

**TCVN 8440:2010  
ISO 4185:1980**

Xuất bản lần 1

**ĐO DÒNG CHẤT LỎNG TRONG ỐNG DẪN KÍN –  
PHƯƠNG PHÁP CÂN**

*Measurement of liquid flow in closed conduits –  
Weighing method*

**HÀ NỘI - 2010**



**Mục lục**

1	Khái quát .....	5
1.1	Phạm vi và lĩnh vực áp dụng.....	5
1.2	Tài liệu viện dẫn .....	6
1.3	Thuật ngữ, định nghĩa .....	6
1.4	Đơn vị .....	7
1.5	Giải thích ký hiệu.....	7
1.6	Chứng nhận .....	7
2	Nguyên lý .....	7
2.1	Giải thích nguyên lý .....	7
2.2	Độ chính xác của phương pháp.....	11
3	Thiết bị, dụng cụ .....	12
3.1	Bộ chuyển dòng .....	12
3.2	Bộ đếm thời gian .....	13
3.3	Bình cân .....	14
3.4	Thiết bị cân.....	15
3.5	Phép đo phụ trợ .....	15
4	Quy trình .....	16
4.1	Phương pháp cân tĩnh.....	16
4.2	Phương pháp cân động .....	16
4.3	Điều khoản chung .....	16
5	Tính toán lưu lượng .....	16
5.1	Tính lưu lượng khối lượng .....	16
5.2	Tính lưu lượng thể tích.....	17
6	Tính độ không đảm bảo toàn phần của phép đo lưu lượng.....	17
6.1	Thể hiện kết quả .....	18
6.2	Nguồn sai số.....	18
6.3	Tính toán độ không đảm bảo trong phép đo lưu lượng .....	22
	Phụ lục A (Quy định) Hiệu chỉnh phép đo thời gian nạp đầy .....	25
	Phụ lục B (Tham khảo) Khối lượng riêng của nước tinh khiết.....	29
	Phụ lục C (Tham khảo) Thuật ngữ và quy trình sử dụng trong phép phân tích sai số.....	30
	Phụ lục D (Tham khảo) Phân bố t-Student.....	33

## **Lời nói đầu**

**TCVN 8440:2010** hoàn toàn tương đương với ISO 4185:1980 và Đính chính kỹ thuật 1:1993;

**TCVN 8440:2010** do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 30 *Đo lưu lượng lưu chất trong ống dẫn kín* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Đo dòng chất lỏng trong ống dẫn kín – Phương pháp cân

*Measurement of liquid flow in closed conduits –  
Weighing method*

### 1 Khái quát

#### 1.1 Phạm vi và lĩnh vực áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp đo dòng chất lỏng trong ống dẫn kín bằng cách cân khối lượng chất lỏng chảy vào các bình cân trong khoảng thời gian đã biết. Tiêu chuẩn này còn đề cập cụ thể đến các thiết bị đo, quy trình đo, phương pháp tính lưu lượng và độ không đảm bảo của phép đo.

Phương pháp mô tả có thể được áp dụng cho mọi chất lỏng, miễn là áp suất hơi tại chỗ thoát chất lỏng từ bình cân không đủ làm ảnh hưởng đến độ chính xác đo yêu cầu. Bình cân kín và mọi ứng dụng đối với phép đo dòng chất lỏng có áp suất cao không được đề cập đến trong tiêu chuẩn này.

Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các chất ăn mòn hoặc chất lỏng độc.

Về lý thuyết, không có giới hạn trong việc ứng dụng phương pháp này, phương pháp thường chỉ sử dụng trong việc lắp đặt phòng thí nghiệm cố định. Tuy nhiên, do nguyên nhân về mặt kinh tế, phòng thử nghiệm thủy lực thông thường sử dụng phương pháp này có thể tạo ra lưu lượng 1,5 m<sup>3</sup>/s hoặc thấp hơn.

Do có độ chính xác tiềm ẩn cao, phương pháp này thường được ưu tiên sử dụng để hiệu chuẩn các phương pháp hoặc thiết bị khác của phép đo lưu lượng khối lượng hoặc phép đo lưu lượng thể tích miễn là khối lượng riêng chất lỏng được biết chính xác. Điều này phải đảm bảo rằng đường ống chảy đầy không có bọt khí hoặc túi hơi trong phân đoạn đo.

## **1.2 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).

TCVN 8112 (ISO 4006), *Đo dòng lưu chất trong ống dẫn kín – Từ vựng và ký hiệu.*

TCVN 8114 (ISO 5168), *Đo dòng lưu chất – Quy trình đánh giá độ không đảm bảo đo.*

OIML, *Recommendations No 1, 2, 3, 20, 28, 33.*

## **1.3 Thuật ngữ, định nghĩa**

Chỉ những thuật ngữ được sử dụng trong những trường hợp đặc biệt hoặc có ý nghĩa công bố quan trọng mới được định nghĩa dưới đây.

### **1.3.1**

#### **Cân tĩnh (Static weighing)**

Phương pháp, trong đó khối lượng tịnh của chất lỏng thu được suy ra từ trọng lượng bì và trọng lượng tổng tương ứng trước và sau khi chuyển dòng chất lỏng vào bình cân trong khoảng thời gian đo.

### **1.3.2**

#### **Cân động (Dynamic weighing)**

Phương pháp, trong đó khối lượng tịnh của chất lỏng thu được suy ra từ những phép cân thực hiện trong khi dòng lưu chất chảy vào bình cân (bộ chuyển dòng không cần trong phương pháp này).

### **1.3.3**

#### **Bộ chuyển dòng (Diverter)**

Thiết bị chuyển dòng vào bình cân hoặc vào nhánh vòng mà không làm thay đổi lưu lượng trong suốt quá trình đo.

### **1.3.4**

#### **Bộ ổn định dòng (Flow stabilizer)**

Bộ phận hợp thành cấu trúc của hệ thống đo, để đảm bảo lưu lượng ổn định trong ống dẫn cung cấp chất lỏng; ví dụ, bình có mức không đổi, mức chất lỏng được kiểm soát bằng lưỡi tràn (weir) với độ dài phù hợp.

### **1.3.5**

#### **Hiệu chỉnh lực đẩy (Buoyancy corection)**

Việc hiệu chỉnh được thực hiện đối với số đọc của thiết bị cân khi tính đến chênh lệch giữa lực đẩy hướng thẳng đứng lên trên do tác động của không khí lên lưu chất được cân và lực tương tự tác động lên quả cân chuẩn sử dụng trong khi hiệu chuẩn thiết bị cân.

## 1.4 Đơn vị

Đơn vị sử dụng trong tiêu chuẩn này là hệ đơn vị SI: mét, kilôgam, giây. Độ Celsius được sử dụng thay cho kenvin khi thuận tiện.

## 1.5 Giải thích ký hiệu

Ký hiệu	Đại lượng	Thứ nguyên	Đơn vị SI
$q_m$	Lưu lượng khối lượng	$MT^{-1}$	kg/s
$q_v$	Lưu lượng thể tích	$L^3T^{-1}$	$m^3/s$
$M$	Khối lượng	M	kg
$V$	Thể tích	$L^3$	$m^3$
$T$	Thời gian	T	s
$\rho$	Khối lượng riêng của chất lỏng	$ML^{-3}$	$kg/m^3$
$\rho_a$	Khối lượng riêng của không khí	$ML^{-3}$	$kg/m^3$
$\rho_p$	Khối lượng riêng của quả cân chuẩn	$ML^{-3}$	$kg/m^3$
$s_x$	Độ lệch chuẩn ước lượng		
$\sigma_x$	Độ lệch chuẩn của biến số $x$		
$E$	Độ không đảm bảo của phép đo		
$e_s$	Độ không đảm bảo đo hệ thống		
$E_s$	Độ không đảm bảo đo hệ thống tương đối		
$e_R$	Độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên		
$E_R$	Độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên tương đối		

## 1.6 Chứng nhận

Nếu lắp đặt thiết bị để đo lưu lượng bằng phương pháp cân được sử dụng cho mục đích đo lường pháp định, các thiết bị này cần được chứng nhận và đăng ký tại cơ quan đo lường quốc gia. Việc lắp đặt như thế sau đó là đối tượng của quá trình kiểm tra định kỳ. Nếu không có cơ quan đo lường quốc gia, hồ sơ chứng nhận của các chuẩn đo lường (khối lượng và thời gian), và phân tích sai số phù hợp với tiêu chuẩn này và TCVN 8114 (ISO 5168), cũng phải thiết lập sự chứng nhận đối với mục đích đo lường hợp pháp.

## 2 Nguyên lý

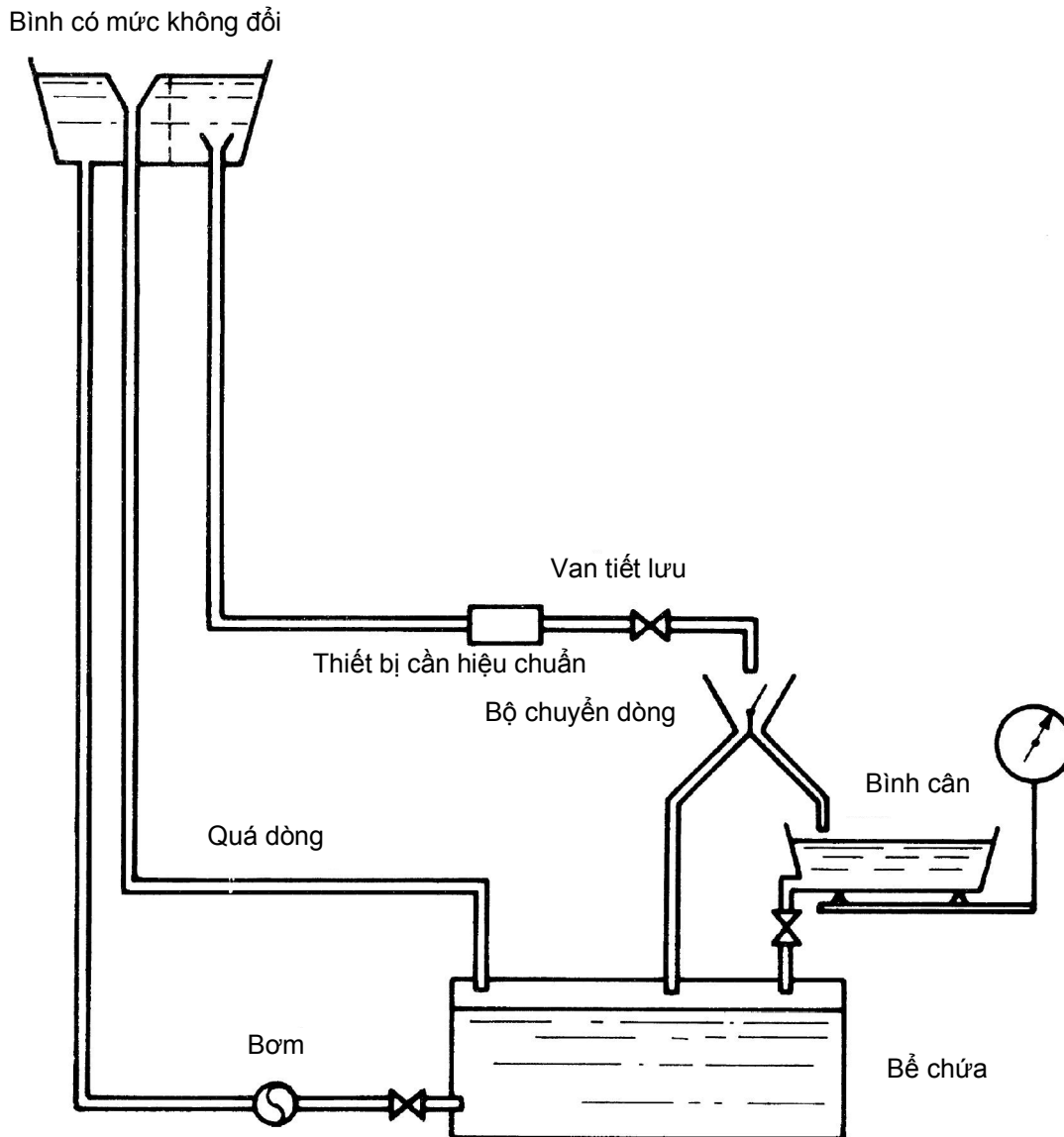
### 2.1 Giải thích nguyên lý

#### 2.1.1 Cân tĩnh

Nguyên lý của phép đo lưu lượng bằng phương pháp cân tĩnh (xem Hình 1A, 1B, 1C, sơ đồ lắp đặt điển hình) là

- Xác định khối lượng ban đầu của bình cân và chất lỏng dư;

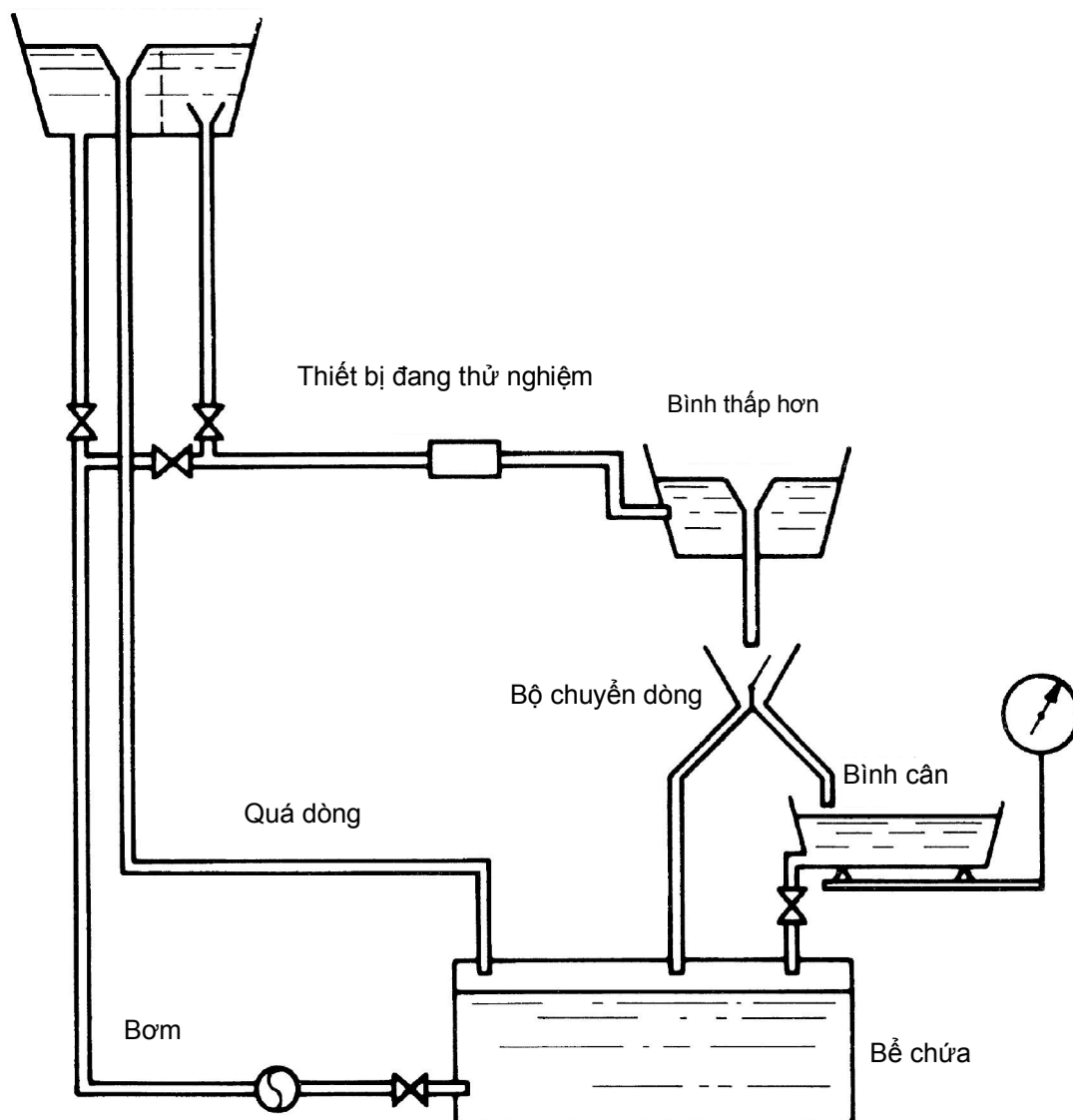
- Chuyển dòng vào bình cân (đến khi nó chứa một lượng đủ để đạt được độ chính xác mong muốn) bằng hoạt động của bộ chuyển dòng, khởi động bộ đếm thời gian để đo thời gian nạp đầy;
  - Xác định khối lượng cuối cùng của bình cân cộng với chất lỏng chứa trong đó;
- Lưu lượng nhận được từ khối lượng thu được, thời gian thu thập và dữ liệu khác được đề cập trong Điều 5 và Phụ lục A.



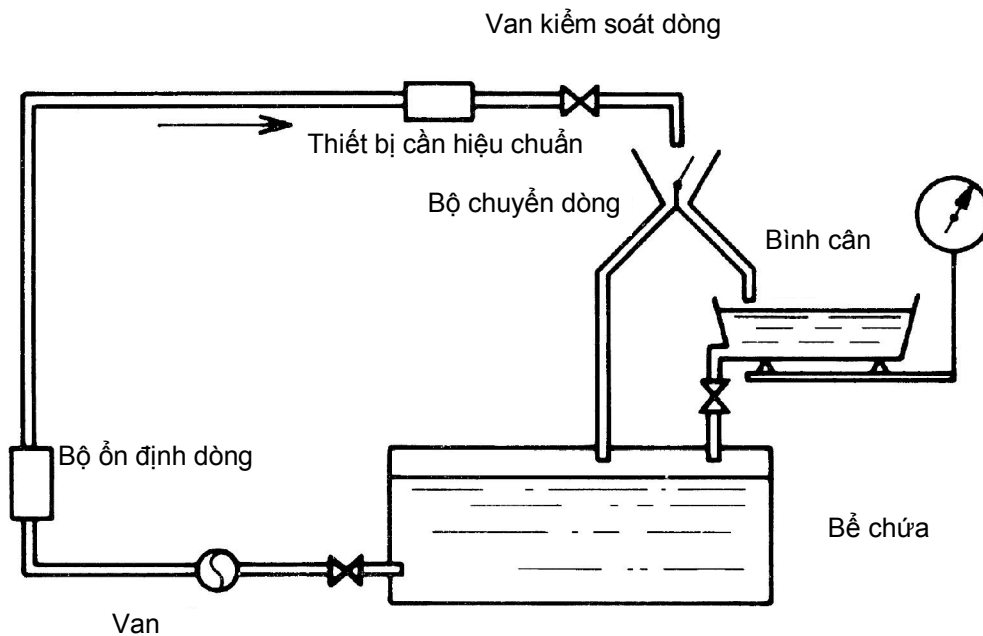
**Hình 1A – Sơ đồ lắp đặt để hiệu chuẩn bằng phương pháp cân (phương pháp tĩnh, nguồn cung cấp bằng bình có mức không đổi)**



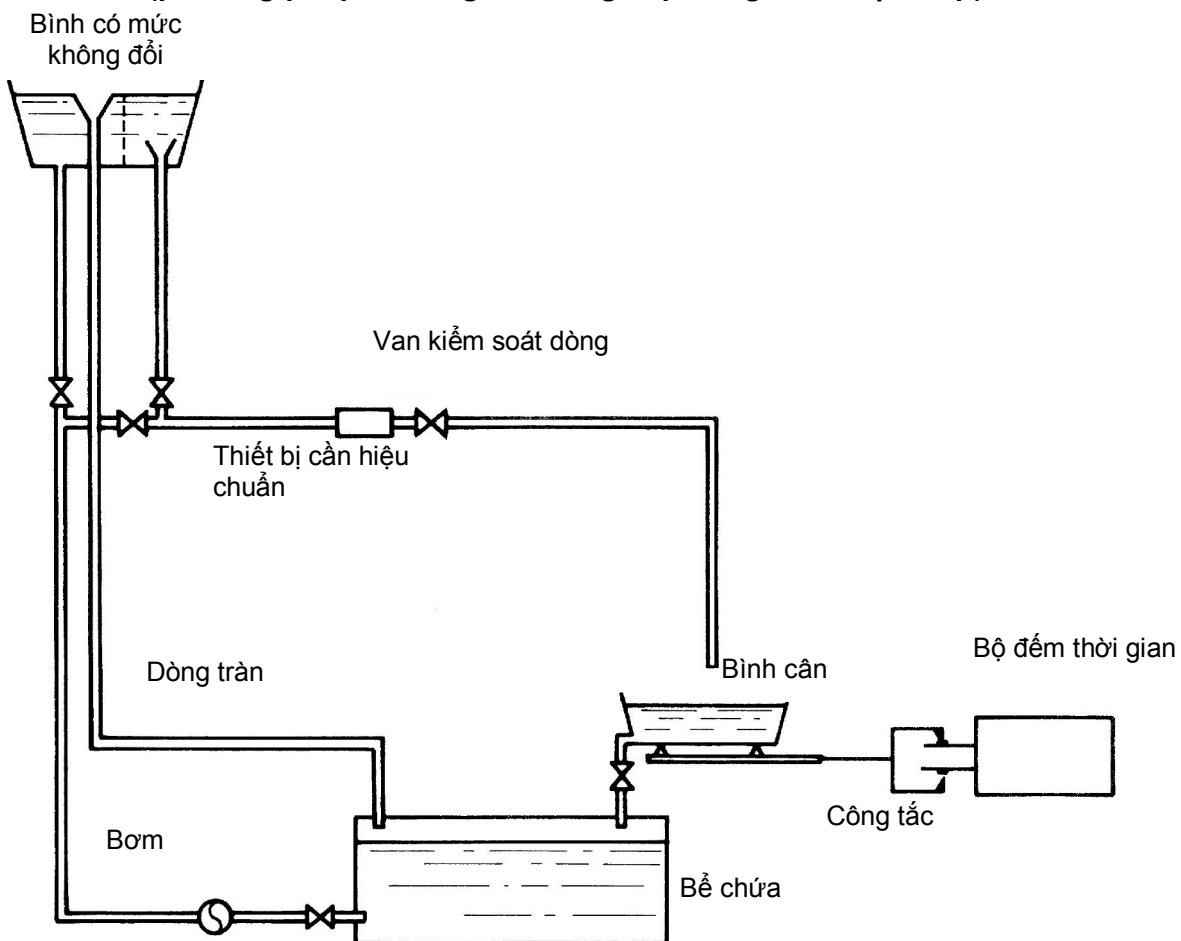
Bình có mức không đổi



**Hình 1B – Sơ đồ lắp đặt để đo lưu lượng bằng phương pháp cân (sử dụng phép thử thủy lực, phương pháp tĩnh, nguồn cung cấp bằng bình có mức không đổi)**



**Hình 1C – Sơ đồ lắp đặt để hiệu chuẩn bằng phương pháp cân (phương pháp tĩnh, nguồn cung cấp bằng bơm trực tiếp)**



**Hình 1D – Sơ đồ lắp đặt để hiệu chuẩn bằng phương pháp cân (phương pháp động, nguồn cung cấp bằng bình có mức không đổi)**

### 2.1.2 Cân động

Nguyên lý của phép đo lưu lượng bằng phương pháp cân động (xem Hình 1D, sơ đồ lắp đặt điển hình) là

- Cho chất lỏng chảy vào bình cân tới khối lượng ban đầu định trước, thì bộ đếm thời gian bắt đầu khởi động;
- Dừng bộ đếm thời gian khi đạt tới khối lượng cuối cùng định trước của chất lỏng thu được;

Lưu lượng nhận được từ khối lượng thu được, thời gian thu thập và dữ liệu khác được đề cập trong Điều 5 và Phụ lục A.

### 2.1.3 So sánh lưu lượng tức thời và lưu lượng trung bình

Cần phải nhấn mạnh rằng phương pháp cân đưa ra giá trị trung bình của lưu lượng để nạp đầy. Giá trị tức thời của lưu lượng thu được ở thiết bị khác hoặc đồng hồ trong **mạch dòng** có thể so sánh với lưu lượng trung bình chỉ khi dòng được duy trì ổn định trong khoảng thời gian đo bằng một hệ thống ổn định dòng, hoặc nếu các giá trị tức thời là trung bình - thời gian thích hợp trong khoảng thời gian nạp đầy.

## 2.2 Độ chính xác của phương pháp

### 2.2.1 Độ không đảm bảo đo toàn phần trong phép cân

Phương pháp cân đưa ra phép đo dòng tuyệt đối, nguyên lý phép đo này chỉ đo khối lượng và thời gian. Với điều kiện là chú ý nêu tại 2.2.2 được thỏa mãn, phương pháp này có thể được xem như một phương pháp có độ chính xác cao nhất trong số các phương pháp đo lưu lượng, vì vậy phương pháp này thường được sử dụng là phương pháp hiệu chuẩn. Khi việc lắp đặt được thực hiện, bảo dưỡng và sử dụng cẩn thận, có thể đạt được độ không đảm bảo đo  $\pm 0,1 \%$  (với giới hạn tin cậy 95 % đối với phần ngẫu nhiên của độ không đảm bảo đo).

### 2.2.2 Yêu cầu để đạt được phép đo chính xác

Đo lưu lượng bằng phương pháp cân chính xác nếu:

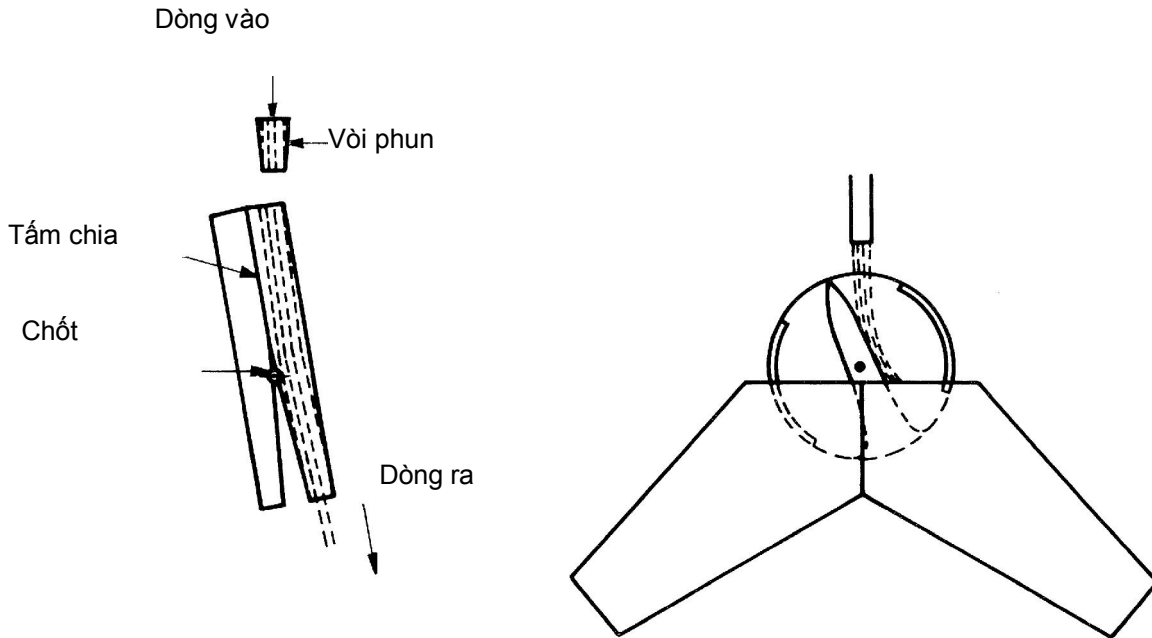
- a) Không có rò rỉ trong hệ thống và không có rò rỉ qua bộ chuyển dòng;
- b) Không có sự tích tụ (hoặc xả hết) chất lỏng trong hệ thống bằng sự co nhiệt (hoặc giãn nở nhiệt) và không có sự tích tụ (hoặc xả hết) bằng cách thay đổi thể tích hơi nước hoặc thể tích khí không biết trong hệ thống;
- c) Thực hiện sự hiệu chỉnh cần thiết đối với ảnh hưởng của lực đẩy không khí; sự hiệu chỉnh này có thể thực hiện khi hiệu chuẩn thiết bị cân;
- d) Thiết bị cân, bộ đếm thời gian và thiết bị khởi động và dừng ngắt đạt độ chính xác cần thiết;
- e) Thời gian chuyển dòng là nhỏ so với thời gian nạp đầy, bộ đếm thời gian được khởi động và ngắt khi bộ chuyển dòng đi qua đường tâm dòng;

f) Trong trường hợp phương pháp cân động hiệu ứng của các hiện tượng động là đủ nhỏ.

### 3 Thiết bị, dụng cụ

#### 3.1 Bộ chuyển dòng

Bộ chuyển dòng là thiết bị chuyển động được sử dụng để định hướng dòng trong trường hợp thông thường hoặc hướng vào bình cân. Bộ chuyển dòng có thể được làm bằng các ống dẫn hoặc máng nước di động, hoặc, tốt nhất là bằng một vách ngăn (đĩa) xoay quanh trục ngang hoặc trục dọc (xem Hình 2).



Hình 2 – Ví dụ về thiết kế bộ chuyển dòng

Sự chuyển động của bộ chuyển dòng phải đủ nhanh (ví dụ, nhỏ hơn 0,1 s) để giảm thiểu sai số có ý nghĩa xuất hiện trong phép đo trong thời gian nạp đầy. Đây là sự hoàn thành bằng bộ chuyển dòng nhanh qua các màn chất lỏng mỏng như hình dạng của các khe vòi phun. Nói chung, các màn chất lỏng có độ dài 15 đến 50 lần chiều rộng theo hướng chuyển động của bộ chuyển dòng. Độ chênh áp suất qua khe vòi phun không được vượt 20 000 Pa để tránh sự bắn tung tóe, lọt khí và dòng xuyên qua bộ chuyển dòng và chảy rối trong bình cân. Sự chuyển động của bộ chuyển dòng có thể được tạo ra bằng các thiết bị điện hoặc cơ khí đa dạng, ví dụ bằng lò xo hoặc thanh cuộn hoặc thiết bị điện hoặc khí nén. Bộ chuyển dòng phải sao cho không ảnh hưởng đến dòng trong hệ thống trong bất kỳ pha nào của quy trình đo.

Tuy nhiên, đối với lưu lượng lớn bao gồm cả dòng cưỡng bức, bộ chuyển dòng với tính năng chậm (ví dụ 1 s đến 2 s) có thể được sử dụng với điều kiện là các thao tác quy định không thay đổi và sự phân bố lưu lượng trong mọi trường hợp có thể kiểm tra xác nhận được.

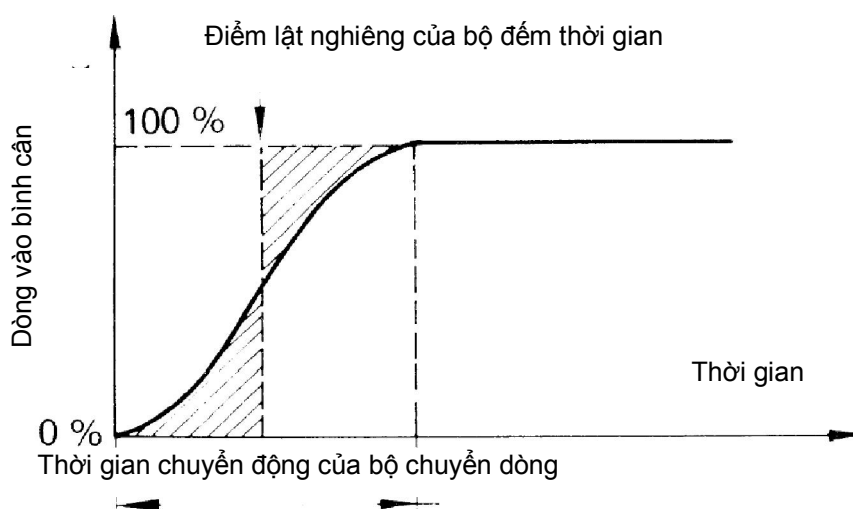
Phải tiến hành cẩn thận khi thiết kế các bộ phận cơ khí của thiết bị và bộ chuyển dòng, tốt nhất là kiểm tra định kỳ trong quá trình hoạt động, không có sự rò rỉ hoặc chảy bắn tung tóe xuất hiện kể cả khi chảy bên ngoài hoặc từ kênh này sang kênh khác trong bộ chuyển dòng.

Bên cạnh dòng lưu chất có dạng là màn chất lỏng mỏng, những dạng khác của dòng chất lỏng được chấp nhận trong ống dẫn bộ chuyển dòng, nếu cần hiệu chỉnh đối với thời gian chuyển dòng áp dụng chỉ dẫn nêu tại Phụ lục A.

### 3.2 Bộ đếm thời gian

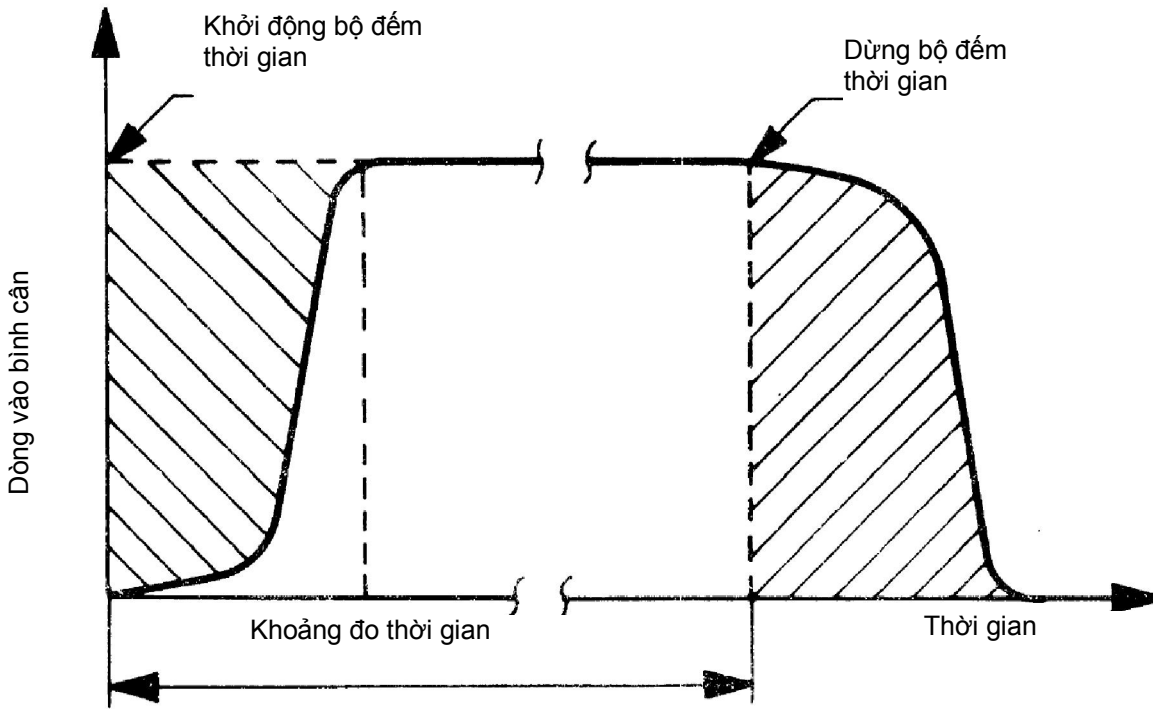
Thời gian xả vào bình cân thường được đo bằng bộ đếm điện tử với chuẩn thời gian chính xác bên trong, ví dụ tinh thể thạch anh. Thời gian chuyển dòng phải đọc đến 0,01s hoặc tốt hơn. Sai số xuất hiện từ nguồn này có thể bỏ qua miễn là sự hiển thị của bộ đếm thời gian được xem xét và nhận thức đúng đắn ở mức cao và các thiết bị được kiểm tra định kỳ theo bộ chuẩn thời gian quốc gia, ví dụ, tín hiệu thường xuyên được truyền từ trạm phát sóng radio nào đó.

Bộ đếm thời gian phải được khởi động bằng hoạt động của bộ chuyển dòng qua công tắc lắp trên bộ chuyển dòng (ví dụ, quang hoặc từ). Thật ra, phép đo thời gian phải được bắt đầu (hoặc dừng lại) tại thời điểm diện tích khoảng gạch chéo trong Hình 3, thể hiện sự biến thiên lưu lượng theo thời gian, bằng nhau. Tuy nhiên, trong thực tế, có thể chấp nhận điểm này tương đương với vị trí dịch chuyển giữa của bộ chuyển dòng trong ống phun lưu chất. Sai số sẽ là không đáng kể nếu thời gian bộ chuyển dòng đi qua ống phun lưu chất là không đáng kể so với khoảng thời gian chuyển dòng vào bình cân.



**Hình 3 – Nguyên lý vận hành của bộ chuyển dòng**

Nếu nguyên lý vận hành của bộ chuyển dòng được nhận biết theo hai hướng (xem Hình 4), bộ đếm thời gian có thể được khởi động và dừng lại ngay tại thời điểm khi chuyển động của bộ chuyển dòng bắt đầu tại mỗi hướng; đây là trường hợp đặc biệt khi nguyên lý lưu lượng - thời gian là tuyến tính.



**Hình 4 – Đo thời gian đối với bộ chuyển dòng có**

**nguyên lý vận hành được nhận biết theo hai hướng**

Tuy nhiên, nếu sai số trong phép đo thời gian nạp đầy phát sinh từ hoạt động của bộ chuyển dòng và hoạt động khởi động và ngừng lại của bộ đếm thời gian là đáng kể, việc hiệu chỉnh phải được thực hiện phù hợp với hướng dẫn tại Phụ lục A.

### 3.3 Bình cân

Bình cân trong quá trình nạp tại mỗi giai đoạn đo phải phù hợp sao cho sai số là không đáng kể. Cách tính theo 3.1 và 3.2, thời gian nạp đầy lưu lượng mong đợi lớn nhất phải đạt được ít nhất trong 30 s. Tuy nhiên, thời gian này có thể giảm miễn là nó phù hợp để xác định trong thực nghiệm, theo quy trình mô tả trong Phụ lục A, nếu đạt được độ chính xác yêu cầu.

Bình cân có thể có nhiều hình dạng khác nhau nhưng tốt nhất là loại kín, và cần thận trọng không để chất lỏng tràn. Thành bên trong hoặc van đổi hướng có thể phải yêu cầu giảm thiểu sự dao động của chất lỏng trong bình cân và nâng cao sự bền vững của cấu trúc.

Bình cân có thể treo hoặc đặt trên bàn cân. Để ngăn ngừa quá tải đột ngột bất lợi cho thiết bị cân, cần khóa chặt bình cân tại một vị trí trong quá trình nạp đầy.

Bình cân có thể được xả bằng các thiết bị khác nhau

- bằng van cổng tại đáy, độ kín khít phải có khả năng được kiểm tra xác nhận (xả tự do, lỗ chuyển hướng, hoặc bộ cảm biến phát hiện rò rỉ);
- hoặc bằng xi phông;
- hoặc bằng bơm tự mồi hoặc bơm chìm.

Lưu lượng xả phải đủ cao để có thể chạy thử nghiệm liên tục trong các khoảng thời gian ngắn.

Trong mọi trường hợp phải kiểm tra cẩn thận để đảm bảo không có kết nối đường ống hoặc các liên kết điện có khả năng truyền tải những ứng suất giữa các bình cân và những phần cố định trong quá trình lắp đặt; liên kết do đó không thể thiếu được tính linh hoạt, và tính linh hoạt được kiểm tra xác nhận trong thời gian hiệu chuẩn thiết bị cân.

### 3.4 Thiết bị cân

Thiết bị cân có thể là bất cứ kiểu nào – cơ khí hoặc đầu đo - miễn là mà nó đảm bảo độ nhạy, độ chính xác và độ tin cậy yêu cầu. Khi áp dụng phương pháp cân cho mục đích đo lường hợp pháp khuyến nghị nên theo OIML Khuyến cáo số 3 và số 28.

Trên toàn phạm vi đo sử dụng quả cân chuẩn. Điều này nên theo OIML Khuyến nghị số 1, số 2, số 20 và số 33.

Thiết bị cân phải được bảo dưỡng thường xuyên và phải được định kỳ kiểm tra việc hiệu chuẩn. Nếu quả cân có sẵn không đủ số lượng hoặc kích thước để bao phủ toàn bộ phạm vi đo, việc hiệu chuẩn phải được thực hiện theo một trong các bước bằng cách thay thế khối lượng của chất lỏng và bằng cách sử dụng quả cân chuẩn để kiểm tra xác nhận các khoảng chính xác.

Cần lưu ý rằng trong quan điểm về sự khác biệt sức đẩy khi hiệu chuẩn thiết bị cân với quả cân và khi cân chất lỏng có khối lượng tương đương, việc hiệu chỉnh số đọc là cần thiết (xem cách tính toán trong 5.1).

### 3.5 Phép đo phụ trợ

Để thu được lưu lượng thể tích từ phép đo khối lượng, điều cần thiết là biết được khối lượng riêng của chất lỏng với độ chính xác yêu cầu tại thời điểm cân.

Nếu chất lỏng cần đo có độ tinh khiết và độ sạch hợp lý, nó được chấp nhận để đo nhiệt độ và khối lượng riêng của nó được lấy từ bảng các đặc tính vật lý (trường hợp là nước xem Phụ lục B). Nhiệt độ có thể được đo bằng nhiệt kế thủy ngân thủy tinh, hoặc, tốt nhất là đầu dò nhiệt hoặc cặp nhiệt điện, được đặt trong hệ thống khi yêu cầu đo lưu lượng thể tích. Đối với trường hợp là nước, cần tính đến sự biến đổi rất nhỏ của khối lượng riêng với nhiệt độ tương tự như nhiệt độ môi trường, độ chính xác là 0,5 °C là đủ để đảm bảo sai số ít hơn  $10^{-4}$  khi đánh giá khối lượng riêng.

Tuy nhiên, nếu nghi ngờ độ tinh khiết của chất lỏng, điều cần thiết là phải đo khối lượng riêng của nó. Một mẫu có thể được thu thập và đo khối lượng riêng của nó, hoặc bằng phương pháp trực tiếp bằng cách cân trong xi lanh chia vạch trên cân phân tích, hoặc bằng phương pháp gián tiếp, ví dụ bằng cách đo lực đẩy thủy tĩnh tác dụng lên một phao hiệu chuẩn (cân bằng thủy tĩnh). Tuy nhiên, dù sử dụng phương pháp nào, nhiệt độ chất lỏng cũng phải được đo khi đo khối

lượng riêng, trong nhiều trường hợp có thể giả định rằng các biến số liên quan của các khối lượng riêng tương ứng với nhiệt độ giống như đối với các chất lỏng tinh khiết.

## **4 Quy trình**

### **4.1 Phương pháp cân tĩnh**

Để loại bỏ ảnh hưởng của chất lỏng dư có khả năng vẫn ở đáy bình hoặc thành bình, một lượng vừa đủ của chất lỏng đầu tiên được xả vào bình (hoặc để lại tại cuối phép xả sau phép đo trước) để đạt được ngưỡng hoạt động của thiết bị cân. Khối lượng ban đầu  $m_0$  này sẽ được ghi lại trong khi bộ chuyển dòng hướng dòng chảy về nguồn, và chờ lưu lượng ổn định. Sau khi lưu lượng ổn định, bộ chuyển dòng chuyển trực tiếp chất lỏng vào bình cân, hoạt động này tự động khởi động bộ đếm thời gian. Sau khi thu được một lượng thích hợp chất lỏng, bộ chuyển dòng được vận hành theo hướng ngược lại để chuyển chất lỏng về nguồn, bộ tính thời gian tự động ngắt bộ đếm thời gian và do đó khoảng thời gian nạp đầy  $t$  được xác định. Khi dao động trong bình đã giảm xuống, khối lượng cuối cùng  $m_1$  của bình cân được ghi lại. Sau đó bình cân sẽ được xả.

### **4.2 Phương pháp cân động**

Sau khi dòng chảy đã đạt được ổn định, van xả của bình cân được đóng lại; khối lượng của chất lỏng trong bình tăng, lực cản gây ra do khối lượng đối trọng  $M_1$  trên phần cuối của đòn cân, sau đó tăng lên và bắt đầu khởi động bộ đếm thời gian. Khối lượng bổ sung  $\Delta m$  được thêm vào đĩa của đòn cân để kéo đòn bàn. Khi đòn cân tăng một lần nữa, nó dừng bộ đếm thời gian, và thời gian nạp đầy  $t$  được ghi lại. Khối lượng  $\Delta m$  được dùng là  $(m_1 - m_0)$  trong việc tính toán lưu lượng tiếp theo.

Có một số các phương pháp đo khác, ví dụ: tự động đọc của chỉ thị thiết bị cân.

### **4.3 Điều khoản chung**

Cần tiến hành ít nhất hai phép đo đối với mỗi loạt phép đo lưu lượng nếu phân tích tiếp theo độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên được tiến hành.

Các đại lượng đa dạng khác đo được có thể được đo bằng tay hoặc được truyền bởi một hệ thống thu thập dữ liệu tự động được ghi ở dạng số trên máy in hoặc nhập trực tiếp vào máy tính.

## **5 Tính toán lưu lượng**

### **5.1 Tính lưu lượng khối lượng**

Lưu lượng khối lượng trung bình trong thời gian nạp đầy thu được bằng cách chia khối lượng thực  $m$  của chất lỏng thu thập được cho thời gian nạp đầy  $t$ :



$$q_m = \frac{m}{t} = \frac{m_1 - m_0}{t} \times \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_p}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho}}$$

Nếu cần,  $t$  được hiệu chỉnh phù hợp với một trong các quy trình mô tả tại Phụ lục A để tính sai số thời gian phân dòng hoặc sai số thời gian cân động. Số hạng cuối cùng trong công thức này là số hạng hiệu chỉnh để tính sự khác nhau trong sức đẩy đưa vào sử dụng bằng không khí trong khối lượng chất lỏng và khối lượng tương đương của quả cân, ví dụ, của sắt đúc, sử dụng khi hiệu chuẩn thiết bị cân.

CHÚ THÍCH : Khi xem độ lớn của các đại lượng liên quan, công thức sau có thể được viết với độ xấp xỉ thỏa đáng

$$q_m = \frac{m_1 - m_0}{t} (1 + \varepsilon)$$

Trong đó

$$\varepsilon = \rho_a \left( \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_p} \right)$$

Trong trường hợp khi chất lỏng là nước, đủ để tính toán hệ số hiệu chỉnh  $\varepsilon$  từ giá trị xấp xỉ trung bình

$$\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_a = 1,21 \text{ kg/m}^3 \text{ (tại } 20 \text{ }^\circ\text{C và } 1 \text{ bar)}$$

$$\rho_p = 8\,000 \text{ kg/m}^3 \text{ (giá trị trung bình quy ước theo OIML Khuyến nghị số 33)}$$

Sau đây:  $\varepsilon = 1,06 \times 10^{-3}$  và  $q_m = 1,00106 \frac{m_1 - m_0}{t}$

## 5.2 Tính lưu lượng thể tích

Lưu lượng thể tích được tính từ lưu lượng khối lượng như tính toán trong 5.1, và từ khối lượng riêng của chất lỏng tại nhiệt độ vận hành, như số đọc từ bảng số liệu chuẩn – ví dụ, nêu tại Phụ lục B đối với nước trong dải nhiệt độ ngoài trời (trong trường hợp đặc biệt, cần thiết đo khối lượng riêng trực tiếp).

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} = \frac{m_1 - m_0}{\rho t} (1 + \varepsilon)$$

## 6 Tính độ không đảm bảo toàn phần của phép đo lưu lượng

Việc tính độ không đảm bảo trong phép đo lưu lượng phải được tiến hành phù hợp với TCVN 8114 (ISO 5168), tuy nhiên để thuận tiện quy trình chính được thực hiện như dưới đây khi áp dụng phép đo lưu lượng bằng phương pháp cân.

**6.1 Thể hiện kết quả**

Công thức (3) của Phụ lục C cần được ưu tiên đánh giá tách biệt đối với độ không đảm bảo do thành phần ngẫu nhiên và hệ thống của sai số gây ra. Việc chỉ ra đóng góp vào độ không đảm bảo của phép đo lưu lượng từ hai nguồn này tương ứng bằng  $(e_R)_{95}$  và  $e_s$  khi biểu thị bằng số hạng tuyệt đối, và bằng  $(E_R)_{95}$  và  $E_s$  khi biểu thị theo phần trăm, thì phép đo lưu lượng phải được trình bày theo một trong hai dạng sau:

a) Lưu lượng =  $q$

$$(e_R)_{95} = \pm \delta q_1 ; \quad e_s = \pm \delta q_2$$

Tính độ không đảm bảo đo theo TCVN 8114 (ISO 5168).

b) Lưu lượng =  $q$

$$(E_R)_{95} = \pm \delta q_3 \% ; \quad E_s = \pm \delta q_4 \%$$

Tính độ không đảm bảo đo theo TCVN 8114 (ISO 5168).

Một cách khác, dù ít thuận tiện hơn, là phương pháp kết hợp các độ không đảm bảo đo xuất hiện từ sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống theo phương pháp căn bậc hai của tổng bình phương. Tuy nhiên, cần đánh giá Công thức 3 đối với các thành phần ngẫu nhiên từ các giá trị  $(e_R)_{95}$  hoặc  $(E_R)_{95}$ . Trong trường hợp này, phép đo lưu lượng phải được trình bày theo một trong hai dạng sau:

c) Lưu lượng =  $q \pm \delta q$

$$(e_R)_{95} = \pm \delta q_1$$

Tính độ không đảm bảo đo theo TCVN 8114 (ISO 5168).

d) Lưu lượng =  $q (1 \pm 10^{-2} \delta q')$

$$(E_R)_{95} = \pm \delta q_3 \%$$

Tính độ không đảm bảo đo theo TCVN 8114 (ISO 5168).

**6.2 Nguồn sai số**

Dưới đây chỉ xem xét các nguồn chính của sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống, giá trị bằng số của sai số được đề cập đến như là ví dụ.

Nguồn sai số ngẫu nhiên và nguồn sai số hệ thống được xem xét riêng rẽ, nhưng phải chú ý rằng chỉ phép xác định lưu lượng riêng biệt mới được xem xét. Cũng cần lưu ý rằng mục đích của phép đo là xem xét phép xác định lưu lượng trung bình trong khoảng thời gian phân dòng. Như vậy, ảnh hưởng của sự không ổn định trong dòng không cần phải xem xét miễn là nó không ảnh hưởng quá mạnh đến hoạt động của hệ thống phân dòng.

## 6.2.1 Sai số hệ thống

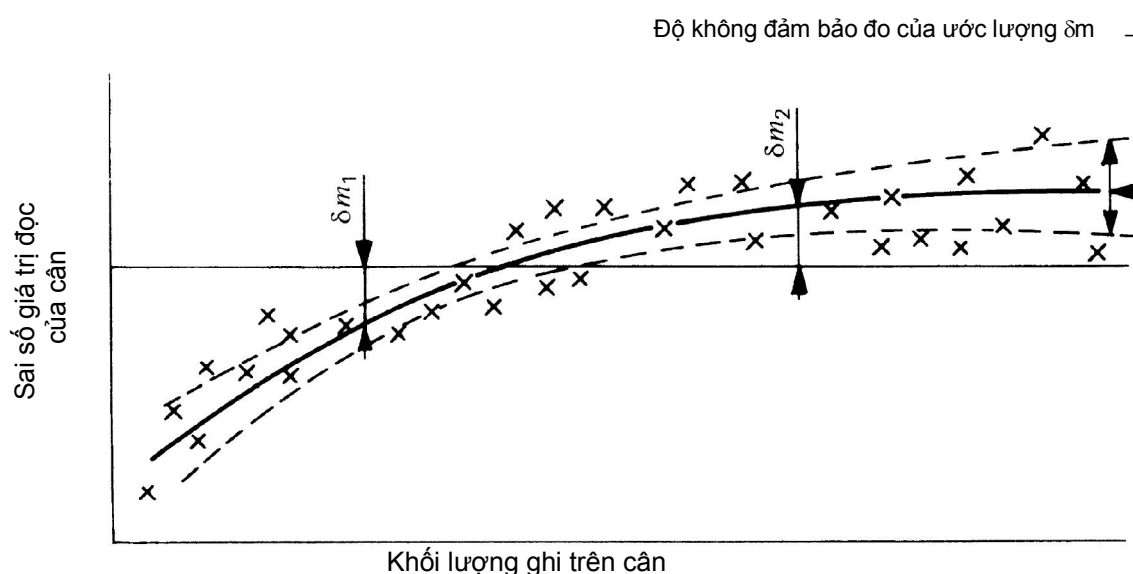
### 6.2.1.1 Sai số do thiết bị cân

Sai số hệ thống gắn với việc sử dụng thiết bị cân có thể phát sinh từ, ví dụ trong trường hợp cân đòn.

a) vị trí khắc vạch của cân đòn;

b) ước lượng  $\varepsilon$ .

Mỗi vị trí khắc vạch của cân đòn sẽ có sai số với độ lớn lý tưởng là phải nhỏ hơn độ phân giải của thiết bị cân. Tuy vậy trong nhiều trường hợp, điều kiện lý tưởng này không đạt được, và việc hiệu chuẩn thiết bị cân sẽ tạo ra một phân bố sai số như trình bày trong Hình 5.



**Hình 5 – Ví dụ về phân bố sai số trong hiệu chuẩn cân**

Trong trường hợp chung, đường cong phù hợp nhất qua những điểm riêng lẻ có thể được biểu thị qua đa thức sau

$$\delta m = a_0 + a_1 m + a_2 m^2 + \dots + a_n m^n$$

Khuyến nghị chọn đa thức có bậc thấp nhất cho dữ liệu.

Sai số hệ thống phép xác định khối lượng trong bình cân,  $\delta(\Delta m)$ , được tính bằng

$$\delta(\Delta m) = \delta m_2 - \delta m_1$$

Để xác định giá trị của sai số hệ thống này, cần sử dụng đường cong hiệu chuẩn có dạng nêu tại Hình 5, nhưng thậm chí sau khi hiệu chỉnh các khối lượng khác nhau bằng những lượng thích hợp vẫn sẽ có độ không đảm bảo dư  $(e_s)_b$  bằng với độ không đảm bảo trong phép xác định

$\delta(\Delta m)$ , được đưa vào phép đo lưu lượng. Đây là độ không đảm bảo của phép xác định đường cong tốt nhất qua các điểm hiệu chuẩn riêng biệt.

Giá trị cho phép lớn nhất của  $(E_s)_b$  phải là  $\pm 0,05 \%$  của khối lượng ghi trên cân. Đối với giá trị tuyệt đối của độ không đảm bảo trong phép xác định  $\Delta(\delta m)$ , cần đặt giới hạn thấp hơn đối với khối lượng nước thu được trong quá trình phân dòng để đảm bảo độ không đảm bảo gắn với sai số hệ thống này luôn nhỏ hơn  $\pm 0,05 \%$ .

Việc hiệu chỉnh sức đẩy,  $\varepsilon$ , được xác định từ  $\rho$ ,  $\rho_a$  và  $\rho_b$  đã biết. Sẽ có sai số hệ thống xuất hiện từ những giá trị được sử dụng, đặc biệt nêu các giá trị tiêu chuẩn khuyến nghị trong 5.1 nhưng có độ lớn của các đại lượng có liên quan đến mức mà sai số này có thể bỏ qua vì nó có ảnh hưởng nhỏ hơn  $\pm 0,01 \%$  trong phép đo lưu lượng.

#### **6.2.1.2 Sai số do thiết bị đo thời gian**

Mọi sai số của phép hiệu chuẩn thiết bị đo thời gian sẽ dẫn đến một sai số hệ thống trong thời gian được đo cho việc phân dòng, nhưng với các thiết bị hiện đại sai số này sẽ không đáng kể (nhỏ hơn 1 ms).

Điều quan trọng là cần nhận thức đúng đắn về thiết bị đo thời gian một cách đầy đủ. Thiết bị với hiển thị số sẽ cung cấp các số đọc với sai số đến một chữ số cuối cùng, dấu của sai số phụ thuộc vào việc số được thêm vào tại cuối hoặc đầu của khoảng thời gian tương ứng. Để sai số này có thể bỏ qua, độ phân giải của mọi thiết bị đo thời gian được sử dụng cần được thiết lập nhỏ hơn 0,01 % thời gian phân dòng.

#### **6.2.1.3 Sai số do hệ thống phân dòng**

Với điều kiện hoặc là việc hiệu chỉnh được thực hiện đối với sai số thời gian như mô tả ở Phụ lục A hoặc là sự kích hoạt của hệ thống đo thời gian được hiệu chỉnh sao cho sai số thời gian là “không”, độ không đảm bảo được tạo thành cho phép đo lưu lượng từ nguồn này sẽ bằng độ không đảm bảo của phép đo có sai số đo thời gian.

Độ không đảm bảo đo  $(e_s)_p$  có thể tính được từ công thức trong Phụ lục A, Điều A.1, bằng cách sử dụng nguyên tắc chung trong Công thức 3 của Phụ lục C, hoặc từ độ không đảm bảo của độ dốc đường thẳng trong đồ thị (biểu đồ) Phụ lục A (Hình 7) khi phương pháp luân phiên 2 được sử dụng.

Giá trị  $(E_s)_p$  phải nhỏ hơn 0,05 %.

#### **6.2.1.4 Sai số do phép đo khối lượng riêng**

Khi tính lưu lượng thể tích, sẽ có một sai số hệ thống gắn với giá trị được sử dụng cho khối lượng riêng của chất lỏng, sai số này phát sinh từ

a) phép đo nhiệt độ chất lỏng khi lắp đặt;

b) việc sử dụng tỷ trọng kế hoặc bảng khối lượng riêng.

Như chú thích trong 3.5, sai số phép đo khối lượng riêng của nước tại nhiệt độ ngoài trời sẽ có nghĩa miễn là nhiệt độ được đo trong khoảng  $\pm 0,5$  °C. Độ chính xác này có thể dễ dàng đạt được bằng nhiệt kế thông thường, nhưng điều quan trọng là phải đảm bảo dòng chất lỏng chảy vào bình cân tại nhiệt độ không đổi sao cho nhiệt độ của chất lỏng gần với nhiệt kế đại diện cho chất lỏng trong bình cân trong toàn bộ thời gian đo.

Khi sử dụng bảng khối lượng riêng, không có sai số đáng kể phải được trình bày, nhưng nếu khối lượng riêng của chất lỏng được đo trực tiếp, việc đánh giá phương pháp đã sử dụng phải được tiến hành đúng cách để xác định độ không đảm bảo  $(e_s)_d$  của kết quả. Giá trị  $(e_s)_d$  là giá trị được dùng để tính toán độ không đảm bảo của phép đo lưu lượng thể tích.

Khi đo lưu lượng thể tích và khối lượng riêng chất lỏng được đo trực tiếp thì phải đảm bảo sao cho giá trị  $(e_s)_d$  nhỏ hơn 0,05 %

## 6.2.2 Sai số ngẫu nhiên

### 6.2.2.1 Sai số do thiết bị cân

Từ đồ thị nêu ra trong Hình 5, độ lệch chuẩn của phân bố các điểm của đường cong tốt nhất phải được tính toán và giới hạn tin cậy 95 % của phân bố được xác định bằng cách sử dụng bảng t-Student (xem Phụ lục D). Giá trị này của giới hạn tin cậy cần nhân với  $\sqrt{2}$  (vì việc xác định khối lượng chất lỏng thu được trong quá trình phân dòng nhận được từ sự khác nhau giữa hai lần cân) và kết quả,  $(e_R)_b$ , là độ không đảm bảo đo sai số ngẫu nhiên trong thiết bị cân gây ra.

Độ không đảm bảo do sai số ngẫu nhiên trong thiết bị cân gây ra  $(E_R)_b$ , phải nhỏ hơn  $\pm 0,1$  %; khối lượng chất lỏng nhỏ nhất đã cân được chọn theo tiêu chí này.

### 6.2.2.2 Sai số do hệ thống phân dòng

Độ lặp lại mà với nó khoảng thời gian phân dòng được đo phụ thuộc vào độ lặp lại của chuyển động của bộ chuyển dòng khởi động thiết bị đo thời gian và vào độ chính xác mà vị trí khởi động được thiết lập. Đối với mọi sự lắp đặt xác định, độ lặp lại này có thể xác định thực nghiệm bằng cách đặt lưu lượng đến giá trị ổn định và sau đó thực hiện một loạt, thường là, 10 chuyển dòng trong một thời gian cố định để cung cấp một dòng 10 ước lượng lưu lượng.

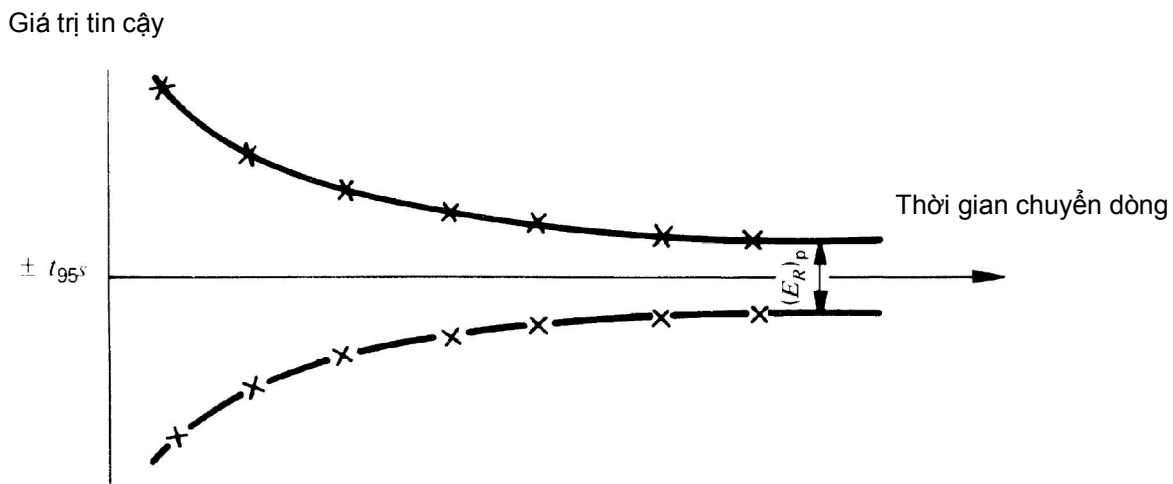
Đây là độ lặp lại trong một số khoảng thời gian chuyển dòng khác nhau và, từ độ lệch chuẩn  $s$  của từng dãy đo, giới hạn tin cậy 95 %, tức là  $\pm t_{95S}$  (xem Phụ lục D) có thể được đánh giá. Vì vậy một đồ thị có dạng trình bày tại Hình 6 có thể được xây dựng cho một hệ thống chuyển dòng được thiết kế tốt. Cần lưu ý rằng tốc độ dòng chảy phải được vận hành đều đặn hoặc, tốt hơn, chuẩn hóa hơn, ví dụ, bằng cách sử dụng đồng hồ lưu lượng chuẩn trong mạch đo, trong mỗi tập hợp các phép đo. Cao hơn một số chu kỳ chuyển dòng nhỏ nhất, giới hạn tin cậy 95 % sẽ là hằng

số tương đối, và giá trị thu được phải được sử dụng như là độ không đảm bảo,  $(E_R)_p$ , trong phép đo lưu lượng do ảnh hưởng ngẫu nhiên trong hệ thống chuyển dòng gây ra.

Cần lưu ý rằng  $(E_R)_p$  bao gồm cả sự phân tán gây ra từ số đọc thang đo của thiết bị cân.

Điều quan trọng là  $(E_R)_p$  được ước lượng tại một vài lưu lượng trên khoảng đo của hệ thống vì giá trị của nó có thể phụ thuộc lưu lượng.

Độ không đảm bảo đo do sai số ngẫu nhiên gây ra từ nguồn này,  $(E_R)_p$ , phải nhỏ hơn 0,1 %. Những giới hạn này sẽ yêu cầu sử dụng một số chu kỳ chuyển dòng nhỏ nhất phải xác định đối với một lớp đặt xác định từ sự hiểu biết về giá trị tuyệt đối của các độ không đảm đo này.



Hình 6 – Biểu đồ điển hình sử dụng trong đánh giá của  $(E_R)_p$  hệ thống phân dòng

### 6.3 Tính toán độ không đảm bảo trong phép đo lưu lượng

#### 6.3.1 Quy định chung

Độ không đảm bảo gắn với phép đo lưu lượng thu được bằng cách kết hợp độ không đảm bảo xuất hiện từ các nguồn mô tả trong 6.2. Mặc dù sai số “hệ thống” đã được phân biệt với sai số “ngẫu nhiên”, phân bố xác suất của các giá trị có thể có của từng thành phần hệ thống về cơ bản phân bố Gauss, và, theo TCVN 8114:2009 (ISO 5168:2005), việc kết hợp tất cả các độ không đảm bảo đo do đó có thể thực hiện theo phương pháp căn bậc hai của tổng bình phương.

Dù tất cả các độ không đảm bảo đo cần được xem xét, chỉ có các nguồn được đề cập tại 6.2 cần phải phân tích nếu phép đo được thực hiện theo tiêu chuẩn này vì các nguồn sai số khác một đóng góp không đáng kể sẽ tạo ra độ không đảm bảo tổng thể.

Thêm vào đó, độ không đảm bảo đo hệ thống tương đối tại phép đo lưu lượng thể tích được tính từ

$$E_s = \pm 100 \sqrt{\left[ \frac{(e_s)_b}{m} \right]^2 + \left[ \frac{(e_s)_p}{t} \right]^2 + \left[ \frac{(e_s)_d}{\rho} \right]^2 + \left[ \frac{(e_s)_\varepsilon}{m} \right]^2 + \left( \frac{(e_s)_t}{t} \right)^2} \%$$

Độ không đảm bảo đo  $(e_s)_\varepsilon$  và  $(e_s)_t$  có thể bỏ qua.

Độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên tương đối tại mức tin cậy 95 % được tính từ

$$(E_R)_{95} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{(e_R)_b}{m}\right]^2 + \left[\frac{(e_R)_p}{t}\right]^2 + \left[\frac{(e_R)_d}{\rho}\right]^2} \%$$

Độ không đảm bảo đo  $(e_s)_\varepsilon$  và  $(e_s)_t$  có thể bỏ qua.

### 6.3.2 Ví dụ tính toán

Ví dụ nêu ở đây là trường hợp một thước thép Anh được chứng nhận khối lượng 20 000 kg nước thu nhận được trong khoảng thời gian đo là 40,00 s, và khi lưu lượng thể tích của nước đáp ứng yêu cầu. Giá trị khối lượng riêng thu được bằng cách đo nhiệt độ của nước trong bình cân bằng nhiệt kế thủy ngân và sử dụng bình tỷ trọng để đo mẫu nước là 1 000,34 kg/m<sup>3</sup>.

Ví dụ chỉ xem xét các nguồn sai số liệt kê tại 6.2 và sử dụng giá trị độ không đảm bảo đo cho các nguồn sai số nào là của một thiết bị đo dòng có độ chính xác cao điển hình. Tuy nhiên, cần nhấn mạnh một trong trường hợp cụ thể việc tính toán phải được tiến hành một cách tách biệt vì các nguồn sai số khác nhau có thể tồn tại và giá trị độ không đảm bảo đo tương ứng với các nguồn sai số đã cho có thể khác nhau.

#### 6.3.2.1 Sai số hệ thống

Giả định rằng quy trình đề cập tại 6.2 được tiến hành theo thứ tự để cung cấp các giá trị của độ không đảm bảo đo hệ thống được sử dụng dưới đây.

Độ không đảm bảo đo hệ thống gây ra do thiết bị cân xuất hiện trong ví dụ này, từ vị trí gắn và sự hiệu chỉnh sức đẩy; các thành phần này được ghi nhận tương ứng bằng  $(e_s)_b$  và  $(e_s)_\varepsilon$ , điển hình có giá trị  $\pm 0,05\%$  và  $\pm 0,005\%$  tương ứng với giá trị  $\pm 10$  kg và  $\pm 1$  kg trong ví dụ này.

Độ không đảm bảo đo hệ thống do thiết bị thời gian  $(e_s)_t$ , điển hình là nhỏ hơn 0,001 s và giá trị này sẽ được sử dụng cho ví dụ này.

Độ không đảm bảo đo hệ thống do hệ thống phân dòng  $(e_s)_p$ , điển hình là  $\pm 0,025$  s.

Độ không đảm bảo đo hệ thống trong phép đo khối lượng riêng  $(e_s)_d$  điển hình là  $\pm 0,01\%$ , tương ứng với  $\pm 0,1$  kg/m<sup>3</sup> trong trường hợp này.

#### 6.3.2.2 Sai số ngẫu nhiên

Giới hạn tin cậy của đường cong như nêu ở Hình 5 điển hình là  $\pm 0,05\%$ , và độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên  $(e_R)_b$  theo sự khác nhau giữa hai phép cân là  $\pm 0,07\%$ . Như vậy độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên do thiết bị cân tương ứng với độ không đảm bảo đo  $\pm 14$  kg trong ví dụ này.

Độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên do hệ thống phân dòng  $(e_R)_p$  điển hình là  $\pm 0,01$  s.

Độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên trong đánh giá khối lượng riêng  $(e_s)_d$  điển hình là  $\pm 0,01$  %, tương ứng với  $\pm 0,1$  kg/m<sup>3</sup> trong trường hợp này.

### 6.3.2.3 Tính toán độ không đảm bảo của phép đo lưu lượng

Độ không đảm bảo đo hệ thống tương đối,  $E_s$ , trong phép đo lưu lượng được tính từ

$$E_s = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{(e_s)_b}{m}\right]^2 + \left[\frac{(e_s)_\varepsilon}{m}\right]^2 + \left[\frac{(e_s)_t}{t}\right]^2 + \left[\frac{(e_s)_p}{t}\right]^2 + \left[\frac{(e_s)_d}{\rho}\right]^2} \%$$

Do đó

$$\begin{aligned} E_s &= \pm 100 \sqrt{\left(\frac{10}{20000}\right)^2 + \left(\frac{1}{20000}\right)^2 + \left(\frac{0,001}{40}\right)^2 + \left(\frac{0,025}{40}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{1000,34}\right)^2} \% \\ &= \pm 100 \sqrt{0,654 \times 10^{-6}} \% \\ &= \pm 0,08\% \end{aligned}$$

Độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên tương đối,  $(E_R)_{95}$ , trong phép đo lưu lượng được tính từ

$$(E_R)_{95} = \pm 100 \sqrt{\left[\frac{(e_R)_b}{m}\right]^2 + \left[\frac{(e_R)_p}{t}\right]^2 + \left[\frac{(e_R)_d}{\rho}\right]^2} \%$$

Do đó

$$\begin{aligned} (E_R)_{95} &= \pm 100 \sqrt{\left(\frac{14}{20000}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{40}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{1000,34}\right)^2} \% \\ &= \pm 100 \sqrt{0,562 \times 10^{-6}} \% \\ &= \pm 0,075 \% \end{aligned}$$

Như vậy kết quả phép đo lưu lượng có thể trình bày như sau

$$\text{Lưu lượng} = 1,00106 \frac{m_1 - m_0}{\rho t} = 0,5004 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$(E_R)_{95} = \pm 0,075 \%$$

$$E_s = \pm 0,08 \%$$

Tính độ không đảm bảo đo theo TCVN 8114 (ISO 5168).

Lưu ý rằng một vài độ không đảm bảo đo được chỉ ra có thể bỏ qua, nhưng chúng vẫn được nêu để minh họa cho phương pháp tính toán.



## Phụ lục A

(Quy định)

### Hiệu chỉnh phép đo thời gian nạp đầy

Kinh nghiệm đã cho thấy rằng, đối với hệ thống thiết kế tốt, các sai số xuất hiện trong khi tắt mở bộ chuyển mạch của bộ đếm thời gian đối với một chu kỳ khởi động – dừng của bộ chuyển dòng có thể tương ứng với giá trị 0 ms đến 25 ms. Các sai số này phụ thuộc vào lưu lượng, tốc độ chuyển dòng tại mỗi đầu chuyển hướng qua dòng chất lỏng, và vị trí chính xác của bộ đếm thời gian tương ứng với dòng chất lỏng từ khe của vòi phun. Không được xem các sai số này là không đáng kể mà cần đánh giá chúng qua các kiểm tra thực nghiệm, bằng các phương pháp sau đây.

#### A.1 Phương pháp cân tĩnh

##### A.1.1 Phương pháp 1

Khi ổn định dòng được thiết lập tại van tiết lưu thì một phép thử tiêu chuẩn được tiến hành để xác định lưu lượng, sau đó một loạt lần giặt dòng (25 lần giặt) được lật vào bình cân mà không đưa bộ đếm thời gian và cân về “không”; Lưu lượng được xác định từ khối lượng tổng và thời gian tổng để hoàn thành việc xác định lưu lượng. Tiến hành phép thử tiêu chuẩn thứ hai tại dòng ổn định và hai phép xác định tiêu chuẩn được lấy trung bình. Kết quả nhận được được so sánh với xác định lưu lượng tổng.

Nếu tổng khối lượng của  $n$  lần giặt bằng với giá trị của lần chạy tiêu chuẩn, có thể chỉ ra sai số thời gian trung bình của sai số  $\Delta t$  do điều khiển thời gian cho một vòng bằng với

$$\Delta t = \frac{t}{n-1} \left\{ \frac{q}{q'} x \frac{\sum_{i=1}^n \Delta m_i / \sum_{i=1}^n t_i}{(m_1 - m_0)/t} - 1 \right\}$$

Trong đó

$(m_1 - m_0)/t$  là lưu lượng xác định được bằng quy trình tiêu chuẩn;

$\sum_{i=1}^n \Delta m_i / \sum_{i=1}^n t_i$  là lưu lượng xác định từ khối lượng tổng và thời gian tổng đối với  $n$  lần giặt

$q$  và  $q'$  là lưu lượng trong lần chạy tiêu chuẩn và trong  $n$  lần giặt tương ứng. Được đo bằng đồng hồ trên hệ thống. Số hạng hiệu chỉnh  $q/q'$  mô tả sự biến đổi của lưu lượng nếu có giữa 2 lần chạy.

Sau khi quy trình này lặp lại cho một dải rộng các lưu lượng, nó sẽ có thể, áp dụng cho mọi phép đo khác, hiệu chỉnh thời gian nạp đầy đo được bằng giá trị  $\Delta t$  đã được xác định.

### A.1.2 Phương pháp 2

Phương pháp khác sau đây để cài đặt bộ kích hoạt thời gian chuyển dòng cũng có thể áp dụng. Đầu tiên cài đặt cơ cấu tiết lưu của hệ thống tại lưu lượng gần với lưu lượng lớn nhất có thể của hệ thống với một lưu lượng kế có chất lượng tốt trong hệ thống. Hệ thống chạy ở điều kiện này trong vài giờ, trong đó có nhiều phép đo lưu lượng được thực hiện bằng cách sử dụng các thời gian chuyển dòng khác nhau. "Bình thường" thời gian đề nghị là 0,2; 0,1 và 0,05 của "bình thường". Tại 0,05 của "bình thường" (hoặc dài), yêu cầu số phép thử lớn nhất, số phép thử thấp nhất thực hiện tại thời gian chuyển dòng "bình thường". Trong mỗi lần thử số đọc trung bình trên lưu lượng kế phải được thực hiện một cách chính xác nhất có thể.

Các kết quả thu được cần đưa vào công thức sau đây, trong đó  $\Delta t$  là sai số thời gian yêu cầu của hệ thống chuyển dòng:

$$\Delta t \left( \frac{1}{t_{qi}} - \frac{1}{t_{qn}} \right) = \frac{(q_i - q_n) - (\overline{q_{it}} - \overline{q_{nt}})}{q_n}$$

Trong đó

$t_{qi}$  là thời gian chuyển dòng của một phép đo ngắn cụ thể ;

$t_{qn}$  là thời gian chuyển dòng của một phép đo dài "bình thường" xảy ra gần nhất với thời gian một ngày đêm trong chuẩn thử nghiệm;

$q_i$  là lưu lượng tính toán của thời gian chuyển dòng cụ thể  $t_{qi}$ ;

$q_n$  là lưu lượng tính toán của thời gian chuyển dòng "bình thường":  $t_{qn}$  xảy ra gần nhất với thời gian một ngày đêm trong chuẩn thử nghiệm;

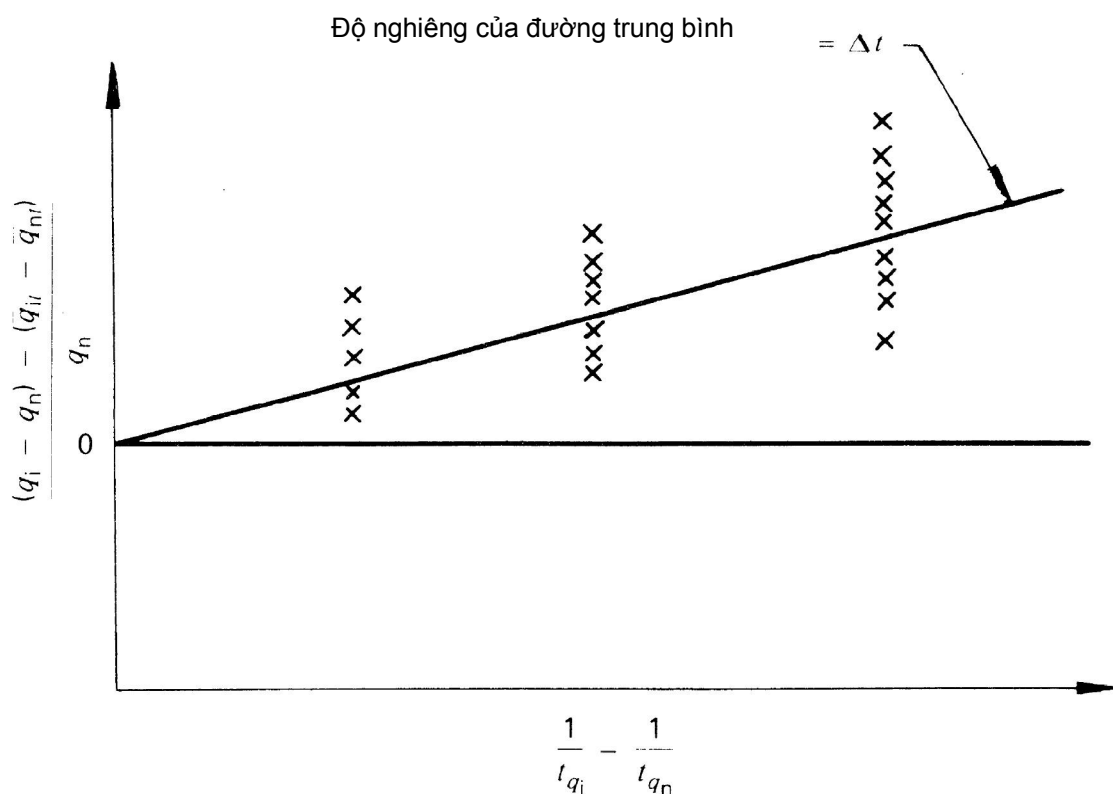
$\overline{q_{it}}$  là số đọc trung bình của lưu lượng kế trong thời gian  $t_{qi}$ ;

$\overline{q_{nt}}$  là số đọc trung bình của lưu lượng kế trong thời gian  $t_{qn}$ .

Giá trị thu được ở vế bên phải của công thức được vẽ thành đồ thị theo  $(1/t_{qi} - 1/t_{qn})$  như nêu ở Hình 7. Các điểm phải xác định một đường thẳng đi qua điểm gốc, và độ nghiêng của nó bằng  $\Delta t$ .

Nếu thu được giá trị có nghĩa của  $\Delta t$ , bộ kích hoạt thời gian chuyển dòng phải được hiệu chỉnh đến giá trị sai số nhỏ nhất như được chỉ ra bằng thử nghiệm lặp lại.

Quy trình phải được lặp lại tại một vài điểm lưu lượng thấp hơn để kiểm tra giá trị  $\Delta t$  thu được có phụ thuộc vào lưu lượng hay không. Nếu giá trị  $\Delta t$  thu được thay đổi đáng kể, cần cải tiến hoạt động của hệ thống chuyển dòng hoặc áp dụng thời gian hiệu chỉnh  $\Delta t$  trong thời gian chuyển dòng.



Hình 7 – Biểu đồ kết quả của bộ kích hoạt chuyển dòng nêu ở A.1.2

## A.2 Phương pháp cân động

Quy trình này liên quan đến sự chuyển động của tay đòn cân và chỉ áp dụng cho hai khởi động bắt đầu và kết thúc của bộ đếm thời gian.

Bốn hiện tượng động quan trọng được tính đến trong chu trình cân động là:

- Thay đổi lực tác động của chất lỏng chảy xuống giữa thời điểm bắt đầu và thời điểm kết thúc khi cân;
- Lượng chất lỏng bổ sung thu được từ cột chảy xuống bằng mức chất lỏng tăng lên trong bình cân;
- Lực do sóng trong bình cân;
- Thay đổi quán tính của thiết bị cân và chất lỏng trong bình cân, với thay đổi có được do thời gian cần để đưa nhanh đòn cân tới điểm kích hoạt bộ đếm thời gian.

Nói chung, việc giảm lực tác động là bằng và ngược chiều với trọng lượng thêm vào của chất lỏng thu được, và do đó hai ảnh hưởng này triệt tiêu nhau.

## TCVN 8440:2010

Dao động của chất lỏng trong bình cân có thể có ảnh hưởng nghiêm trọng đến độ chính xác của phương pháp. Thiết bị quy định tại 3.3 có thể làm giảm, nhưng không loại trừ hoàn toàn, hiện tượng không mong muốn này, mà luôn luôn rõ rệt ở mức lưu lượng cao hơn.

Thay đổi trong quán tính giữa điểm cân đầu và điểm cân cuối có thể ảnh hưởng đến lưu lượng được chỉ thị lên đến 0,5 % nếu sai số  $\Delta t$  trong thời gian đo  $t$  không được tính đến. Sai số này xấp xỉ

$$\frac{\Delta t}{t} = \left[ \frac{6L\alpha}{g} \right]^{1/3} \left[ \frac{\Delta m}{t} \right]^{2/3} \frac{(M_1 + \Delta m)^{1/3} - M_1^{1/3}}{\Delta m}$$

Trong đó

$L\alpha$  là khoảng cách dịch chuyển của đầu cuối đòn cân có chiều dài  $L$  lệch đi một góc  $\alpha$  từ điểm ban đầu

$M_1$  thông thường bao gồm khối lượng của bình cân và chất lỏng ban đầu nêu trên và có thể các khối lượng khác phụ thuộc vào thiết bị cân được sử dụng

Thời gian thu thập được hiệu chỉnh trong trường hợp này là  $(t - \Delta t)$ .

Sai số  $\Delta t$  có thể được giảm trong các ứng dụng cân thông thường bằng cách giới hạn góc lệch  $\alpha$ . Ngoài ra, các thí nghiệm cân tĩnh có thể được so sánh với những kỹ thuật động để xác định  $\Delta t$ ; kết quả sau đó có thể được sử dụng để thử nghiệm các công thức trên để áp dụng và để đánh giá các hằng số trong đó. Trên các hệ thống cân động nhỏ hơn, ảnh hưởng của quán tính có thể được loại bỏ bằng cách sử dụng một kỹ thuật cân thay thế.

**Phụ lục B**  
(Tham khảo)

**Khối lượng riêng của nước tinh khiết**

<b>Nhiệt độ</b> °C	<b>Khối lượng riêng</b> kg/m <sup>3</sup>
0	999,84
2	999,94
4	999,97
6	999,94
8	999,85
10	999,70
12	999,50
14	999,24
16	998,94
18	998,60
20	998,20
22	997,77
24	997,30
26	996,78
28	996,23
30	995,65
32	995,03
34	994,37

**Phụ lục C**  
(Tham khảo)

**Thuật ngữ và quy trình sử dụng trong phép phân tích sai số**

**C.1 Định nghĩa sai số**

Sai số trong ước lượng của một đại lượng là sự khác nhau giữa ước lượng đó và giá trị thực của đại lượng.

Không có phép đo đại lượng vật lý nào là không có độ không đảm bảo đo xuất hiện từ sai số hệ thống hoặc từ sự phân tán ngẫu nhiên của kết quả đo. Sai số hệ thống không thể giảm thiểu bằng cách lặp lại các phép đo vì chúng xuất hiện từ những đặc tính của thiết bị đo, của sự lắp đặt và đặc tính dòng. Tuy nhiên, có thể giảm thiểu sai số ngẫu nhiên bằng cách lặp lại phép đo, vì sai số ngẫu nhiên của giá trị trung bình của  $n$  phép đo độc lập nhỏ hơn  $\sqrt{n}$  lần sai số ngẫu nhiên của một phép đo độc lập.

**C.2 Định nghĩa độ không đảm bảo đo**

Phạm vi mà giá trị thực của đại lượng đo có thể hy vọng nằm trong đó với xác suất phù hợp cao gọi là độ không đảm bảo của phép đo. Trong tiêu chuẩn này, xác suất được sử dụng phải là mức 95 %.

**C.3 Định nghĩa độ lệch chuẩn <sup>1)</sup>**

Nếu biến  $X$  được đo trong một số lần, mỗi phép đo trở nên độc lập với các phép đo khác, thì sau đó độ lệch chuẩn  $s_X$  của phân bố  $n$  phép đo  $X_i$  là:

$$s_X = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad \dots \text{(C.1)}$$

Trong đó

$\bar{X}$  là giá trị trung bình số học của  $n$  phép đo của biến  $X$ ;

$X_i$  là giá trị thu được bằng phép đo thứ  $i$  của biến  $X$ ;

$n$  là tổng các phép đo của  $X$ .

Tóm lại,  $s_X$  thường được quy chiếu tới độ lệch chuẩn của  $X$ .

<sup>1)</sup> Thuật ngữ độ lệch chuẩn được đề cập chính xác hơn khi gọi theo thuật ngữ thống kê là “độ lệch chuẩn ước lượng”.

## C.4 Đánh giá độ không đảm bảo đo

### C.4.1 Sai số ngẫu nhiên

Nếu biết độ lệch chuẩn thực,  $\sigma_X$ , thì khoảng  $\pm 1,96 \sigma_X$  có thể hy vọng phải 95 % tổng thể nghĩa là sẽ có xác suất 0,05 của khoảng  $\bar{X} \pm 1,96\sigma_X$  không chứa giá trị thực của  $X$ , và  $\pm 1,96\sigma_X$  là độ không đảm bảo của phép đo.

Tuy nhiên, trong thực tế, chỉ có thể nhận được một ước lượng của độ lệch chuẩn vì phải có vô số các phép đo để xác định nó chính xác qua các giới hạn tin cậy phải dựa vào ước lượng này. “Phân bố  $t$ ” cho các mẫu nhỏ cần được sử dụng để xác định độ không đảm bảo đo ở mức tin cậy 95 %, như mô tả trong Phụ lục D.

### C.4.2 Sai số hệ thống

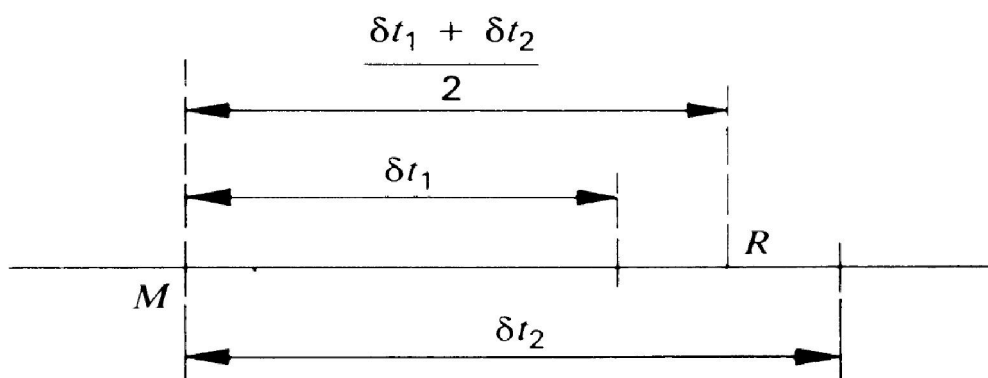
Quy trình được tiếp tục tới độ không đảm bảo đo gắn với sai số hệ thống phụ thuộc vào các thông tin sẵn có của chính các sai số này.

a) Nếu sai số là đơn nhất, giá trị đã biết phải được cộng vào (hoặc trừ đi từ) kết quả đo, và độ không đảm bảo trong phép đo do nguồn này sau đó được lấy là “không”.

b) Khi dấu sai số đã biết nhưng độ lớn của nó đã được ước lượng chủ quan thì sai số ước lượng trung bình cần được thêm vào kết quả đo (theo các quy tắc về dấu) và độ không đảm bảo cần được lấy bằng một phần hai của dải mà sai số được ước lượng nằm trong đó. Điều này được minh họa trong Hình 8, ở đó các giá trị đo được ký hiệu là  $M$  và sai số hệ thống ước lượng nằm giữa  $\delta t_1$  và  $\delta t_2$  (cho ra sai số ước lượng trung bình của  $1/2(\delta t_1 + \delta t_2)$ ). Kết quả sử dụng,  $R$ , được cho bằng

$$R = M + \frac{\delta t_1 + \delta t_2}{2}$$

Với độ không đảm bảo đo là  $\pm \frac{\delta t_1 - \delta t_2}{2}$

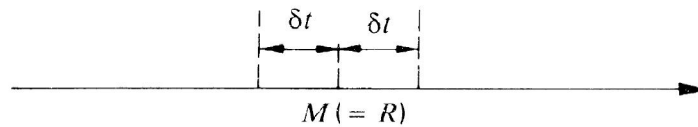


Hình 8 – Minh họa sự hiệu chỉnh cho phép đo với sai số ước lượng trung bình

Đặt các sai số ước lượng trung bình bằng với trung bình của các giá trị ước lượng lớn nhất và nhỏ nhất ngụ ý giả thiết là sai số hệ thống được coi là bất đối xứng.

c) Khi độ lớn của độ không đảm bảo đo hệ thống có thể được đánh giá bằng thực nghiệm, độ không đảm bảo đo phải được tính như mô tả trong C.4.1 đối với sai số ngẫu nhiên, với giá trị đo được điều chỉnh như mô tả ở trên. Như vậy tình huống sẽ phát sinh, ví dụ, thiết bị cân được hiệu chuẩn và hiệu chỉnh. Mọi số đọc được cho sẽ có sai số hệ thống, nhưng các số đọc riêng rẽ sẽ phân bố một cách ngẫu nhiên xung quanh các giá trị thực; trong việc áp dụng độ không đảm bảo đo toàn cầu đối với kết quả của thiết bị cân, độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên này có thể được dùng để thiết lập giới hạn về giá trị đo được.

d) Khi dấu của sai số là không biết và độ lớn của nó được đánh giá theo chủ quan, thì sai số ước lượng trung bình là bằng không và độ không đảm bảo đo ngược lại cần được lấy như là một phần hai của phạm vi được ước lượng của sai số. Điều này được minh họa trong Hình 9, trong đó lưu ý như trên. Trong trường hợp này,  $[\delta t_1] = [\delta t_2]$  sao cho độ không đảm bảo đo là  $\pm \delta t$ .



Hình 9 – Độ không đảm bảo đo =  $\pm \delta t$

### C.5 Truyền sai số

Nếu các biến độc lập khác nhau là  $X_1; X_2; \dots; X_k$ , mà sự hiểu biết về nó cho phép tính toán lưu lượng, thì lưu lượng  $q$  có thể được biểu diễn như là một hàm của các biến này :

$$q = f(X_1, X_2, \dots, X_k) \tag{C.2}$$

Nếu độ không đảm bảo đo kết hợp với biến  $X_1; X_2; \dots; X_k$  là  $e_1; e_2; \dots; e_k$  thì độ không đảm bảo đo  $e_q$  của lưu lượng được xác định như sau :

$$e_q = \left[ \left( \frac{\partial q}{\partial X_1} e_1 \right)^2 + \left( \frac{\partial q}{\partial X_2} e_2 \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial q}{\partial X_k} e_k \right)^2 \right]^{1/2} \tag{C.3}$$

Trong đó  $\left[ \left( \frac{\partial q}{\partial X_1} \right); \left( \frac{\partial q}{\partial X_2} \right); \dots; \left( \frac{\partial q}{\partial X_k} \right) \right]$  là các đạo hàm riêng phần [xem TCVN 8114 (ISO 5168)]

Độ không đảm bảo đo tương đối,  $E_q$ , được cho bằng

$$E_q = 100 \frac{e_q}{q} \%$$



**Phụ lục D**  
(Tham khảo)

**Phân bố *t*-Student**

Độ không đảm bảo đo ở mức tin cậy 95 % có thể được xác định theo các cách sau:

- 1) Nếu  $n$  là số lần đo,  $n - 1$  được lấy là số bậc tự do,  $\nu$ ;
- 2) Nhận được giá trị của  $t$  cho số thích hợp của bậc tự do,  $n - 1$ , từ bảng;
- 3) Tính toán độ lệch chuẩn,  $s_X$ , của phân bố các phép đo đại lượng  $X$ ;
- 4) Phạm vi của các giá trị mà trong đó bất kỳ số đọc nào được dự kiến với mức tin cậy 95% sẽ là  $X \pm ts_X$ ;
- 5) Phạm vi của các giá trị mà trong đó giá trị trung bình thực được dự kiến với mức tin cậy 95% sẽ là  $\bar{X} \pm ts_X / \sqrt{n}$

**Bảng – Các giá trị *t*-Student**

Số bậc tự do $\nu = n - 1$	Mức tin <b>cậy 95%</b> $t$
1	12,706
2	4,302
3	3,182
4	2,776
5	2,571
6	2,447
7	2,365
10	2,228
15	2,131
20	2,086
30	2,042
60	2,000
$\infty$	1,960