	0,589 8	0,219 90
0,192	0,592 2	0,113 00	0,252	0,589 8	0,222 09
0,193	0,592 2	0,114 47	0,253	0,589 7	0,224 29
0,194	0,592 1	0,115 95	0,254	0,589 7	0,226 49
0,195	0,592 0	0,117 43	0,255	0,589 7	0,228 73
0,196	0,592 0	0,118 93	0,256	0,589 7	0,230 98
0,197	0,591 9	0,120 44	0,257	0,589 7	0,233 23
0,198	0,591 9	0,121 97	0,258	0,589 6	0,235 49
0,199	0,591 9	0,123 51	0,259	0,589 6	0,237 77
0,200	0,591 8	0,125 06	0,260	0,589 6	0,240 05
0,201	0,591 8	0,126 62	0,261	0,589 5	0,242 35
0,202	0,591 7	0,128 19	0,262	0,589 5	0,244 66
0,203	0,591 7	0,129 77	0,263	0,589 4	0,246 99
0,204	0,591 6	0,131 36	0,264	0,589 4	0,249 33
0,205	0,591 6	0,132 96	0,265	0,589 4	0,251 68
0,206	0,591 5	0,134 57	0,266	0,589 3	0,254 04
0,207	0,591 5	0,136 20	0,267	0,589 3	0,256 42
0,208	0,591 4	0,137 84	0,268	0,589 2	0,258 81
0,209	0,591 3	0,139 49	0,269	0,589 2	0,261 21
0,210	0,591 3	0,141 15	0,270	0,589 2	0,263 63
0,211	0,591 2	0,142 82	0,271	0,589 1	0,266 06
0,212	0,591 2	0,144 50	0,272	0,589 1	0,268 51
0,213	0,591 1	0,146 20	0,273	0,589 1	0,270 98
0,214	0,591 1	0,147 92	0,274	0,589 1	0,273 47
0,215	0,591 0	0,149 64	0,275	0,589 1	0,275 96
0,216	0,591 0	0,151 38	0,276	0,589 0	0,278 45
0,217	0,591 0	0,153 13	0,277	0,589 0	0,280 97
0,218	0,590 9	0,154 89	0,278	0,589 0	0,283 51
0,219	0,590 9	0,156 66	0,279	0,589 0	0,286 07
0,220	0,590 8	0,158 44	0,280	0,589 0	0,288 63
0,221	0,590 8	0,160 24	0,281	0,588 9	0,291 19
0,222	0,590 8	0,162 04	0,282	0,588 9	0,293 77
0,223	0,590 7	0,163 86	0,283	0,588 9	0,296 38
0,224	0,590 7	0,165 70	0,284	0,588 9	0,299 01
0,225	0,590 6	0,167 54	0,285	0,588 9	0,301 63
0,226	0,590 6	0,169 40	0,286	0,588 8	0,304 27
0,227	0,590 6	0,171 27	0,287	0,588 8	0,306 91
0,228	0,590 5	0,173 15	0,288	0,588 8	0,309 59
0,229	0,590 5	0,175 04	0,289	0,588 8	0,312 29
0,230	0,590 4	0,176 95	0,290	0,588 8	0,314 99
0,231	0,590 4	0,178 86	0,291	0,588 7	0,317 69
0,232	0,590 4	0,180 79	0,292	0,588 7	0,320 40
0,233	0,590 3	0,182 74	0,293	0,588 7	0,323 15
0,234	0,590 3	0,184 69	0,294	0,588 7	0,325 91
0,235	0,590 2	0,186 66	0,295	0,588 7	0,328 69
0,236	0,590 2	0,188 64	0,296	0,588 6	0,331 46
0,237	0,590 2	0,190 63	0,297	0,588 6	0,334 24
0,238	0,590 1	0,192 63	0,298	0,588 6	0,337 04
0,239	0,590 1	0,194 65	0,299	0,588 5	0,339 85

Bảng 2 - (Kết thúc)

Head h	Coefficient C_e	Discharge Q	Head h	Coefficient C_e	Discharge Q
m		$m^3/s \times 10^{-1}$	m		$m^3/s \times 10^{-1}$
0,300	0,588 5	0,342 68	0,350	0,587 7	0,503 13
0,301	0,588 4	0,345 52	0,351	0,587 7	0,506 72
0,302	0,588 4	0,348 37	0,352	0,587 7	0,510 33
0,303	0,588 4	0,351 24	0,353	0,587 7	0,513 97
0,304	0,588 3	0,354 12	0,354	0,587 7	0,517 58
0,305	0,588 3	0,357 02	0,355	0,587 6	0,521 21
0,306	0,588 3	0,359 95	0,356	0,587 6	0,524 87
0,307	0,588 3	0,362 90	0,357	0,587 6	0,528 56
0,308	0,588 3	0,365 85	0,358	0,587 6	0,532 27
0,309	0,588 2	0,368 80	0,359	0,587 6	0,535 96
0,310	0,588 2	0,371 77	0,360	0,587 5	0,539 67
0,311	0,588 2	0,374 77	0,361	0,587 5	0,543 40
0,312	0,588 2	0,377 79	0,362	0,587 5	0,547 17
0,313	0,588 2	0,380 81	0,363	0,587 5	0,550 96
0,314	0,588 1	0,383 84	0,364	0,587 5	0,554 73
0,315	0,588 1	0,386 87	0,365	0,587 4	0,558 51
0,316	0,588 1	0,389 95	0,366	0,587 4	0,562 31
0,317	0,588 1	0,393 04	0,367	0,587 4	0,566 16
0,318	0,588 1	0,396 15	0,368	0,587 4	0,570 03
0,319	0,588 1	0,399 27	0,369	0,587 4	0,573 91
0,320	0,588 1	0,402 41	0,370	0,587 4	0,577 80
0,321	0,588 1	0,405 53	0,371	0,587 4	0,581 71
0,322	0,588 0	0,408 67	0,372	0,587 4	0,585 60
0,323	0,588 0	0,411 84	0,373	0,587 3	0,589 50
0,324	0,588 0	0,415 03	0,374	0,587 3	0,593 45
0,325	0,588 0	0,418 24	0,375	0,587 3	0,597 42
0,326	0,588 0	0,421 47	0,376	0,587 3	0,601 41
0,327	0,588 0	0,424 71	0,377	0,587 3	0,605 42
0,328	0,588 0	0,427 96	0,378	0,587 3	0,609 44
0,329	0,588 0	0,431 23	0,379	0,587 3	0,613 46
0,330	0,588 0	0,434 51	0,380	0,587 2	0,617 47
0,331	0,588 0	0,437 79	0,381	0,587 2	0,621 50
0,332	0,587 9	0,441 07			
0,333	0,587 9	0,444 38			
0,334	0,587 9	0,447 73			
0,335	0,587 9	0,451 08			
0,336	0,587 9	0,454 46			
0,337	0,587 9	0,457 85			
0,338	0,587 9	0,461 25			
0,339	0,587 9	0,464 67			
0,340	0,587 9	0,468 10			
0,341	0,587 9	0,471 53			
0,342	0,587 8	0,474 97			
0,343	0,587 8	0,478 42			
0,344	0,587 8	0,481 91			
0,345	0,587 8	0,485 42			
0,346	0,587 8	0,488 95			
0,347	0,587 8	0,492 49			
0,348	0,587 8	0,496 04			
0,349	0,587 8	0,499 58			

**Bảng 3 - Lưu lượng nước qua đập tràn khía hình chữ V
với tg ($\alpha/2$)=1/4 ($\alpha=0,489\ 9$ radian hay $28^{\circ}\ 4'$)**

$$Q = 0,590\ 625\ C_e\ h^{5/2}$$

$$(g = 9,806\ 6\ m/s^2)$$

Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q	Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q
m		$m^3/s \times 10^{-1}$	m		$m^3/s \times 10^{-1}$
0,060	0,641 7	0,003 34	0,120	0,616 2	0,018 15
0,061	0,641 0	0,003 48	0,121	0,616 0	0,018 53
0,062	0,640 3	0,003 62	0,122	0,615 8	0,018 91
0,063	0,639 6	0,003 76	0,123	0,615 5	0,019 29
0,064	0,639 0	0,003 91	0,124	0,615 3	0,019 68
0,065	0,638 3	0,004 06	0,125	0,615 1	0,020 07
0,066	0,637 6	0,004 21	0,126	0,614 8	0,020 46
0,067	0,637 0	0,004 37	0,127	0,614 6	0,020 86
0,068	0,636 4	0,004 53	0,128	0,614 4	0,021 27
0,069	0,635 8	0,004 70	0,129	0,614 1	0,021 68
0,070	0,635 2	0,004 86	0,130	0,613 9	0,022 09
0,071	0,634 6	0,005 03	0,131	0,613 7	0,022 51
0,072	0,634 0	0,005 21	0,132	0,613 5	0,022 94
0,073	0,633 5	0,005 39	0,133	0,613 3	0,023 37
0,074	0,632 9	0,005 57	0,134	0,613 1	0,023 80
0,075	0,632 4	0,005 75	0,135	0,612 9	0,024 24
0,076	0,631 8	0,005 94	0,136	0,612 7	0,024 68
0,077	0,631 3	0,006 13	0,137	0,612 5	0,025 13
0,078	0,630 8	0,006 33	0,138	0,612 3	0,025 59
0,079	0,630 3	0,006 53	0,139	0,612 1	0,026 04
0,080	0,629 8	0,006 73	0,140	0,611 9	0,026 51
0,081	0,629 3	0,006 94	0,141	0,611 7	0,026 97
0,082	0,628 9	0,007 15	0,142	0,611 5	0,027 44
0,083	0,628 5	0,007 37	0,143	0,611 3	0,027 92
0,084	0,628 0	0,007 59	0,144	0,611 2	0,028 40
0,085	0,627 6	0,007 81	0,145	0,611 0	0,028 89
0,086	0,627 2	0,008 03	0,146	0,610 8	0,029 38
0,087	0,626 7	0,008 26	0,147	0,610 6	0,029 88
0,088	0,626 4	0,008 50	0,148	0,610 5	0,030 38
0,089	0,626 0	0,008 74	0,149	0,610 3	0,030 89
0,090	0,625 6	0,008 98	0,150	0,610 2	0,031 40
0,091	0,625 2	0,009 22	0,151	0,610 0	0,031 92
0,092	0,624 8	0,009 47	0,152	0,609 9	0,032 45
0,093	0,624 4	0,009 73	0,153	0,609 7	0,032 97
0,094	0,624 0	0,009 98	0,154	0,609 5	0,033 50
0,095	0,623 6	0,010 25	0,155	0,609 3	0,034 04
0,096	0,623 3	0,010 51	0,156	0,609 1	0,034 58
0,097	0,622 9	0,010 78	0,157	0,609 0	0,035 13
0,098	0,622 6	0,011 06	0,158	0,608 8	0,035 68
0,099	0,622 2	0,011 33	0,159	0,608 7	0,036 24
0,100	0,621 9	0,011 61	0,160	0,608 5	0,036 80
0,101	0,621 5	0,011 90	0,161	0,608 3	0,037 37
0,102	0,621 2	0,012 19	0,162	0,608 2	0,037 94
0,103	0,620 9	0,012 49	0,163	0,608 0	0,038 52
0,104	0,620 5	0,012 78	0,164	0,607 9	0,039 11
0,105	0,620 2	0,013 09	0,165	0,607 7	0,039 69
0,106	0,619 9	0,013 39	0,166	0,607 6	0,040 29
0,107	0,619 6	0,013 71	0,167	0,607 4	0,040 89
0,108	0,619 3	0,014 02	0,168	0,607 3	0,041 49
0,109	0,619 0	0,014 34	0,169	0,607 1	0,042 10
0,110	0,618 7	0,014 66	0,170	0,607 0	0,042 72
0,111	0,618 4	0,014 99	0,171	0,606 9	0,043 34
0,112	0,618 1	0,015 33	0,172	0,606 8	0,043 97
0,113	0,617 9	0,015 66	0,173	0,606 7	0,044 60
0,114	0,617 6	0,016 01	0,174	0,606 5	0,045 24
0,115	0,617 3	0,016 35	0,175	0,606 3	0,045 88
0,116	0,617 1	0,016 70	0,176	0,606 2	0,046 53
0,117	0,616 9	0,017 06	0,177	0,606 1	0,047 18
0,118	0,616 6	0,017 42	0,178	0,606 0	0,047 84
0,119	0,616 4	0,017 78	0,179	0,605 9	0,048 51

Bảng 3 - (Tiếp theo)

Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q	Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q
m		$m^3/s \times 10^{-1}$	m		$m^3/s \times 10^{-1}$
0,180	0,605 7	0,049 18	0,240	0,600 8	0,100 13
0,181	0,605 6	0,049 86	0,241	0,600 7	0,101 16
0,182	0,605 5	0,050 54	0,242	0,600 6	0,102 20
0,183	0,605 4	0,051 22	0,243	0,600 6	0,103 25
0,184	0,605 3	0,051 92	0,244	0,600 5	0,104 30
0,185	0,605 1	0,052 61	0,245	0,600 4	0,105 36
0,186	0,605 1	0,053 32	0,246	0,600 3	0,106 42
0,187	0,605 0	0,054 03	0,247	0,600 3	0,107 50
0,188	0,604 9	0,054 75	0,248	0,600 2	0,108 58
0,189	0,604 8	0,055 47	0,249	0,600 2	0,109 67
0,190	0,604 7	0,056 20	0,250	0,600 2	0,110 77
0,191	0,604 5	0,056 93	0,251	0,600 1	0,111 87
0,192	0,604 4	0,057 66	0,252	0,600 1	0,112 99
0,193	0,604 3	0,058 41	0,253	0,600 0	0,114 10
0,194	0,604 2	0,059 16	0,254	0,600 0	0,115 23
0,195	0,604 1	0,059 92	0,255	0,600 0	0,116 35
0,196	0,604 1	0,060 68	0,256	0,599 9	0,117 49
0,197	0,604 0	0,061 45	0,257	0,599 9	0,118 63
0,198	0,603 9	0,062 22	0,258	0,599 8	0,119 78
0,199	0,603 8	0,063 00	0,259	0,599 8	0,120 94
0,200	0,603 8	0,063 79	0,260	0,599 7	0,122 10
0,201	0,603 7	0,064 58	0,261	0,599 6	0,123 26
0,202	0,603 5	0,065 37	0,262	0,599 6	0,124 43
0,203	0,603 4	0,066 17	0,263	0,599 5	0,125 61
0,204	0,603 3	0,066 98	0,264	0,599 5	0,126 80
0,205	0,603 3	0,067 80	0,265	0,599 5	0,127 99
0,206	0,603 2	0,068 62	0,266	0,599 4	0,129 20
0,207	0,603 1	0,069 44	0,267	0,599 4	0,130 41
0,208	0,603 0	0,070 28	0,268	0,599 3	0,131 62
0,209	0,602 9	0,071 11	0,269	0,599 3	0,132 84
0,210	0,602 9	0,071 96	0,270	0,599 2	0,134 07
0,211	0,602 8	0,072 81	0,271	0,599 2	0,135 29
0,212	0,602 7	0,073 66	0,272	0,599 1	0,136 53
0,213	0,602 6	0,074 53	0,273	0,599 1	0,137 78
0,214	0,602 5	0,075 39	0,274	0,599 0	0,139 03
0,215	0,602 5	0,076 27	0,275	0,599 0	0,140 30
0,216	0,602 4	0,077 15	0,276	0,598 9	0,141 57
0,217	0,602 3	0,078 03	0,277	0,598 9	0,142 84
0,218	0,602 2	0,078 93	0,278	0,598 9	0,144 13
0,219	0,602 2	0,079 82	0,279	0,598 8	0,145 42
0,220	0,602 1	0,080 73	0,280	0,598 8	0,146 71
0,221	0,602 0	0,081 64	0,281	0,598 7	0,148 02
0,222	0,601 9	0,082 55	0,282	0,598 7	0,149 33
0,223	0,601 8	0,083 47	0,283	0,598 7	0,150 65
0,224	0,601 8	0,084 41	0,284	0,598 6	0,151 97
0,225	0,601 7	0,085 35	0,285	0,598 6	0,153 30
0,226	0,601 7	0,086 29	0,286	0,598 5	0,154 64
0,227	0,601 6	0,087 24	0,287	0,598 5	0,155 98
0,228	0,601 5	0,088 19	0,288	0,598 5	0,157 34
0,229	0,601 5	0,089 15	0,289	0,598 4	0,158 70
0,230	0,601 4	0,090 11	0,290	0,598 4	0,160 06
0,231	0,601 3	0,091 08	0,291	0,598 3	0,161 43
0,232	0,601 3	0,092 07	0,292	0,598 3	0,162 81
0,233	0,601 2	0,093 06	0,293	0,598 3	0,164 20
0,234	0,601 2	0,094 05	0,294	0,598 2	0,165 59
0,235	0,601 1	0,095 04	0,295	0,598 2	0,166 99
0,236	0,601 0	0,096 05	0,296	0,598 1	0,168 40
0,237	0,601 0	0,097 06	0,297	0,598 1	0,169 82
0,238	0,600 9	0,098 08	0,298	0,598 1	0,171 24
0,239	0,600 9	0,099 10	0,299	0,598 0	0,172 67

Bảng 3 - (kết thúc)

Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q	Cột nước h	Hệ số C_e	Lưu lượng Q
m		$m^3/s \times 10^{-1}$	m		$m^3/s \times 10^{-1}$
0,300	0,598 0	0,174 10	0,350	0,596 0	0,255 12
0,301	0,597 9	0,175 55	0,351	0,596 0	0,256 93
0,302	0,597 9	0,177 00	0,352	0,595 9	0,258 75
0,303	0,597 9	0,178 45	0,353	0,595 9	0,260 57
0,304	0,597 8	0,179 92	0,354	0,595 9	0,262 40
0,305	0,597 8	0,181 39	0,355	0,595 8	0,264 24
0,306	0,597 8	0,182 87	0,356	0,595 8	0,266 09
0,307	0,597 7	0,184 35	0,357	0,595 7	0,267 94
0,308	0,597 7	0,185 85	0,358	0,595 7	0,269 81
0,309	0,597 6	0,187 35	0,359	0,595 7	0,271 68
0,310	0,597 6	0,188 85	0,360	0,595 6	0,273 55
0,311	0,597 6	0,190 37	0,361	0,595 6	0,275 44
0,312	0,597 5	0,191 89	0,362	0,595 5	0,277 33
0,313	0,597 5	0,193 42	0,363	0,595 5	0,279 23
0,314	0,597 4	0,194 95	0,364	0,595 5	0,281 14
0,315	0,597 4	0,196 50	0,365	0,595 4	0,283 06
0,316	0,597 4	0,198 05	0,366	0,595 4	0,284 98
0,317	0,597 3	0,199 60	0,367	0,595 4	0,286 91
0,318	0,597 3	0,201 17	0,368	0,595 3	0,288 85
0,319	0,597 2	0,202 74	0,369	0,595 3	0,290 80
0,320	0,597 2	0,204 32	0,370	0,595 2	0,292 75
0,321	0,597 2	0,205 90	0,371	0,595 2	0,294 72
0,322	0,597 1	0,207 50	0,372	0,595 2	0,296 69
0,323	0,597 1	0,209 10	0,373	0,595 1	0,298 67
0,324	0,597 0	0,210 71	0,374	0,595 1	0,300 65
0,325	0,597 0	0,212 32	0,375	0,595 0	0,302 64
0,326	0,597 0	0,213 95	0,376	0,595 0	0,304 65
0,327	0,596 9	0,215 58	0,377	0,595 0	0,306 66
0,328	0,596 9	0,217 21	0,378	0,594 9	0,308 67
0,329	0,596 8	0,218 86	0,379	0,594 9	0,310 70
0,330	0,596 8	0,220 51	0,380	0,594 8	0,312 73
0,331	0,596 8	0,222 17	0,381	0,594 8	0,314 77
0,332	0,596 7	0,223 84			
0,333	0,596 7	0,225 51			
0,334	0,596 7	0,227 19			
0,335	0,596 6	0,228 88			
0,336	0,596 6	0,230 58			
0,337	0,596 5	0,232 28			
0,338	0,596 5	0,234 00			
0,339	0,596 5	0,235 72			
0,340	0,596 4	0,237 44			
0,341	0,596 4	0,239 18			
0,342	0,596 3	0,240 92			
0,343	0,596 3	0,242 67			
0,344	0,596 3	0,244 42			
0,345	0,596 2	0,246 19			
0,346	0,596 2	0,247 96			
0,347	0,596 1	0,249 74			
0,348	0,596 1	0,251 52			
0,349	0,596 1	0,253 32			

Phụ lục A

(Tham khảo)

Hướng dẫn lựa chọn đập tràn và máng lường đo lưu lượng nước trong kênh hở

A.1 Phạm vi và lĩnh vực áp dụng

Phụ lục này đưa ra hướng dẫn chung lựa chọn đập tràn và máng lường đo lưu lượng trong kênh hở, giới hạn cho dòng chảy ổn định, đồng nhất ở điều kiện nhiệt độ thông thường (khoảng từ 5 °C đến 30 °C).

Mặc dù có khá nhiều kiểu đập tràn và máng lường, nhưng chỉ một số trong đó có ưu điểm thích hợp cho mục đích sử dụng cụ thể, được tiêu chuẩn hóa dưới đây. Chuẩn cứ lựa chọn sử dụng trong số kiểu đập tràn được tiêu chuẩn hóa cho trong A.3.

A.2 Kiểu đập tràn và máng lường tiêu chuẩn

A.2.1 Đập tràn thành mỏng

Đập tràn được xây dựng có đỉnh tấm chắn đập tràn thẳng đứng, cạnh sắc sao cho ngọn nước tràn vọt lên rõ rệt khỏi đỉnh đập, lưu lượng được xác định thông qua cột áp và chiều rộng đỉnh đập (hoặc góc khía đập tràn α) vuông góc với dòng chảy.

Các kiểu đập tràn bao gồm:

- Đập tràn thành mỏng đỉnh rộng toàn phần hình chữ nhật;
- Đập tràn thành mỏng có khía hình chữ nhật;
- Đập tràn thành mỏng có khía hình tam giác.

A.2.2 Đập tràn đỉnh rộng

Đập tràn với kích thước đỉnh đập “dưới tới hạn” theo hướng dòng chảy, sao cho tạo thành dòng chảy tới hạn trên đỉnh đập tràn trải đều trên toàn bộ chiều rộng, lưu lượng nước chảy qua được xác định bằng cột áp và chiều rộng đỉnh đập.

Các kiểu đập tràn bao gồm:

- Đập tràn biên dạng hình chữ nhật, với cạnh đỉnh sắc phía thượng lưu;
- Đập tràn biên dạng hình chữ nhật, với cạnh đỉnh vê tròn phía thượng lưu.

A.2.3 Đập tràn biên dạng hình tam giác

Đập tràn có biên dạng hình tam giác theo hướng dòng chảy, lưu lượng nước qua đập tràn được xác định bằng cột áp và chiều rộng đỉnh đập. Gồm các kiểu đập tràn biên dạng hình tam giác có độ dốc phía thượng lưu 1: 2 và độ dốc phía hạ lưu 1: 5.

TCVN 8193-1 : 2009

A.2.4 Máng lều sóng đứng (dòng chảy tự do)

Máng lều có thành bên co hẹp, với đáy co hẹp hoặc không co hẹp, trong đó dòng chảy thay đổi từ trạng thái "dưới tới hạn" đến trạng thái "trên tới hạn", lưu lượng nước được xác định thông qua diện tích mặt cắt ngang và vận tốc dòng chảy tại độ sâu tới hạn trong cổ máng lều. Máng lều sóng đứng gồm các kiểu sau:

- Máng lều cổ hình chữ nhật;
- Máng lều cổ hình thang;
- Máng lều cổ hình chữ U.

A.2.5 Đập tràn thác đổ tự do

Đập tràn, đáy có dốc dựng đứng thấp xuống bất ngờ trong kênh hình chữ nhật, lưu lượng nước được xác định bằng độ sâu và chiều rộng kênh dẫn tại miệng vực.

A.3 Lựa chọn đập tràn hoặc máng lều tiêu chuẩn

Chuẩn cứ chính để lựa chọn kiểu đập tràn và máng lều cơ bản như sau

A.3.1 Sự khác biệt giữa các mức nước

Đập tràn thành mỏng và đập tràn thác đổ tự do đòi hỏi sự chênh lệch đáng kể giữa mực nước thượng lưu và mực nước hạ lưu để bảo đảm điều kiện dòng chảy tự do, hoàn toàn thoáng tại mức lưu lượng đo lớn nhất. Nếu không, Có thể sử dụng

- Đập tràn đỉnh rộng khi chênh lệch mức nước thượng lưu và hạ lưu nhỏ hơn;
- Đập tràn biên dạng hình tam giác và máng lều sóng đứng khi chênh lệch mức nước thượng lưu và hạ lưu còn nhỏ hơn nữa.

A.3.2 Độ chính xác của phép đo

Độ chính xác của phép đo lưu lượng đơn trị phụ thuộc vào khả năng ước lượng độ KĐBĐ các thành phần liên quan. Đối với đập tràn và máng lều (với độ tin cậy 95 %) KĐBĐ nằm trong khoảng dưới đây:

- Đập tràn thành mỏng hình chữ nhật (đỉnh rộng và có khía): 1 - 4 %;
- Đập tràn thành mỏng có khía hình tam giác (góc khía tam giác từ $\pi/9$ đến $5\pi/9$ rad hoặc 20° và 100°): $(1 + 2) \%$;
- Đập tràn đỉnh rộng: $(3 + 5) \%$;
- Đập tràn biên dạng hình tam giác: $(2 + 5) \%$;
- Máng lều sóng đứng: $(2 + 5) \%$;

- Đập tràn thác đổ tự do: $(5 \div 10) \%$.

Sai lỗi do lắp đặt hoặc trong sử dụng so với đập tràn hay máng lường tiêu chuẩn có thể dẫn đến sai số đo lường lớn. Giới hạn các độ KĐBĐ lớn nhất cho ở trên, áp dụng cho trường hợp xấu nhất (cẩn trọng) khi tuân thủ nghiêm ngặt các yêu cầu đặc tính kỹ thuật tiêu chuẩn. Giới hạn nhỏ nhất, chỉ có thể đạt được trong quá trình xây dựng, lắp đặt sử dụng các trang thiết bị đo lường cấp phòng thí nghiệm và được giám sát nghiêm ngặt. Ở điều kiện hiện trường, đập tràn thành mỏng dễ bị sai số do các hiện tượng tự nhiên gây nên.

A.3.3 Kích thước và hình dạng đoạn kênh hở

Đập tràn thành mỏng đỉnh rộng hình chữ nhật và có khía (cả hình chữ nhật và tam giác), nếu có kích thước lớn so với kích thước đoạn kênh dẫn thượng lưu phải được bố trí trong đoạn kênh hình chữ nhật, có đáy bằng phẳng và bờ kênh thẳng đứng, hay trong các hộp đập tràn có tiết diện hình chữ nhật với chiều dài đoạn kênh dẫn thượng lưu không nhỏ hơn 10 lần chiều rộng của ngọn nước tại cột áp cực đại. Đối với đập tràn thành mỏng có kích thước nhỏ hơn kích thước đoạn kênh dẫn thượng lưu, nếu vận tốc dòng chảy trong đoạn kênh dẫn thượng lưu nhỏ không đáng kể, kích thước và hình dạng kênh không có ảnh hưởng lớn đến kết quả đo xác định lưu lượng.

Sử dụng đập tràn đỉnh rộng hình chữ nhật có thể đạt được độ chính xác cao nhất ở các đoạn kênh có tiết diện hình chữ nhật. Tuy nhiên, có thể sử dụng với kênh có tiết diện không - chữ nhật mà vẫn cho độ chính xác khá tốt nếu kênh dẫn nhẵn, chiều dài đoạn kênh dẫn thượng lưu khi đó cũng chỉ cần không nhỏ hơn hai lần cột áp cực đại.

Máng lường có thể sử dụng tốt trong các kênh hở có hình dạng khác nhau, nếu điều kiện dòng chảy trong đoạn kênh dẫn thượng lưu có độ đồng nhất và ổn định vừa phải.

Đối với tất cả các loại đập tràn và máng lường, kích thước và hình dạng đoạn kênh phía hạ lưu có ảnh hưởng không đáng kể đến sai số đo lường, nhưng dòng chảy phải đảm bảo tự do, hoàn toàn thoáng ở mọi điều kiện sử dụng.

A.3.4 Điều kiện dòng chảy trong đoạn kênh dẫn thượng lưu

Đối với tất cả các kiểu đập tràn, dòng chảy trong đoạn kênh dẫn thượng lưu phải ở trạng thái dưới tới hạn, ổn định và đồng nhất. Lý tưởng, đặc biệt là đối với vận tốc dòng chảy tương đối cao, phân bố vận tốc dòng chảy phải gần giống như đối với đoạn kênh có chiều dài đủ lớn để phát triển dòng chảy bình thường (điều khiển lực cản) như ở kênh thẳng và nhẵn. Đối với máng lường, vận tốc dòng chảy tương đối thấp trong đoạn kênh thượng lưu không có ảnh hưởng lớn. Ở đoạn kênh ngắn và các hộp đập tràn phải sử dụng vách ngăn, thiết bị nắn thẳng dòng để tạo phân bố vận tốc tiêu chuẩn. Phải bảo trì bảo dưỡng định kỳ đoạn kênh dẫn thượng lưu đập tràn hoặc máng lường để bảo đảm sự xói mòn và lắng đọng là không đáng kể, không làm thay đổi vận tốc hay phân bố vận tốc dòng chảy trong đoạn kênh dẫn thượng lưu của cấu trúc đo lường.

Dòng chảy dưới tới hạn được bảo đảm khi: $\bar{v} < \sqrt{\frac{gA}{B_s}}$

trong đó:

$\bar{v}$ là vận tốc trung bình trong kênh dẫn thượng lưu, m/s;

g là gia tốc trọng trường, m/s²;

A là diện tích mặt cắt ngang của kênh thượng lưu, m²;

B_s là chiều rộng đoạn kênh dẫn thượng lưu tại mặt nước, m.

A.3.5 Dòng chảy có bùn cát lắng đọng

Đối với dòng chảy có bùn cát lơ lửng, trong tiêu chuẩn này khuyến cáo không sử dụng đập tràn thành mỏng vì đỉnh đập tràn có thể bị hư hại hoặc bị vật chất lơ lửng mài mòn. Đối với dòng chảy có lượng bùn cát lớn dưới đáy, không khuyến cáo sử dụng các kết cấu đo lường vì có thể làm thay đổi đáng kể vận tốc dòng chảy. Nhìn chung, máng lường có đặc tính kỹ thuật tốt hơn đập tràn ở điều kiện sông, ngòi và đoạn kênh dẫn có lượng bùn cát lớn dưới đáy kênh.

A.3.6 Dòng chảy có mảnh vỡ trôi nổi

Đập tràn đỉnh rộng, đập tràn biên dạng hình tam giác, máng lường sóng đứng và các kết cấu đập thác đổ tự do thường cho phép các mảnh vỡ trôi nổi chảy qua dễ dàng hơn so với đập tràn thành mỏng. Không sử dụng đập tràn khía hình tam giác (khía chữ V), nếu không trang bị lưới vớt mảnh vỡ trôi nổi phía thượng lưu.

A.3.7 Độ lớn lưu lượng đo

Đập tràn thành mỏng được sử dụng tốt nhất để đo lưu lượng dòng chảy tương đối nhỏ vì các lý do liên quan đến độ chính xác đo lưu lượng và kết cấu xây dựng.

Tốt nhất, sử dụng đập tràn đỉnh rộng, đập tràn biên dạng hình tam giác và máng lường để đo các lưu lượng dòng chảy lớn.

A.3.8 Dải đo lưu lượng

Để có độ chính xác đo lưu lượng tốt nhất trên toàn bộ dải đo lưu lượng dòng chảy thấp, sử dụng đập tràn thành mỏng khía hình tam giác (khía chữ V) sẽ tốt hơn đập tràn thành mỏng khía hình chữ nhật hoặc đập tràn thành mỏng đỉnh rộng hình chữ nhật. Đối với dải đo rộng lưu lượng lớn, sử dụng máng lường cổ hình thang hoặc hình chữ U hơn là đập tràn đỉnh rộng, đập tràn thác đổ tự do, máng lường hình chữ nhật hoặc đập tràn biên dạng hình tam giác.

A.3.9 Xây dựng đập tràn

Đập tràn thành mỏng phải được xây dựng bằng các công cụ chính xác ở điều kiện công nghiệp. Máng lường, đập tràn đỉnh rộng, đập tràn biên dạng hình tam giác và đập tràn thác đổ tự do có thể dễ xây

dựng đáp ứng được các qui định kỹ thuật của tiêu chuẩn này tại hiện trường. Trong tất cả các trường hợp, phải cẩn trọng kiểm tra để đảm bảo kết cấu đo lường phù hợp với các đặc tính kỹ thuật tiêu chuẩn.

Đập tràn đỉnh rộng, đập tràn biên dạng hình tam giác, đập tràn thác đổ tự do và các máng lường do có kết cấu vững chắc để duy trì bảo dưỡng hơn trong điều kiện cột áp cao và kênh dẫn rộng.

Phụ lục B

(Tham khảo)

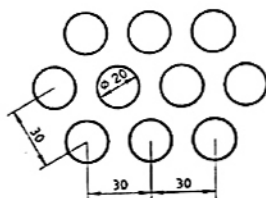
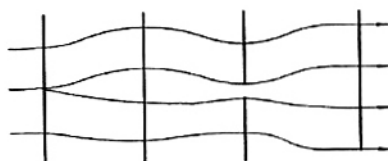
Hướng dẫn thiết kế và lắp đặt thiết bị nắn thẳng dòng

Thiết bị nắn thẳng dòng chảy được sử dụng để rút ngắn chiều dài đoạn kênh dẫn thượng lưu. Thiết bị nắn thẳng dòng chảy biến đổi dòng chảy trong đoạn kênh dẫn thượng lưu ngắn, tái tạo và ổn định phân bố vận tốc dòng chảy tiêu chuẩn mà đoạn kênh thượng lưu không cần dài đến 10 lần chiều rộng (xem 6.3.3 và Hình B1 chỉ rõ phân bố vận tốc chuẩn).

Thiết bị nắn thẳng dòng có thể bao gồm ít nhất là 04 tấm vách ngăn (ví dụ, bằng tấm kim loại được đục lỗ), lắp đặt thẳng đứng và vuông góc với chiều dòng chảy trong đoạn kênh dẫn thượng lưu ở khoảng cách tối thiểu 0,2 m giữa các vách kề nhau. Tỷ lệ giữa tổng diện tích các lỗ thoáng trên mỗi tấm phải đạt 40 % đến 60 % diện tích toàn bộ vách ngăn. Trong Hình B.1 cho ví dụ về mẫu đục lỗ thường dùng: Các lỗ đường kính 20 mm được phân bố, sắp xếp so le nhau, khoảng cách giữa tâm của hai lỗ kề nhau là 30 mm. Theo cách bố trí này, tỷ lệ diện tích các lỗ thoáng trên tổng diện tích là 40,31 %.

Các vách ngăn phải mỏng, đủ chắc chắn để duy trì dòng chảy ổn định và chịu được lực áp lực lớn nhất của dòng chảy trong đoạn kênh dẫn phía thượng lưu. Kích thước các lỗ có thể thay đổi theo chiều rộng của đoạn kênh đo lường, đảm bảo khoảng cách giữa các tấm được điều chỉnh theo tỷ lệ kích thước lỗ.

Thiết bị nắn thẳng dòng có thể lắp đặt cố định trong kênh dẫn, hoặc các vách kim loại có đục lỗ khác nhau khi lắp thẳng hàng theo hướng dòng chảy (Hình B.2) hoặc bố trí so le nhau và khoảng cách giữa các vách ngăn kim loại kề nhau phải đủ lớn so với đường kính các lỗ (xem Hình B.3).

**Hình B.1 - Ví dụ sắp xếp lỗ****Hình B.2 - Lỗ được xếp thẳng hàng****Hình B.3 - Lỗ được xếp lệch so le**