

Đ**L****V****N** 288 : 2016

**ÁP KẾ CHUẨN KIỂU CHỈ THỊ SỐ VÀ TƯƠNG TỰ
QUY TRÌNH HIỆU CHUẨN**

*Standard pressure gauges with digital or analogue indication
Calibration procedure*

HÀ NỘI - 2016

Lời nói đầu:

ĐLVN 288 : 2016 thay thế ĐLVN 54 : 2009.

ĐLVN 288 : 2016 do Ban kỹ thuật đo lường TC 10 “Phương tiện đo áp suất, lực và các đại lượng liên quan” biên soạn, Viện Đo lường Việt Nam đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng ban hành.

Áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số và tương tự Quy trình hiệu chuẩn

Standard pressure gauges with digital or analogue indication Calibration procedure

1 Phạm vi áp dụng

Văn bản kỹ thuật này quy định quy trình hiệu chuẩn áp kế kiểu chỉ thị số và tương tự có phạm vi đo đến 500 MPa, độ chính xác nhỏ hơn 1 % dùng để kiểm định áp kế, huyết áp kế.

2 Giải thích từ ngữ

Các từ ngữ trong văn bản này được hiểu như sau:

2.1 Áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số là chuẩn sử dụng để đo áp suất có màn hiển thị hoặc đầu ra có dạng tín hiệu số kết nối với các dụng cụ chỉ thị khác bên ngoài (VD: máy tính, màn hình điều khiển...).

2.2 Áp kế chuẩn kiểu chỉ thị tương tự là chuẩn sử dụng để đo áp suất có số chỉ là hàm liên tục của giá trị tương ứng của đại lượng đo hoặc tín hiệu đầu vào.

2.3 Môi trường truyền áp suất: Môi chất sử dụng trong hệ thống tạo áp suất.

2.4 Điểm mốc cơ sở (Reference level): Điểm do nhà sản xuất quy ước để xác định vị trí mốc áp suất trên thiết bị.

2.5 UUT (Unit Under Test): Áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số và tương tự cần hiệu chuẩn.

2.6 ĐKĐBĐ: Độ không đảm bảo đo.

3 Các phép hiệu chuẩn

Phải lần lượt tiến hành các phép hiệu chuẩn ghi trong bảng 1.

Bảng 1

TT	Tên phép hiệu chuẩn	Theo điều mục của quy trình
1	Kiểm tra bên ngoài	7.1
2	Kiểm tra kỹ thuật	7.2
3	Kiểm tra đo lường	7.3

ĐLVN 288 : 2016

4 Phương tiện hiệu chuẩn

Các phương tiện dùng để hiệu chuẩn được nêu trong bảng 2.

Bảng 2

TT	Tên phương tiện dùng để hiệu chuẩn	Đặc trưng kỹ thuật đo lường cơ bản	Áp dụng cho điều mục của quy trình
1	Chuẩn đo lường (lựa chọn một trong các chuẩn sau)		
1.1	Áp kế chuẩn kiểu pittông	- Trường hợp UUT có độ chính xác $\leq 0,02\%$ thì ĐKĐBĐ của giá trị áp suất chuẩn $< 1/3$ sai số cho phép của UUT.	6.1; 7.3
1.2	Áp kế chuẩn kiểu chất lỏng	- Trường hợp UUT có độ chính xác $> 0,02\%$ thì ĐKĐBĐ của giá trị áp suất chuẩn $< 1/4$ sai số cho phép của UUT.	6.1; 7.3
1.3	Áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số	ĐKĐBĐ của giá trị áp suất $< 1/4$ sai số cho phép của UUT.	6.1; 7.3
1.4	Áp kế chuẩn kiểu chỉ thị tương tự		6.1; 7.3
2	Phương tiện đo khác		
2.1	Phương tiện đo chân không	- Phạm vi đo < 30 Pa abs. - Độ chính xác: 5% .	6.2; 7.3
2.2	Nhiệt kế	- Phạm vi đo: $(18 \div 28)^\circ\text{C}$. - Sai số cho phép: $\pm 0,2^\circ\text{C}$.	5; 7.3
2.3	Ẩm kế	- Phạm vi đo: $(20 \div 90)\% \text{RH}$. - Sai số cho phép: $\pm 10\% \text{RH}$.	5; 7.3
2.4	Phương tiện đo áp suất khí quyển	- Phạm vi đo: $(950 \div 1050)$ hPa abs. - Sai số cho phép: $\pm 0,3$ hPa.	6.2; 7.3
2.5	Thước đo	- Phạm vi đo $(0 \div 350)$ mm. - Sai số cho phép: ± 1 mm.	6.1; 7.3
2.6	Ni vô	Sai số cho phép: $\pm 2'$.	6.1; 7.3
2.7	Đồng hồ bấm giây	Sai số cho phép: $\pm 0,1$ s.	7.3
2.8	Nhiệt kế đo nhiệt độ của pittông/xylanh của áp kế pittông chuẩn	- Giới hạn đo trên đến 35°C . - Sai số cho phép: $\pm 0,2^\circ\text{C}$.	7.3
3	Phương tiện phụ		
3.1	Ống dẫn và đầu nối phù hợp	Chịu được áp suất lớn hơn giới hạn đo trên của UUT.	6.1

TT	Tên phương tiện dùng để hiệu chuẩn	Đặc trưng kỹ thuật đo lường cơ bản	Áp dụng cho điều mục của quy trình
3.2	Hệ thống tạo áp suất	- Tạo áp suất lớn hơn giới hạn đo trên của UUT. - Phải kín, tăng hoặc giảm áp suất một cách đều đặn. Độ giảm áp của hệ thống tạo áp ở giới hạn đo trên không vượt quá 5 % trong thời gian 5 phút, sau khi đã chịu tải ở giới hạn đo trên 15 phút.	6.2
3.3	Bơm hút chân không	- Tạo áp suất lớn hơn giới hạn đo dưới của UUT. - Phải kín, tăng hoặc giảm áp suất một cách đều đặn. Độ tăng áp suất của hệ thống ở giới hạn đo dưới không vượt quá 5 % trong thời gian 5 phút, sau khi đã chịu tải ở giới hạn đo dưới 15 phút.	6.2
3.4	Bơm tạo áp suất tuyệt đối	Tạo được áp suất nhỏ hơn 20 Pa abs.	6.2
3.5	Nguồn điện	Nguồn AC, DC phù hợp với điện áp làm việc và công suất của UUT.	7.3
3.6	Van điều áp	Có chức năng điều chỉnh áp suất tối thiểu bằng giới hạn đo của UUT.	6.2
3.7	Bình phân ly	Kín và chịu được áp suất lớn hơn giới hạn đo trên của UUT.	6.2

5 Điều kiện hiệu chuẩn

Khi tiến hành hiệu chuẩn phải đảm bảo các điều kiện sau đây:

- Nhiệt độ hiệu chuẩn (18 ÷ 28) °C, nhiệt độ không được thay đổi quá 2 °C/h;
- Độ ẩm ≤ 80 % RH;
- Phòng hiệu chuẩn phải thoáng khí, không có bụi, các chất ăn mòn, không bị đốt nóng từ một phía và không có rung động;
- Kiểm soát cửa ra vào và các thao tác chuyển động, giữ cho áp suất không khí ổn định và không tạo ra các luồng không khí gây ảnh hưởng tới kết quả đo;
- Không để ánh sáng mặt trời chiếu trực tiếp vào UUT.

6 Chuẩn bị hiệu chuẩn

Trước khi tiến hành hiệu chuẩn phải thực hiện các công việc chuẩn bị sau đây:

6.1 Yêu cầu chung

- Có thể sử dụng chuẩn là các áp kế đo áp suất tương đối kết hợp với thiết bị đo áp suất khí quyển để hiệu chuẩn các UUT đo áp suất tuyệt đối, trong trường hợp này phải tính thêm thành phần ĐKĐBĐ của thiết bị đo áp suất khí quyển gây ra.
- Trường hợp sử dụng chuẩn là áp kế chuẩn kiểu pittông để hiệu chuẩn các UUT đo áp suất tuyệt đối thì phải dùng thiết bị đo chân không (mục 2.1 bảng 2).
- Bơm tạo áp suất tuyệt đối được sử dụng cùng với thiết bị đo chân không để tạo môi trường áp suất tuyệt đối.
- Trường hợp sử dụng chuẩn là áp kế chuẩn kiểu pittông để hiệu chuẩn các UUT có độ chính xác $\leq 0,02\%$ thì phải dùng thiết bị đo áp suất khí quyển (mục 2.4 bảng 2) để xác định ảnh hưởng của sức đẩy không khí và nhiệt kế để đo nhiệt độ pittông/xy lanh của chuẩn (mục 2.8 bảng 2), sử dụng biên bản hiệu chuẩn theo mẫu phụ lục 2.
- Chuẩn phải có giới hạn đo, chức năng đo phù hợp với UUT và phải được liên kết chuẩn đo lường quốc gia.
- Bơm hút chân không được sử dụng khi hiệu chuẩn các UUT là áp kế đo áp suất chân không hoặc áp suất tuyệt đối.
- UUT cần được hiệu chuẩn theo toàn bộ chu trình (bao gồm cả số lượng điểm đo, số lượng loạt đo, các điểm đo phân bố tương đối đều phủ phạm vi đo).
- Đặt chuẩn đo lường và UUT ở cùng một điều kiện môi trường ít nhất 6 giờ trước khi tiến hành hiệu chuẩn.
- Kiểm tra tình trạng sẵn sàng hoạt động của chuẩn, các phương tiện đo sử dụng với chuẩn và các phương tiện phụ đáp ứng theo yêu cầu trong bảng 2 (tham khảo tài liệu hướng dẫn vận hành của nhà sản xuất hoặc quy định/hướng dẫn sử dụng).
- Tham khảo quy định của nhà sản xuất về cách thức ghép nối và yêu cầu khởi động UUT (nếu có).

6.2 Yêu cầu lắp đặt

- Làm sạch đầu nối của UUT.
- Lắp UUT theo phương làm việc quy định, độ lệch cho phép khi lắp đặt là $5'$ (đối với các UUT là áp kế chuẩn kiểu chất lỏng độ lệch cho phép là $1'$).
- Khi lắp UUT và chuẩn vào vị trí làm việc chú ý lắp ráp sao cho cùng nằm trên một độ cao.

Chú ý: Nếu có chênh lệch chiều cao cột chất lỏng thì phải tính bù áp suất theo công thức: $P = \rho gh$ (1)

Với: P: áp suất do chênh lệch chiều cao cột chất lỏng gây ra (Pa);

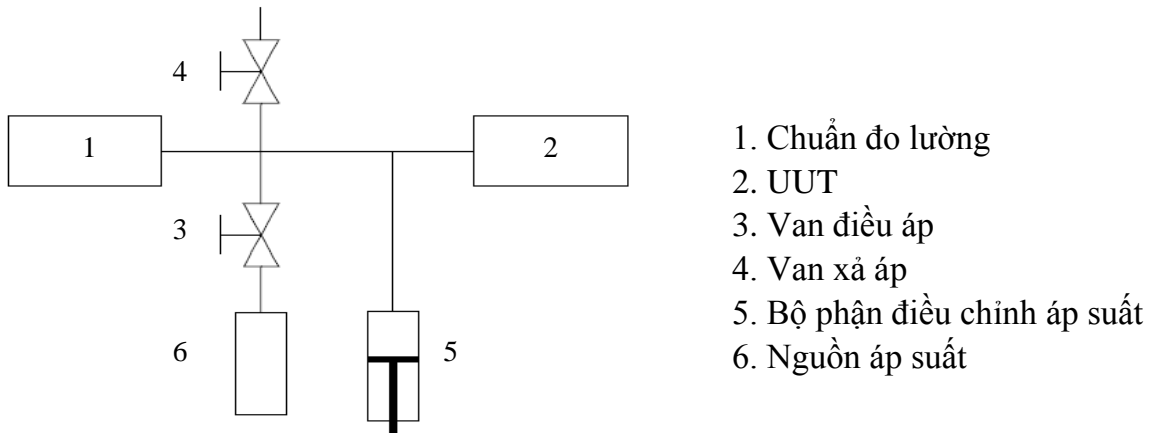
ρ : khối lượng riêng của môi trường truyền áp suất (kg/m^3);

g: giá trị gia tốc tại nơi hiệu chuẩn (m/s^2);

h: chênh lệch chiều cao giữa hai điểm mốc cơ sở của UUT và chuẩn (m).

6.3 Sơ đồ lắp đặt

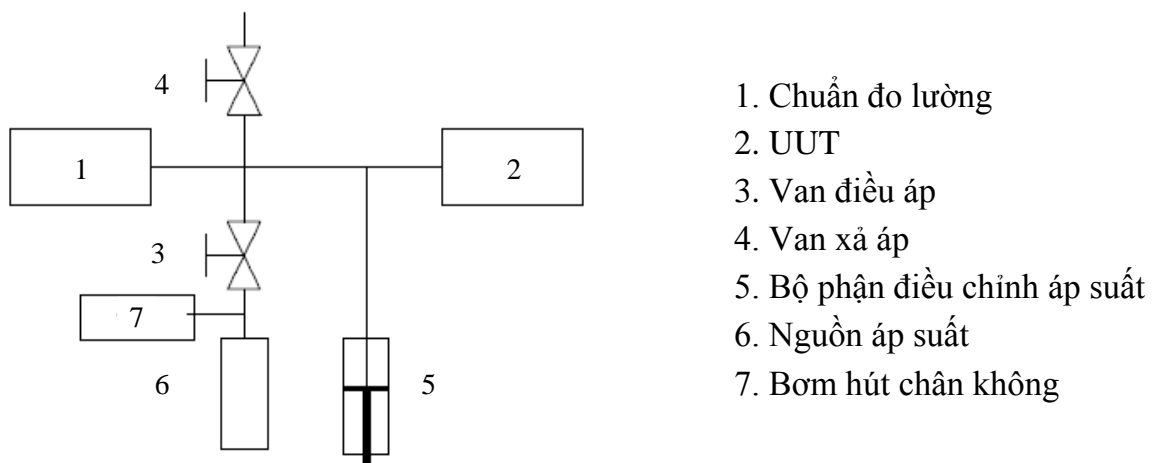
6.3.1 Đối với trường hợp đo áp suất dư, môi trường truyền áp suất là khí, sơ đồ lắp đặt như hình 1:



Hình 1. Sơ đồ lắp đặt đối với trường hợp đo áp suất dư, môi trường truyền áp suất là khí

- Nguồn khí được sử dụng phải sạch và khô.
- Hệ thống van điều áp phù hợp với phạm vi đo của UUT (nếu có).
- Sử dụng van điều áp để tạo áp suất đến gần áp suất cần đo, sau đó sử dụng bộ phận điều chỉnh để tinh chỉnh áp suất.

6.3.2 Đối với trường hợp đo áp suất tuyệt đối, môi trường truyền áp suất là khí, sơ đồ lắp đặt như hình 2:



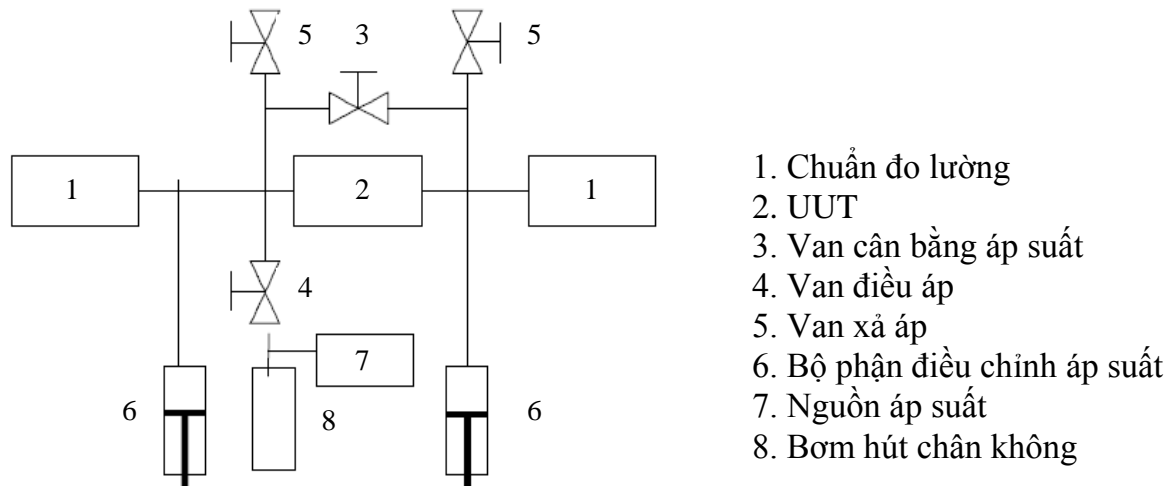
Hình 2. Sơ đồ lắp đặt đối với trường hợp đo áp suất tuyệt đối, môi trường truyền áp suất là khí

- Có thể sử dụng bộ lọc khí và van cách ly trong hệ thống.
- Trong trường hợp giá trị áp suất tuyệt đối cần đo gấp 10 lần so với giá trị áp suất khí quyển, cho phép sử dụng kết hợp chuẩn đo lường đo áp suất dư và thiết bị đo áp

ĐLVN 288 : 2016

suất khí quyển để tham chiếu. Khi đó giá trị của áp suất tuyệt đối đo được bằng tổng của giá trị áp suất dư và giá trị áp suất khí quyển.

6.3.3 Đối với trường hợp đo áp suất chênh áp, môi trường truyền áp suất là khí, sơ đồ lắp đặt như hình 3:



Hình 3. Sơ đồ lắp đặt đối với trường hợp đo áp suất chênh áp, môi trường truyền áp suất là khí

- Sử dụng van điều áp và bộ phận điều chỉnh để tạo áp suất đến giá trị áp suất nền. Trong thời gian đó các van cân bằng áp suất phải được mở.
- Đóng van cân bằng áp suất. Áp suất chênh áp cần đo được tạo bằng một bộ phận điều chỉnh áp suất.
- Có thể sử dụng hai chuẩn đo lường đo áp suất dư hoặc các loại chuẩn đo lường đo áp suất chênh áp để tiến hành hiệu chuẩn.
- Sử dụng một bơm hút chân không lắp đặt phía trước van điều áp để tạo các điểm áp suất nền nhỏ hơn áp suất khí quyển.

6.3.4 Đối với môi trường truyền áp suất là chất lỏng.

- Cách thức lắp đặt về cơ bản giống như đối với trường hợp môi trường truyền áp suất là khí (như trong các hình 1, 2, 3).
- Các van điều áp được thay thế bằng van xả và kết nối với bình chất lỏng
- Các nguồn tạo áp suất khí được thay thế bởi các thiết bị tạo áp sử dụng môi trường truyền là chất lỏng (theo khuyến cáo của nhà sản xuất).
- Có thể sử dụng bình phân ly khí môi trường truyền áp suất của chuẩn đo lường và PT khác nhau.
- Làm sạch các chất lỏng khác trong UUT và loại bỏ các bọt khí ra khỏi hệ thống tạo áp.

7 Tiến hành hiệu chuẩn

7.1 Kiểm tra bên ngoài

Phải kiểm tra bên ngoài theo các yêu cầu sau đây:

- UUT phải ở tình trạng hoạt động bình thường, có đầy đủ chi tiết, không bị ăn mòn, rạn nứt, han gỉ, ren đầu nổi và các chi tiết khác không bị hỏng.
- Mặt kính hoặc màn hình chỉ thị không có vết nứt, bọt, bẩn, mốc và không có các khuyết tật khác cản trở việc đọc số chỉ.
- Trên UUT cần có các thông tin sau đây:
 - + Phạm vi đo áp suất;
 - + Phạm vi đo của tín hiệu điện đầu ra;
 - + Số sản xuất;
 - + Độ chính xác;
 - + Môi trường truyền áp suất;
 - + Điện áp làm việc.

Chú ý:

- Trường hợp trên UUT không ghi khắc các thông tin trên thì có thể tra cứu các tài liệu kỹ thuật hoặc yêu cầu thông tin từ cơ sở sử dụng.
- Việc hiệu chỉnh hoặc thay đổi thông số được thực hiện khi đã có thông báo đến cơ sở sử dụng.
- Đối với UUT có lớn hơn 1 cơ cấu chỉ thị, hiệu chuẩn viên cần xác định rõ yêu cầu hiệu chuẩn cơ cấu chỉ thị nào với cơ sở sử dụng.

7.2 Kiểm tra kỹ thuật

Phải kiểm tra kỹ thuật theo các yêu cầu sau đây:

- Giá trị độ chia nhỏ nhất hoặc bước nhảy số hiển thị cuối cùng của UUT phải phù hợp với độ chính xác và tuân theo dãy sau: $1 \cdot 10^n$ $2 \cdot 10^n$ $5 \cdot 10^n$

Trong đó: n là một số nguyên dương, nguyên âm hoặc bằng 0.

- UUT phải hiển thị đầy đủ rõ ràng, giá trị chỉ thị phải thay đổi đều khi có sự biến thiên áp suất.
- Đối với các UUT đo áp suất tương đối, khi chưa có áp suất tác động thiết bị phải hiển thị ở điểm “0”, ngược lại phải điều chỉnh để thiết bị chỉ thị đúng.
- Dùng giá trị chỉ thị trên chuẩn để làm căn cứ so sánh với UUT khi thực hiện việc hiệu chuẩn.
- Đối với các UUT là áp kế chuẩn kiểu chỉ thị tương tự, khi đọc số liệu cần phải gõ nhẹ vào thành của áp kế để làm nhỏ ảnh hưởng của lực ma sát rồi mới đọc giá trị ở mỗi điểm đo.

ĐLVN 288 : 2016

- Đối với các UUT là áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số, chỉ đọc giá trị ở mỗi điểm đo khi áp suất ở trạng thái ổn định, giá trị chỉ thị thay đổi không quá $\frac{1}{2}$ sai số cho phép
- Đối với các trường hợp UUT là áp kế chuẩn kiểu thủy ngân và kiểu ống nghiêng phải sử dụng môi trường áp suất truyền là khí.

7.3 Kiểm tra đo lường

UUT được kiểm tra đo lường theo trình tự nội dung, phương pháp và yêu cầu sau đây:

7.3.1 Chuẩn bị kiểm tra đo lường

- Trong trường hợp UUT là các áp kế chỉ thị số phải cấp điện để sấy theo đúng thời gian do nhà sản xuất hoặc cơ sở sử dụng yêu cầu (thời gian cấp điện tối thiểu là 30 phút).
- Tăng áp suất đến 0 %; 50 %; 100 % giới hạn đo trên để kiểm tra sai số của UUT. Nếu có sai lệch vượt quá sai số cho phép thì phải tiến hành hiệu chỉnh UUT cho phù hợp (nếu UUT có chức năng này).
- Khi áp suất ở giới hạn đo trên/dưới của UUT, khoá van lại và duy trì trạng thái này trong thời gian 15 phút, sau đó sử dụng đồng hồ bấm giây (mục 2.7) kiểm tra sự rò rỉ áp suất trong hệ thống trong vòng 5 phút. Nếu đạt yêu cầu quy định tại mục 3.2, 3.3 của bảng 2 thì phép hiệu chuẩn mới được tiến hành. Tiếp theo mở van ra từ từ để áp suất trở về trạng thái ban đầu.
- Thực hiện thao tác khởi động trước khi đo để UUT hoạt động ổn định trong quá trình hiệu chuẩn. Tăng áp suất đến giới hạn đo trên và giảm áp suất đến giới hạn đo dưới (số lần tăng/giảm áp suất được quy định trong bảng 3). Thời gian duy trì áp suất tại giới hạn đo trên và giới hạn đo dưới lớn hơn 30 giây.

7.3.2 Lựa chọn chu trình hiệu chuẩn.

Căn cứ vào độ chính xác của UUT có thể lựa chọn chu trình A hoặc B tại bảng 3.

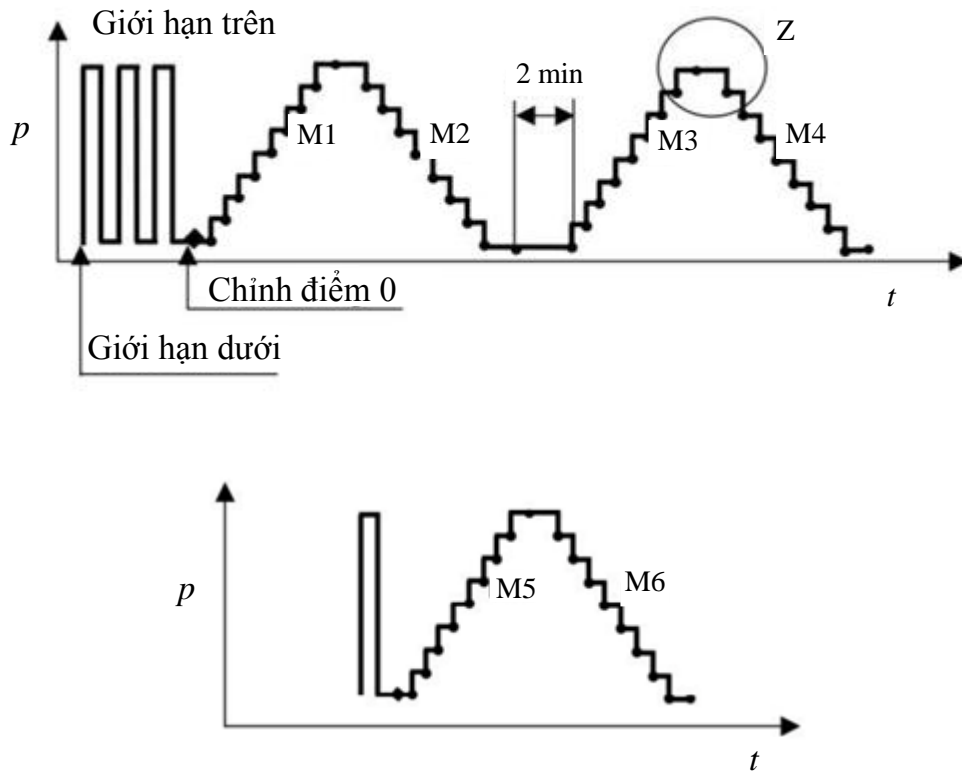
Bảng 3

Chu trình hiệu chuẩn	Độ chính xác tính theo % của toàn thang đo	Số lượng điểm hiệu chuẩn tối thiểu	Số lần tăng giảm áp suất trước khi đo	Thời gian thay đổi giá trị đo + thời gian chờ (s)	Thời gian chờ ở điểm giới hạn đo trên (min)	Số loạt đo theo	
						Chiều tăng	Chiều giảm
A	< 0,1	9	3	> 30	2	2	2
B	0,1 ÷ 1	9	2	> 30	2	2	1

Chú ý: Đối với các UUT có phạm vi đo > 2500 bar phải sử dụng chu trình hiệu chuẩn A.

- Chu trình hiệu chuẩn A được thực hiện theo sơ đồ sau:

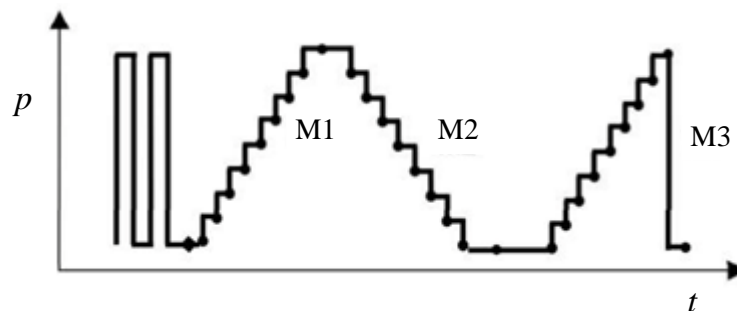
Thực hiện các loạt đo M1, M2, M3, M4 và thêm các loạt đo M5, M6 khi cần xác định độ tái lập lại.



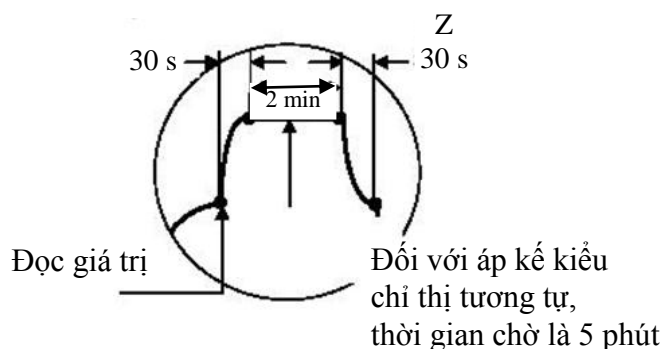
Hình 4. Chu trình hiệu chuẩn A

- Chu trình hiệu chuẩn B được thực hiện theo sơ đồ sau:

Thực hiện các loạt đo M1, M2, M3.



Hình 5. Chu trình hiệu chuẩn B



Hình 6. Thời gian chờ đọc giá trị đối với áp kế kiểu chỉ thị tương tự

7.3.3 Trình tự kiểm tra

- Mở tất cả các van của hệ thống để áp suất trở về 0, khi hệ thống đã ổn định thực hiện việc điều chỉnh điểm “0”. Đối với các thiết bị không có chức năng chỉnh “0” thì bỏ qua bước này, ghi lại giá trị áp suất vào biên bản hiệu chuẩn theo phụ lục 1 hoặc phụ lục 2.
- Việc hiệu chuẩn tiến hành bằng cách điều chỉnh áp suất lần lượt theo giá trị từng điểm đo đã định trước và ghi lại giá trị áp suất tương ứng. Khi áp suất đạt đến điểm đo lớn nhất, khoá tất cả các van của hệ thống tạo áp để UUT chịu tải 2 phút đối với áp kế chỉ thị số (5 phút đối với áp kế chỉ thị tương tự). Sau khi chịu tải, điều chỉnh áp suất theo giá trị từng điểm đo ở trên và ghi lại giá trị áp suất tương ứng. Thời gian thay đổi áp suất và thời gian chờ đọc kết quả phải lớn hơn 30 giây.
- Tắt chức năng tự tạo áp suất trên UUT (nếu có) trong suốt thời gian chờ ổn định để đọc số liệu.
- Khi điều chỉnh áp suất chú ý không được điều chỉnh quá giá trị áp suất ở từng điểm đo đã quy định.
- Kết quả hiệu chuẩn phải ghi vào biên bản hiệu chuẩn theo mẫu ở phụ lục 1 hoặc 2.
- Xử lý kết quả hiệu chuẩn theo phương pháp và trình tự trình bày tại mục 8 và phụ lục 3, có thể tham khảo cách tính trong ví dụ cụ thể trong phụ lục 4.
- Trường hợp sử dụng chuẩn là áp kế chuẩn kiểu pittông để hiệu chuẩn các UUT có độ chính xác $\leq 0,02\%$ thì phải áp dụng phương trình cơ bản của áp kế pittông tính giá trị áp suất tạo bởi chuẩn. Sử dụng biên bản hiệu chuẩn theo mẫu phụ lục 2 (dựa vào nguyên lý cấu tạo của áp kế pittông chuẩn để xác định các thành phần ảnh hưởng tới giá trị áp suất tạo bởi chuẩn).

$$P_{i,s} = \frac{\sum_i M_{i,s} g \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{M_s}} \right) + \gamma C_s}{A_{o,s} (1 + \lambda_s) \left[1 + (\alpha_{p,s} + \alpha_{c,s}) (t - t_r) \right]} + (\rho_f - \rho_a) g h + P_{vac} \quad (1)$$

Trong đó:

- $\Sigma M_{i,s}$ - Khối lượng của các quả cân, đĩa cân gốc, pít tông chuẩn (kg);
- $\rho_{M,s}$ - Khối lượng riêng của các quả cân, đĩa cân, pít tông của chuẩn (kg/m³);
- $A_{o,s}$ - Diện tích hiệu dụng của pít tông của áp kế pít tông chuẩn (m²);
- λ_s - Hệ số dẫn nở do áp suất của pít tông/ xy lanh chuẩn (1/Pa);
- $\alpha_{p,s}$ - Hệ số dẫn nở nhiệt của pít tông chuẩn (1/°C);
- $\alpha_{c,s}$ - Hệ số dẫn nở nhiệt của xy lanh chuẩn (1/°C);
- t_s - Nhiệt độ của pít tông/xy lanh chuẩn (°C);
- t_{ref} - Nhiệt độ quy chuẩn: 23 °C;
- γ - Sức căng bề mặt của chất lỏng (N/m);
- C_s - Chu vi của pít tông chuẩn (m);
- ρ_f - Khối lượng riêng của chất lỏng (kg/m³);
- h - Chênh lệch chiều cao giữa 2 điểm mốc cỡ sở của chuẩn và UUT (m);
- ρ_a - Khối lượng riêng của không khí được tính theo công thức sau:

$$\rho_a = \frac{3,4844 P_{at} - H(0,00252 t - 0,020582)}{1000(t + 273,16)} \quad (2)$$

- P_{at} - Áp suất khí quyển (Pa);
- H - Độ ẩm tương đối của môi trường không khí (%);
- t - Nhiệt độ môi trường không khí (°C);
- g_i - Gia tốc trọng trường nơi đo (m/s²);
- P_{vac} - Áp suất chân không còn lại trong buồng chân không (Pa).

8 Ước lượng độ không đảm bảo đo

ĐKĐBĐ của phép hiệu chuẩn được tổng hợp từ các nguồn sau:

8.1 Độ không đảm bảo đo, $u_a(p)$ - loại A

8.2 Độ không đảm bảo đo của chuẩn, $u_s(p)$ - loại B

8.2.1 ĐKĐBĐ của chuẩn đối với trường hợp chuẩn được sử dụng là áp kế chuẩn kiểu chất lỏng, áp kế chuẩn kiểu chỉ thị tương tự, áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số

Các thành phần ĐKĐBĐ đo của chuẩn bao gồm:

- ĐKĐBĐ của chuẩn, $u_{sc}(p)$
- ĐKĐBĐ của phương tiện đo sử dụng cùng với chuẩn, $u_{amb}(p)$: áp dụng khi sử dụng chuẩn đo áp suất tương đối và thiết bị đo áp suất khí quyển (mục 2.4 bảng 2) để hiệu chuẩn các UUT đo áp suất tuyệt đối

ĐLVN 288 : 2016

- ĐKĐBĐ do độ ổn định của chuẩn, $u_{\text{stability}}(p)$

ĐKĐBĐ chuẩn tổng hợp, $u_s(p)$:

$$u_s(p) = \sqrt{u_{\text{sc}}^2(p) + u_{\text{amb}}^2(p) + u_{\text{stability}}^2(p)} \quad (3)$$

8.2.2 ĐKĐBĐ của chuẩn đối với trường hợp chuẩn được sử dụng là áp kế pittông chuẩn.

- ĐKĐBĐ do độ ổn định của giá trị áp suất chuẩn, $u_1(p)$
- ĐKĐBĐ diện tích hiệu dụng, $u_2(p)$
- ĐKĐBĐ hệ số dẫn nở áp suất, $u_3(p)$
- ĐKĐBĐ khối lượng quả cân, pittông, $u_4(p)$
- ĐKĐBĐ nhiệt độ pittông/xy lanh, $u_5(p)$
- ĐKĐBĐ hệ số dẫn nở nhiệt của pittông xy lanh, $u_6(p)$
- ĐKĐBĐ gia tốc trọng trường, $u_7(p)$
- ĐKĐBĐ khối lượng riêng không khí, $u_8(p)$
- ĐKĐBĐ chênh lệch chiều cao cột chất lỏng, $u_9(p)$
- ĐKĐBĐ lực tác dụng theo phương thẳng đứng, $u_{10}(p)$

ĐKĐBĐ chuẩn tổng hợp $u_s(p)$:

$$u_s(p) = \sqrt{u_1^2(p) + u_2^2(p) + \dots + u_9^2(p) + u_{10}^2(p)} \quad (4)$$

8.3 Độ không đảm bảo đo của UUT, $u_{\text{uut}}(p)$ - loại B:

Các thành phần ĐKĐBĐ đo của UUT bao gồm:

- ĐKĐBĐ do độ phân giải, $u_r(p)$
- ĐKĐBĐ do độ lệch điểm "0", $u_{f0}(p)$
- ĐKĐBĐ do độ lặp lại, $u_{b'}(p)$
- ĐKĐBĐ do độ tái lặp lại, $u_b(p)$ đối với trường hợp UUT là áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số.
- ĐKĐBĐ do độ hồi sai, $u_h(p)$

ĐKĐBĐ chuẩn tổng hợp, $u_{\text{uut}}(p)$:

$$u_{\text{uut}}(p) = \sqrt{u_r^2(p) + u_{f0}^2(p) + u_{b'}^2(p) + u_b^2(p) + u_h^2(p)} \quad (5)$$

8.4 Độ không đảm bảo đo tổng hợp, $u_c(p)$:

$$u_c(p) = \sqrt{u_a^2(p) + u_s^2(p) + u_{\text{uut}}^2(p)} \quad (6)$$

8.5 Độ không đảm bảo đo mở rộng $U_e(p)$:

Tính với mức độ tin cậy 95 %; hệ số phủ $k = 2$

$$U_e(p) = k \times u_c(p) \quad (7)$$

Thành phần này sẽ được công bố trong giấy chứng nhận hiệu chuẩn.

Ghi chú: Hướng dẫn tính toán chi tiết các thành phần ĐKĐBĐ xem trong phụ lục 3.

9 Xử lý chung

9.1 Áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số và tương tự sau khi hiệu chuẩn nếu đạt các yêu cầu quy định tại mục 7 và tổng của các độ lệch chuẩn áp suất với ĐKĐBĐ mở rộng tại mỗi điểm đo tương ứng không vượt quá sai số sai số cho phép của UUT thì được cấp chứng chỉ hiệu chuẩn (tem hiệu chuẩn, giấy chứng nhận hiệu chuẩn,...) theo quy định.

9.2 Áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số và tương tự sau khi hiệu chuẩn nếu không đạt một trong các yêu cầu trên thì không cấp chứng chỉ hiệu chuẩn mới và xóa dấu hiệu chuẩn cũ (nếu có).

9.3 Chu kỳ hiệu chuẩn của áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số và tương tự là 12 tháng.

Tên cơ quan hiệu chuẩn
.....

BIÊN BẢN HIỆU CHUẨN

Số:

Tên chuẩn/phương tiện đo:

Kiểu: Số:

Cơ sở sản xuất: Năm sản xuất:

Đặc trưng kỹ thuật :

Cơ sở sử dụng:

Phương pháp thực hiện:

Chuẩn, thiết bị chính được sử dụng:

Điều kiện môi trường:

Nhiệt độ:.....Độ ẩm:

Chênh lệch chiều cao:.....Khối lượng riêng chất lỏng:.....

Người thực hiện: Ngày thực hiện:

Địa điểm thực hiện:

KẾT QUẢ HIỆU CHUẨN

1 Kiểm tra bên ngoài: Đạt Không đạt

2 Kiểm tra kỹ thuật: Đạt Không đạt

3 Kiểm tra đo lường:

Giá trị áp suất chuẩn	Giá trị trên chỉ thị trên UUT					
	Chu trình hiệu chuẩn A				Chu trình kiểm tra khi xác định độ tái lập lại	
	Chu trình hiệu chuẩn B			M4 (chiều giảm)	M5 (chiều tăng)	M6 (chiều giảm)
	M1 (chiều tăng)	M2 (chiều giảm)	M3 (chiều tăng)			
bar	bar, Pascal					
Min	Min	min	Min	min	Min	min
↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑
Max	Max	max	Max	max	Max	max

4 Kết luận:

Người soát lại

Người thực hiện

Tên cơ quan hiệu chuẩn
.....

BIÊN BẢN HIỆU CHUẨN (*)
Số:

Tên chuẩn/phương tiện đo:

Kiểu: Số:

Cơ sở sản xuất: Năm sản xuất:

Đặc trưng kỹ thuật :

Cơ sở sử dụng:

Phương pháp thực hiện:

Chuẩn, thiết bị chính được sử dụng:

Điều kiện môi trường:

Nhiệt độ:..... Độ ẩm:

Chênh lệch chiều cao:..... Khối lượng riêng chất lỏng:.....

Người thực hiện: Ngày thực hiện:

Địa điểm thực hiện:

KẾT QUẢ HIỆU CHUẨN

1 Kiểm tra bên ngoài: Đạt Không đạt

2 Kiểm tra kỹ thuật: Đạt Không đạt

3 Kiểm tra đo lường:

TT	P danh nghĩa (đơn vị)	Số liệu của áp kế pittông chuẩn và điều kiện môi trường đối với lượt đo M1						Giá trị áp suất chuẩn tính được (đơn vị)	Giá trị đọc trên UUT (đơn vị)
		Quả cân đặt trên áp kế pittông chuẩn (quả số)	Số gam thêm (g)	Nhiệt độ môi trường (°C)	Độ ẩm (% RH)	$P_{abm}/$ P_{VAC} (mbar)	Nhiệt độ P/C (°C)		
1									
2									
3									
...									
...									
...									
...									
n									

(*): Áp dụng khi dùng chuẩn là áp kế pittông để hiệu chuẩn UUT có độ chính xác $\leq 0,02 \%$

TT	P danh nghĩa	Số liệu của áp kế pítông chuẩn và điều kiện môi trường đối với lượt đo M....						Giá trị áp suất chuẩn tính được	Giá trị đọc trên UUT
		Quả cân đặt trên áp kế pítông chuẩn	Số gam thêm	Nhiệt độ môi trường	Độ ẩm	$P_{abm}/$ P_{VAC}	Nhiệt độ P/C		
	(đơn vị)	(quả số)	(g)	($^{\circ}C$)	(% RH)	(mbar)	($^{\circ}C$)	(đơn vị)	(đơn vị)
1									
2									
3									
...									
...									
...									
...									
n									

TT	P danh nghĩa	Số liệu của áp kế pítông chuẩn và điều kiện môi trường đối với lượt đo M....						Giá trị áp suất chuẩn tính được	Giá trị đọc trên UUT
		Quả cân đặt trên áp kế pítông chuẩn	Số gam thêm	Nhiệt độ môi trường	Độ ẩm	$P_{abm}/$ P_{VAC}	Nhiệt độ P/C		
	(đơn vị)	(quả số)	(g)	($^{\circ}C$)	(% RH)	(mbar)	($^{\circ}C$)	(đơn vị)	(đơn vị)
1									
2									
3									
...									
...									
...									
...									
n									

4 Kết luận:

Người soát lại

Người thực hiện

HƯỚNG DẪN XỬ LÝ KẾT QUẢ HIỆU CHUẨN VÀ ƯỚC LƯỢNG ĐỘ KHÔNG ĐẢM BẢO ĐO

A Xử lý kết quả hiệu chuẩn

Giá trị chỉ thị trên chuẩn đo lường và trên UUT thông thường có mối quan hệ tuyến tính.

Lấy trục Y biểu thị tập hợp các giá trị chỉ thị trên UUT (Y_i), trục X biểu thị tập hợp các giá trị áp suất chỉ thị trên chuẩn đo lường (X_i), thì tập hợp các điểm đo sẽ là (X_i, Y_i) , số lần đo (quan trắc) là n.

Vì X và Y có mối quan hệ tuyến tính nên công thức hiệu chuẩn là:

$$Y = a + bX$$

Giá trị của hệ số a, b được tìm bằng phương pháp bình phương cực tiểu:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

B Ước lượng độ không đảm bảo đo

1 Độ không đảm bảo đo $u_a(p)$ - loại A

Dùng phương pháp bình phương cực tiểu để lập biểu thức tính toán độ không đảm bảo kiểu A.

Độ không đảm bảo đo kiểu A được tính bằng công thức sau:

$$u_{ai} = \sqrt{S_a^2 + x_i^2 S_b^2 + 2x_i S_a S_b r(a, b)}$$

Trong đó:

- S_y là độ lệch chuẩn của Y :
$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - a - bx_i)^2}{n - 2}}$$

- S_a là độ lệch chuẩn của a :
$$S_a = S_y \times \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

- S_b là độ lệch chuẩn của hệ số góc b:
$$S_b = S_y \times \sqrt{\frac{n}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}$$

- $r(a,b)$ là hệ số tương quan:
$$r(a,b) = -\frac{\sum x_i}{\sqrt{n \sum x_i^2}}$$

2 Độ không đảm bảo đo của chuẩn $u_s(p)$ - loại B

2.1 ĐKĐBĐ của chuẩn đối với trường hợp chuẩn được sử dụng là áp kế chuẩn kiểu chất lỏng, áp kế chuẩn kiểu chỉ thị tương tự, áp kế chuẩn kiểu chỉ thị số.

Các thành phần ĐKĐBĐ của chuẩn bao gồm:

2.1.1 ĐKĐBĐ của chuẩn $u_{sc}(p)$: thành phần này được lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn, tính từ ĐKĐBĐ mở rộng với mức độ tin cậy $P(\%)$ và hệ số phủ k .

$$u_{sc}(p) = \frac{U_c}{k}$$

2.1.2 ĐKĐBĐ của phương tiện đo $u_{amb}(p)$: áp dụng khi sử dụng chuẩn đo áp suất tương đối và thiết bị đo áp suất khí quyển (mục 2.4 bảng 2) để hiệu chuẩn các UUT đo áp suất tuyệt đối: thành phần này được lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn, tính từ ĐKĐBĐ mở rộng với mức độ tin cậy $P(\%)$ và hệ số phủ k .

$$u_{amb}(p) = \frac{U_c}{k}$$

2.1.3 ĐKĐBĐ do độ ổn định của chuẩn $u_{stability}(p)$: thành phần này lấy từ thực nghiệm để có được độ tái lập lại của chuẩn.

$$u_{stability}(p) = \frac{drift\ value}{\sqrt{3}}$$

ĐKĐBĐ chuẩn tổng hợp $u_s(p)$:

$$u_s(p) = \sqrt{u_{sc}^2(p) + u_{amb}^2(p) + u_{stability}^2(p)}$$

2.2 ĐKĐBĐ của chuẩn đối với trường hợp chuẩn được sử dụng là áp kế pittông chuẩn.

Các thành phần ĐKĐBĐ đo của chuẩn bao gồm:

2.2.1 Độ ổn định của giá trị áp suất chuẩn $u_1(p)$

Được lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn hoặc lấy từ tính toán thực nghiệm cho từng điểm đo.

$$u_1(p) = a + b \times p$$

2.2.2 ĐKĐBĐ của diện tích hiệu dụng $u_2(p)$

Được lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn.

$$u_2(p) = \frac{p}{A_{o,s}} \times \frac{U(A_{o,s})}{k}$$

2.2.3 ĐKĐBĐ của hệ số dẫn nở áp suất $u_3(p)$.

Được lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn.

$$u_3(p) = -p^2 \times \frac{U(\lambda_s)}{k}$$

2.2.4 ĐKĐBĐ của khối lượng quả cân, pittông $u_4(p)$

Được lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn.

$$u_4(p) = \frac{p}{M_s} \times \frac{U(M_s)}{k}$$

2.2.5 Độ không đảm bảo đo của nhiệt độ pittông/xy lanh $u_5(p)$.

Nhiệt độ pittông/xy lanh được đo trực tiếp với điều kiện nhiệt độ duy trì trong khoảng $\pm 1^\circ\text{C}$ và ĐKĐBĐ có thể được lấy bằng: $U(t) = 2^\circ\text{C}$.

$$u_5(p) = p \times (\alpha_{p,s} + \alpha_{c,s}) \times \frac{U(t)}{\sqrt{2}}$$

2.2.6 ĐKĐBĐ của hệ số dẫn nở nhiệt $u_6(p)$.

ĐKĐBĐ của hệ số dẫn nở nhiệt của pittông xy lanh có thể lấy bằng 10 % và độ lệch so với nhiệt độ chuẩn là 2°C .

$$u_6(p) = p_s \times U(\alpha_{p,s} + \alpha_{c,s}) \times \frac{\Delta t}{2}$$

2.2.7 ĐKĐBĐ của gia tốc trọng trường $u_7(p)$.

Được lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn. Trường hợp gia tốc trọng trường tính theo vĩ độ, độ cao so với mặt nước biển của nơi đo thì $U(g)$ có thể lấy bằng: $U(g) = 1.10^{-5} \times g$
Công thức tính gia tốc trọng trường theo vĩ độ và độ cao so với mặt nước biển:

$$g = 9,7803184 \times \left\{ 1,0 + \left[0,0053024 \times \sin^2(\theta) \right] - \left[0,0000059 \times \sin^2(2\theta) \right] \right\} - 0,000003086 \times H$$

Trong đó:

g: Gia tốc trọng trường nơi đo (m/s^2);

θ : Vĩ độ nơi đo ($^\circ$);

H: Độ cao nơi đo so với mặt nước biển (m).

$$u_7(p) = \frac{p_s}{g} \times \frac{U(g)}{3}$$

2.2.8 ĐKĐBĐ của khối lượng riêng không khí $u_8(p)$.

Giá trị của khối lượng riêng không khí ở điều kiện tiêu chuẩn là $1,2 \text{ kg/m}^3$, nhưng do áp suất khí quyển, nhiệt độ môi trường, độ ẩm tương đối thay đổi nên khối lượng riêng không khí có thể thay đổi tối đa $\pm 5\%$ và ĐKĐBĐ của khối lượng riêng không khí có thể lấy bằng: $U(\rho_a) = 5,0.10^{-2} \times \rho_a$, giá trị k được lấy trong giấy chứng nhận hiệu chuẩn

$$u_8(p) = \frac{p}{(\rho_{M_s} - \rho_a)} \times \frac{U(\rho_a)}{k}$$

2.2.9 ĐKĐBĐ của chênh lệch chiều cao cột chất lỏng $u_9(p)$.

ĐKĐBĐ của chênh lệch chiều cao cột chất lỏng tối đa bằng: $U(\Delta h) = 2 \text{ mm}$

$$u_9(p) = \rho_f \times g \times \frac{U(\Delta h)}{k}$$

2.2.10 ĐKĐBĐ của lực tác dụng theo phương thẳng đứng $u_{10}(p)$.

Lực tác dụng theo phương thẳng đứng: $F' = F \times \cos\theta$. Trong trường hợp khi $\theta < 0,5'$ độ không đảm bảo đo theo θ được ước lượng bằng: $U(\theta) = 5,82.10^{-4}$ rad và lấy theo phân bố hình chữ nhật.

$$u_{10}(p) = p \times \sin\theta_s \times \frac{U(\theta_s)}{\sqrt{3}}$$

ĐKĐBĐ chuẩn tổng hợp $u_s(p)$:

$$u_s(p) = \sqrt{u_1^2(p) + u_2^2(p) + \dots + u_9^2(p) + u_{10}^2(p)}$$

3 Độ không đảm bảo đo của UUT $u_{\text{uut}}(p)$ - loại B:

3.1 ĐKĐBĐ do độ phân giải $u_r(p)$

- Đối với các UUT kiểu chỉ thị tương tự:

Độ phân giải (r) của UUT kiểu chỉ thị tương tự là khoảng cách nhỏ nhất giữa hai vạch chia liền kề có thể chia một cách ước lượng để xác định kim chỉ của chỉ thị chỉ vào giá trị nào. Đối với áp kế chỉ thị tương tự độ phân giải có thể được lấy bằng 1/2 hoặc 1/5 giá trị áp suất giữa hai vạch chia liền kề. Trường hợp khoảng cách giữa hai vạch chia liền kề lớn hơn hoặc bằng 2,5 mm độ phân giải có thể được lấy bằng 1/10 giá trị áp suất của khoảng cách đó. Đối với các cơ cấu chỉ thị kim, dạng của phân bố là hình tam giác. Đối với cơ cấu chỉ thị vạch dạng thước, dạng của phân bố là hình chữ nhật.

- Đối với các UUT kiểu chỉ thị số:

Độ phân giải (r) của UUT kiểu chỉ thị số là giá trị tương ứng với một bước nhảy nhỏ nhất, dạng của phân bố là hình chữ nhật. Đối với các UUT có các bước nhảy khác nhau trong toàn thang đo thì độ phân giải được chọn là giá trị lớn nhất.

- Đối với các UUT chỉ thị có dao động thẳng giáng bất thường :

Nếu các UUT chỉ thị có dao động thẳng giáng bất thường thì độ phân giải (r) sẽ tính bằng 1/2 khoảng dao động đối với các UUT kiểu chỉ thị tương tự, và bằng 1/2 khoảng dao động cộng với một bước nhảy nhỏ nhất về giá trị đối với UUT kiểu chỉ thị số.

Đối với cơ cấu chỉ thị có dạng phân bố là hình tam giác công thức tính ĐKĐBĐ $u_r(p)$ như sau:

$$u_r(p) = \frac{r}{\sqrt{6}}$$

Đối với cơ cấu chỉ thị có dạng phân bố là hình chữ nhật công thức tính ĐKĐBĐ $u_r(p)$ như sau:

$$u_r(p) = \frac{r}{\sqrt{3}}$$

3.2 Độ không đảm bảo đo do độ lệch “0” $u_{f0}(p)$:

Độ lệch “0” cần được xác định với mỗi chu kỳ đo bao gồm cả chu trình đo khi tăng và giảm áp suất. Các giá trị độ lệch “0” được tính như sau:

$$f_0 = \max \{ |x_{2,0} - x_{1,0}|, |x_{4,0} - x_{3,0}|, |x_{6,0} - x_{5,0}| \}$$

Các chỉ số của giá trị đo x đọc tại điểm “0” của một loạt đo M1 đến M6

Công thức tính ĐKĐBĐ $u_{f_0}(p)$ như sau:

$$u_{f_0}(p) = \frac{f_0}{2\sqrt{3}}$$

3.3 Độ không đảm bảo đo do độ lặp lại $u_{b'}(p)$:

ĐKĐBĐ do độ lặp lại được xác định như sau:

$$\begin{aligned} b'_{up,j} &= |(x_{3,j} - x_{3,0}) - (x_{1,j} - x_{1,0})| \\ b'_{down,j} &= |(x_{4,j} - x_{4,0}) - (x_{2,j} - x_{2,0})| \\ b'_{mean,j} &= \max \{ b'_{up,j}, b'_{down,j} \} \end{aligned}$$

Với j là số thứ tự của điểm đo.

Công thức tính ĐKĐBĐ $u_{b'}(p)$ như sau:

$$u_{b'}(p) = \frac{b'_{mean,j}}{2\sqrt{3}}$$

3.4 Độ không đảm bảo đo do độ tái lặp lại $u_b(p)$:

Độ không đảm bảo đo do độ tái lặp lại được xác định như sau:

$$\begin{aligned} b_{up,j} &= |(x_{5,j} - x_{5,0}) - (x_{1,j} - x_{1,0})| \\ b_{down,j} &= |(x_{6,j} - x_{6,0}) - (x_{2,j} - x_{2,0})| \\ b_{mean,j} &= \max \{ b_{up,j}, b_{down,j} \} \end{aligned}$$

Với j là số thứ tự của điểm đo.

Công thức tính ĐKĐBĐ u_b như sau:

$$u_b(p) = \frac{b_{mean,j}}{2\sqrt{3}}$$

3.5 Độ không đảm bảo đo do độ hồi sai $u_h(p)$:

Độ không đảm bảo đo do độ hồi sai được xác định như sau:

$$h_{mean,j} = \frac{1}{n} \{ |(x_{2,j} - x_{1,0}) - (x_{1,j} - x_{1,0})| + |(x_{4,j} - x_{3,0}) - (x_{3,j} - x_{3,0})| + |(x_{6,j} - x_{5,0}) - (x_{5,j} - x_{5,0})| \}$$

Với j là số của điểm đo và n là số chu kỳ đo trong chu trình

Công thức tính ĐKĐBĐ $u_h(p)$ như sau:

$$u_h(p) = \frac{h_{mean,j}}{2\sqrt{3}}$$

ĐKĐBĐ chuẩn tổng hợp $u_{uut}(p)$

$$u_{uut}(p) = \sqrt{u_r^2(p) + u_{f_0}^2(p) + u_{b'}^2(p) + u_b^2(p) + u_h^2(p)}$$

4 Độ không đảm bảo đo tổng hợp $u_C(p)$:

$$u_C(p) = \sqrt{u_a^2(p) + u_s^2(p) + u_{\text{unt}}^2(p)}$$

5 Độ không đảm bảo đo mở rộng $U_e(p)$:

Tính với mức độ tin cậy 95 % ; hệ số phủ $k = 2$

$$U_e(p) = k \times u_C(p)$$

Thành phần này sẽ được công bố trong giấy chứng nhận hiệu chuẩn.

VÍ DỤ VỀ HIỆU CHUẨN ÁP KẾ CHUẨN KIỂU CHỈ THỊ SỐ
(Sử dụng áp kế pittông chuẩn để hiệu chuẩn các đối tượng có độ chính xác $\leq 0,02$ %)

1 Đối tượng hiệu chuẩn:

Tên đối tượng: Áp kế hiện số chuẩn

Kiểu: Digiquazt

Phạm vi đo: (0 ÷ 275) MPa

Độ chính xác: 0,01 %

Model: 745-40K

Hãng sản xuất: Paroscientific-Mỹ

2 Chuẩn dùng để hiệu chuẩn:

Tên đối tượng: Áp kế pittông chuẩn

Kiểu: Pittông

Phạm vi đo: (5 ÷ 275) MPa

Độ chính xác: 0,006 %

Model: Ruska 2492-B3

Hãng sản xuất: Ruska-Mỹ

Thông số khác của chuẩn:

Gia tốc trọng trường (m/s^2)	9,78668927
Khối lượng riêng quả cân ρ_M (kg/m^3)	8000
Diện tích hiệu dụng ở 23 °C $A_0(m^2)$	$8,399414 \times 10^{-06}$
Hệ số dẫn nở áp suất λ (Pa^{-1})	$-2,28 \times 10^{-12}$
Hệ số dẫn nở pittông/xy lanh α ($^{\circ}C^{-1}$)	$9,10 \times 10^{-06}$
Nhiệt độ chuẩn ($^{\circ}C$)	23
Sức căng bề mặt của dầu γ (N/m)	$3,09 \times 10^{-02}$
Chu vi pittông $C(m)$	0,010273744

3 Điều kiện hiệu chuẩn:

Nhiệt độ: (20 ± 2) °C

Độ ẩm: (40 ± 3) %RH

Áp suất khí quyển: (1016 ± 3) mbar

Gia tốc trọng trường: (9,786689 ± 0,000001) m/s^2 **4 Kết quả hiệu chuẩn:**

Đối với loạt đo M1, chu trình lựa chọn A, số điểm hiệu chuẩn 12 điểm.

TT	Áp suất danh nghĩa	Số liệu của áp kế pittông chuẩn và điều kiện môi trường đối với loạt đo M1						Giá trị áp suất chuẩn tính được (*)	Giá trị đọc trên UUT
		Quả cân	Số gam thêm	Nhiệt độ	Độ ẩm	Áp suất KQ	Nhiệt độ P/C		
		(MPa)	(No of mass)	(g)	($^{\circ}C$)	($\%$)	($mbar$)		
1	0		0	20,4	42,50	1016,76	19,2	-0,003076	-0,0031
2	25	G;1;20;22;28	50,450	20,4	42,20	1016,76	19,4	24,999824	24,9998
3	50	G;1;2;3;20	98,680	20,5	42,10	1016,73	19,4	50,000127	50,0001
4	75	G;1-5;21;28	143,570	20,5	42,00	1016,72	19,4	75,001328	75,0013

TT	Áp suất danh nghĩa	Số liệu của áp kế pittông chuẩn và điều kiện môi trường đối với lượt đo M1						Giá trị áp suất chuẩn tính được (*)	Giá trị đọc trên UUT
		Quả cân	Số gam thêm	Nhiệt độ	Độ ẩm	Áp suất KQ	Nhiệt độ P/C		
		(MPa)	(No of mass)	(g)	(°C)	(%)	(mbar)		
5	100	G;1-7;22;30	0,440	20,6	41,80	1016,75	19,4	100,000925	100,0009
6	125	G;1-8;20;21;22;28;30	39,120	20,6	41,50	1016,85	19,4	125,001715	125,0017
7	150	G;1-10;20;21;30	73,860	20,6	41,30	1016,83	19,6	150,001517	150,0015
8	175	G;1-12;20;28;30	107,760	20,7	41,20	1016,79	19,6	175,003921	175,0039
9	200	G;1-14;21;22;30	136,940	20,7	41,00	1016,73	19,6	200,005327	200,0053
10	225	G;1-16;23;28;30	164,360	20,7	40,90	1016,68	19,5	225,007132	225,0071
11	250	G;1-18;29	3,430	20,8	41,30	1016,66	19,6	250,007934	250,0079
12	275	G;1-14;21;28;29	23,750	20,8	41,60	1016,59	19,6	275,008341	275,0083

Đối với lượt đo M2, chu trình lựa chọn A, số điểm hiệu chuẩn 12 điểm.

TT	Áp suất danh nghĩa	Số liệu của áp kế pittông chuẩn và điều kiện môi trường đối với lượt đo M2						Giá trị áp suất chuẩn tính được (*)	Giá trị đọc trên UUT
		Quả cân	Số gam thêm	Nhiệt độ	Độ ẩm	Áp suất KQ	Nhiệt độ P/C		
		(MPa)	(No of mass)	(g)	(°C)	(%)	(mbar)		
1	0		0	21,0	39,60	1015,88	19,9	-0,004688	-0,0047
2	25	G;1;20;22;28	50,580	21,0	39,80	1015,94	19,9	24,999106	24,9991
3	50	G;1;2;3;20	98,830	21,0	40,10	1015,96	19,9	50,001304	50,0013
4	75	G;1-5;21;28	144,000	20,9	40,30	1016,05	19,8	75,001395	75,0014
5	100	G;1-7;22;30	0,980	20,9	40,50	1016,15	19,9	100,001485	100,0015
6	125	G;1-8;20;21;22;28;30	39,880	20,9	40,90	1016,29	19,9	125,001471	125,0015
7	150	G;1-10;20;21;30	74,520	20,9	41,00	1016,34	19,8	150,003866	150,0039
8	175	G;1-12;20;28;30	108,240	20,8	41,20	1016,34	19,8	175,005866	175,0059
9	200	G;1-14;21;22;30	137,400	20,8	41,60	1016,42	19,8	200,007758	200,0078
10	225	G;1-16;23;28;30	164,800	20,8	41,80	1016,48	19,7	225,009152	225,0092
11	250	G;1-18;29	3,630	20,8	41,90	1016,54	19,7	250,009146	250,0091
12	275	G;1-14;21;28;29	23,750	20,8	42,00	1016,56	19,7	275,008444	275,0084

Đối với lượt đo M3, chu trình lựa chọn A, số điểm hiệu chuẩn 12 điểm.

TT	Áp suất danh nghĩa	Số liệu của áp kế pittông chuẩn và điều kiện môi trường đối với lượt đo M3						Giá trị áp suất chuẩn tính được (*)	Giá trị đọc trên UUT
		Quả cân	Số gam thêm	Nhiệt độ	Độ ẩm	Áp suất KQ	Nhiệt độ P/C		
		(MPa)	(No of mass)	(g)	(°C)	(%)	(mbar)		
1	0		0	21,01	39,70	1015,50	20,2	-0,00405	-0,0041
2	25	G;1;20;22;28	50,660	21,02	39,70	1015,45	20,2	24,998955	24,9990
3	50	G;1;2;3;20	99,000	21,04	39,60	1015,42	20,2	50,000158	50,0002
4	75	G;1-5;21;28	144,080	21,07	39,50	1015,42	20,2	75,000658	75,0007
5	100	G;1-7;22;30	1,230	21,09	39,30	1015,38	20,3	100,001062	100,0011
6	125	G;1-8;20;21;22;28;30	40,070	21,11	39,20	1015,37	20,3	125,001063	125,0011
7	150	G;1-10;20;21;30	74,900	21,12	39,20	1015,31	20,2	150,001869	150,0019
8	175	G;1-12;20;28;30	108,720	21,14	39,20	1015,26	20,3	175,003274	175,0033
9	200	G;1-14;21;22;30	138,060	21,15	39,50	1015,18	20,3	200,004982	200,0050
10	225	G;1-16;23;28;30	165,670	21,16	39,70	1015,12	20,3	225,006288	225,0063
11	250	G;1-18;29	5,460	21,16	39,60	1015,04	20,3	250,007696	250,0077
12	275	G;1-14;21;28;29	25,550	21,16	39,50	1014,99	20,3	275,009201	275,0092

Đối với loạt đo M4, chu trình lựa chọn A, số điểm hiệu chuẩn 12 điểm.

TT	Áp suất danh nghĩa	Số liệu của áp kế pittông chuẩn và điều kiện môi trường đối với loạt đo M4						Giá trị áp suất chuẩn tính được (*)	Giá trị đọc trên UUT
		Quả cân	Số gam thêm	Nhiệt độ	Độ ẩm	Áp suất KQ	Nhiệt độ P/C		
		(MPa)	(No of mass)	(g)	($^{\circ}C$)	(%)	(mbar)		
1	0		0	21,28	39,70	1014,09	20,4	-0,006309	-0,0063
2	25	G;1;20;22;28	50,730	21,27	39,70	1014,16	20,5	24,998584	24,9986
3	50	G;1;2;3;20	99,160	21,26	39,50	1014,23	20,4	49,999877	49,9999
4	75	G;1-5;21;28	144,450	21,22	39,10	1014,33	20,4	75,001367	75,0014
5	100	G;1-7;22;30	1,500	21,20	39,00	1014,45	20,4	100,002055	100,0021
6	125	G;1-8;20;21;22;28;30	40,470	21,20	39,00	1014,49	20,4	125,002851	125,0029
7	150	G;1-10;20;21;30	75,180	21,18	39,00	1014,50	20,4	150,00445	150,0045
8	175	G;1-12;20;28;30	109,350	21,18	39,10	1014,52	20,4	175,006348	175,0063
9	200	G;1-14;21;22;30	138,490	21,16	39,20	1014,59	20,3	200,007641	200,0076
10	225	G;1-16;23;28;30	166,390	21,15	39,20	1014,65	20,3	225,009135	225,0091
11	250	G;1-18;29	5,540	21,14	39,20	1014,75	20,3	250,009425	250,0094
12	275	G;1-14;21;28;29	25,550	21,15	39,30	1014,84	20,3	275,008216	275,0082

Đối với loạt đo M5, chu trình lựa chọn A, số điểm hiệu chuẩn 12 điểm.

TT	Áp suất danh nghĩa	Số liệu của áp kế pittông chuẩn và điều kiện môi trường đối với loạt đo M5						Giá trị áp suất chuẩn tính được (*)	Giá trị đọc trên UUT
		Quả cân	Số gam thêm	Nhiệt độ	Độ ẩm	Áp suất KQ	Nhiệt độ P/C		
		(MPa)	(No of mass)	(g)	($^{\circ}C$)	(%)	(mbar)		
1	0		0	21,28	41,20	1013,69	20,4	-0,004569	-0,0046
2	25	G;1;20;22;28	50,750	21,27	41,00	1013,63	20,4	24,997937	24,9979
3	50	G;1;2;3;20	99,210	21,25	40,70	1013,57	20,4	49,999543	49,9995
4	75	G;1-5;21;28	144,370	21,27	40,40	1013,53	20,4	74,999647	74,9996
5	100	G;1-7;22;30	1,460	21,17	40,40	1013,42	20,4	100,000158	100,0002
6	125	G;1-8;20;21;22;28;30	40,370	21,22	40,10	1013,39	20,5	125,000161	125,0002
7	150	G;1-10;20;21;30	75,750	21,23	39,70	1013,35	20,5	150,000965	150,0010
8	175	G;1-12;20;28;30	109,400	21,24	39,70	1013,36	20,5	175,002764	175,0028
9	200	G;1-14;21;22;30	138,990	21,24	39,60	1013,35	20,5	200,004965	200,0050
10	225	G;1-16;23;28;30	166,670	21,25	39,50	1013,30	20,5	225,00677	225,0068
11	250	G;1-18;29	5,850	21,25	39,40	1013,28	20,5	250,006972	250,0070
12	275	G;1-14;21;28;29	26,260	21,25	39,40	1013,24	20,5	275,008876	275,0089

Đối với loạt đo M6, chu trình lựa chọn A, số điểm hiệu chuẩn 12 điểm.

TT	Áp suất danh nghĩa	Số liệu của áp kế pittông chuẩn và điều kiện môi trường đối với loạt đo M6						Giá trị áp suất chuẩn tính được (*)	Giá trị đọc trên UUT
		Quả cân	Số gam thêm	Nhiệt độ	Độ ẩm	Áp suất KQ	Nhiệt độ P/C		
		(MPa)	(No of mass)	(g)	($^{\circ}C$)	(%)	(mbar)		
1	0		0	21,33	39,30	1013,05	20,5	-0,006105	-0,0061
2	25	G;1;20;22;28	50,760	21,31	39,00	1013,02	20,5	24,996998	24,9970
3	50	G;1;2;3;20	99,300	21,31	38,90	1013,01	20,5	50,000499	50,0005

4	75	G;1-5;21;28	144,570	21,27	39,00	1013,09	20,5	75,000791	75,0008
5	100	G;1-7;22;30	1,620	21,25	39,00	1013,12	20,5	100,001688	100,0017
6	125	G;1-8;20;21;22;28;30	40,720	21,24	39,00	1013,12	20,5	125,002688	125,0027
7	150	G;1-10;20;21;30	75,660	21,23	39,00	1013,11	20,5	150,003789	150,0038
8	175	G,1-12;20;28;30	109,500	21,22	39,10	1013,11	20,5	175,005489	175,0055
9	200	G;1-14;21;22;30	138,580	21,21	39,10	1013,12	20,4	200,006488	200,0065
10	225	G;1-16;23;28;30	166,460	21,21	39,20	1013,15	20,4	225,007585	225,0076
11	250	G;1-18;29	5,850	21,22	39,20	1013,17	20,4	250,007983	250,0080
12	275	G;1-14;21;28;29	26,260	21,23	39,20	1013,17	20,4	275,007783	275,0078

(*) Sử dụng phương trình cơ bản của áp kế pittông tính ra giá trị này.

5 Tính độ không đảm bảo đo kiểu A $u_A(p)$

TT	Yi	Xi	Xi ²	Yi ²	XiYi	(Yi-a-bXi) ²	u _A (MPa)
	P _S (MPa)	P _T (MPa)					
1	0,0000E+00	-3,0760E-03	9,4618E-06	0,0000E+00	0,0000E+00	3,8024E-05	9,2446E-04
2	2,4998E+01	2,5000E+01	6,2499E+02	2,4998E+01	6,2494E+02	2,2445E-05	8,0744E-04
3	4,9995E+01	5,0000E+01	2,5000E+03	4,9995E+01	2,4998E+03	1,0233E-06	6,9988E-04
4	7,4992E+01	7,5001E+01	5,6252E+03	7,4992E+01	5,6245E+03	9,4376E-07	6,0683E-04
5	9,9988E+01	1,0000E+02	1,0000E+04	9,9988E+01	9,9989E+03	1,5177E-05	5,3588E-04
6	1,2498E+02	1,2500E+02	1,5625E+04	1,2498E+02	1,5623E+04	2,3774E-05	4,9660E-04
7	1,4998E+02	1,5000E+02	2,2500E+04	1,4998E+02	2,2497E+04	3,3305E-05	4,9656E-04
8	1,7497E+02	1,7500E+02	3,0626E+04	1,7497E+02	3,0621E+04	1,5601E-05	5,3577E-04
9	1,9997E+02	2,0001E+02	4,0002E+04	1,9997E+02	3,9994E+04	4,4758E-06	6,0666E-04
10	2,2496E+02	2,2501E+02	5,0628E+04	2,2496E+02	5,0617E+04	5,8924E-07	6,9967E-04
11	2,4995E+02	2,5001E+02	6,2504E+04	2,4995E+02	6,2489E+04	1,3622E-05	8,0717E-04
12	2,7494E+02	2,7501E+02	7,5630E+04	2,7494E+02	7,5611E+04	4,4764E-05	9,2414E-04
13	0,0000E+00	-2,6880E-03	7,2253E-06	0,0000E+00	0,0000E+00	4,2958E-05	9,2446E-04
14	2,4998E+01	2,4999E+01	6,2496E+02	2,4998E+01	6,2493E+02	1,5783E-05	8,0744E-04
15	4,9995E+01	5,0001E+01	2,5001E+03	4,9995E+01	2,4998E+03	4,9445E-06	6,9988E-04
16	7,4992E+01	7,5001E+01	5,6252E+03	7,4992E+01	5,6245E+03	1,3343E-06	6,0683E-04
17	9,9988E+01	1,0000E+02	1,0000E+04	9,9988E+01	9,9990E+03	1,2501E-05	5,3588E-04
18	1,2498E+02	1,2500E+02	1,5625E+04	1,2498E+02	1,5623E+04	2,9847E-05	4,9660E-04
19	1,4998E+02	1,5000E+02	2,2501E+04	1,4998E+02	2,2497E+04	1,5569E-05	4,9656E-04
20	1,7497E+02	1,7501E+02	3,0627E+04	1,7497E+02	3,0621E+04	5,1739E-06	5,3577E-04
21	1,9997E+02	2,0001E+02	4,0003E+04	1,9997E+02	3,9995E+04	1,3369E-08	6,0666E-04
22	2,2496E+02	2,2501E+02	5,0629E+04	2,2496E+02	5,0618E+04	7,0790E-06	6,9967E-04
23	2,4995E+02	2,5001E+02	6,2505E+04	2,4995E+02	6,2490E+04	2,3855E-05	8,0717E-04
24	2,7494E+02	2,7501E+02	7,5630E+04	2,7494E+02	7,5611E+04	4,9557E-05	9,2413E-04
25	0,0000E+00	-3,0500E-03	9,3025E-06	0,0000E+00	0,0000E+00	3,8345E-05	9,2446E-04
26	2,4998E+01	2,4999E+01	6,2495E+02	2,4998E+01	6,2492E+02	1,4399E-05	8,0744E-04
27	4,9996E+01	5,0000E+01	2,5000E+03	4,9996E+01	2,4998E+03	1,0217E-06	6,9988E-04
28	7,4992E+01	7,5001E+01	5,6251E+03	7,4992E+01	5,6245E+03	2,9690E-06	6,0683E-04
29	9,9988E+01	1,0000E+02	1,0000E+04	9,9988E+01	9,9990E+03	1,5241E-05	5,3588E-04
30	1,2498E+02	1,2500E+02	1,5625E+04	1,2498E+02	1,5623E+04	3,2102E-05	4,9660E-04
31	1,4998E+02	1,5000E+02	2,2501E+04	1,4998E+02	2,2497E+04	3,4555E-05	4,9656E-04
32	1,7497E+02	1,7500E+02	3,0626E+04	1,7497E+02	3,0621E+04	2,1888E-05	5,3577E-04

33	1,9997E+02	2,0000E+02	4,0002E+04	1,9997E+02	3,9994E+04	6,6649E-06	6,0666E-04
34	2,2496E+02	2,2501E+02	5,0628E+04	2,2496E+02	5,0617E+04	4,0710E-09	6,9967E-04
35	2,4995E+02	2,5001E+02	6,2504E+04	2,4995E+02	6,2489E+04	6,6327E-06	8,0718E-04
36	2,7494E+02	2,7501E+02	7,5630E+04	2,7494E+02	7,5611E+04	5,0357E-05	9,2414E-04
37	0,0000E+00	-3,3090E-03	1,0949E-05	0,0000E+00	0,0000E+00	3,5205E-05	9,2446E-04
38	2,4998E+01	2,4999E+01	6,2493E+02	2,4998E+01	6,2491E+02	1,1578E-05	8,0744E-04
39	4,9996E+01	5,0000E+01	2,5000E+03	4,9996E+01	2,4998E+03	3,8493E-07	6,9988E-04
40	7,4993E+01	7,5001E+01	5,6252E+03	7,4993E+01	5,6245E+03	1,7579E-06	6,0683E-04
41	9,9989E+01	1,0000E+02	1,0000E+04	9,9989E+01	9,9991E+03	9,9434E-06	5,3588E-04
42	1,2498E+02	1,2500E+02	1,5626E+04	1,2498E+02	1,5623E+04	1,8077E-05	4,9660E-04
43	1,4998E+02	1,5000E+02	2,2501E+04	1,4998E+02	2,2497E+04	1,1375E-05	4,9656E-04
44	1,7497E+02	1,7501E+02	3,0627E+04	1,7497E+02	3,0621E+04	4,8484E-06	5,3577E-04
45	1,9997E+02	2,0001E+02	4,0003E+04	1,9997E+02	3,9995E+04	1,9482E-07	6,0667E-04
46	2,2496E+02	2,2501E+02	5,0629E+04	2,2496E+02	5,0618E+04	3,7287E-06	6,9967E-04
47	2,4995E+02	2,5001E+02	6,2505E+04	2,4995E+02	6,2490E+04	1,7677E-05	8,0718E-04
48	2,7494E+02	2,7501E+02	7,5630E+04	2,7494E+02	7,5611E+04	3,7306E-05	9,2414E-04
49	0,0000E+00	-2,5690E-03	6,5998E-06	0,0000E+00	0,0000E+00	4,4532E-05	9,2446E-04
50	2,4998E+01	2,4998E+01	6,2490E+02	2,4998E+01	6,2490E+02	7,3302E-06	8,0744E-04
51	4,9996E+01	5,0000E+01	2,5000E+03	4,9996E+01	2,4998E+03	4,9758E-08	6,9988E-04
52	7,4993E+01	7,5000E+01	5,6249E+03	7,4993E+01	5,6244E+03	8,7846E-06	6,0683E-04
53	9,9989E+01	1,0000E+02	1,0000E+04	9,9989E+01	9,9989E+03	2,5181E-05	5,3588E-04
54	1,2498E+02	1,2500E+02	1,5625E+04	1,2498E+02	1,5623E+04	4,5337E-05	4,9660E-04
55	1,4998E+02	1,5000E+02	2,2500E+04	1,4998E+02	2,2497E+04	5,4971E-05	4,9656E-04
56	1,7497E+02	1,7500E+02	3,0626E+04	1,7497E+02	3,0621E+04	3,2712E-05	5,3577E-04
57	1,9997E+02	2,0000E+02	4,0002E+04	1,9997E+02	3,9994E+04	1,1423E-05	6,0667E-04
58	2,2496E+02	2,2501E+02	5,0628E+04	2,2496E+02	5,0617E+04	1,6456E-07	6,9967E-04
59	2,4995E+02	2,5001E+02	6,2503E+04	2,4995E+02	6,2489E+04	3,1646E-06	8,0718E-04
60	2,7494E+02	2,7501E+02	7,5630E+04	2,7494E+02	7,5611E+04	4,0498E-05	9,2414E-04
61	0,0000E+00	-3,1050E-03	9,6410E-06	0,0000E+00	0,0000E+00	3,7667E-05	9,2446E-04
62	2,4998E+01	2,4997E+01	6,2485E+02	2,4998E+01	6,2488E+02	3,1605E-06	8,0744E-04
63	4,9996E+01	5,0000E+01	2,5000E+03	4,9996E+01	2,4998E+03	1,2436E-06	6,9988E-04
64	7,4993E+01	7,5001E+01	5,6251E+03	7,4993E+01	5,6245E+03	3,9530E-06	6,0683E-04
65	9,9989E+01	1,0000E+02	1,0000E+04	9,9989E+01	9,9990E+03	1,2891E-05	5,3588E-04
66	1,2498E+02	1,2500E+02	1,5626E+04	1,2498E+02	1,5623E+04	2,1335E-05	4,9660E-04
67	1,4998E+02	1,5000E+02	2,2501E+04	1,4998E+02	2,2497E+04	2,0158E-05	4,9656E-04
68	1,7497E+02	1,7501E+02	3,0627E+04	1,7497E+02	3,0621E+04	9,7012E-06	5,3577E-04
69	1,9997E+02	2,0001E+02	4,0003E+04	1,9997E+02	3,9994E+04	2,4440E-06	6,0667E-04
70	2,2496E+02	2,2501E+02	5,0628E+04	2,2496E+02	5,0617E+04	2,0248E-07	6,9967E-04
71	2,4995E+02	2,5001E+02	6,2504E+04	2,4995E+02	6,2490E+04	6,5684E-06	8,0718E-04
72	2,7494E+02	2,7501E+02	7,5629E+04	2,7494E+02	7,5611E+04	2,5218E-05	9,2414E-04
Σ	9,8983E+03	9,9002E+03	1,8976E+06	9,8983E+03	1,8972E+06	1,2173E-03	
b =	9,9974E-01						
a =	9,2416E-03						
Sy =	4,1701E-03						
Sa =	9,2446E-04						
Sb =	5,6944E-06						
r(a,b) =	-8,4698E-01						

6 Tính độ không đảm bảo đo của chuẩn $u_s(p)$

Các thành phần ĐKĐB ảnh hưởng đến chuẩn bao gồm:

$u_i(p)$	Đại lượng	Giá trị đại lượng	Hệ số độ nhạy	U(Xi)	Giá trị hệ số	$u_i(\text{Pa})$	$u_i^2(\text{Pa}^2)$
$u_1(p)$	p (Pa)	1,00E+02	a+bp	2,66E-05	1,00E+02	2,65E-03	7,05E-06
$u_2(p)$	A_0 (m ²)	8,40E-06	$p/2 * A_0$	1,85E-11	5,95E+06	1,10E-04	1,22E-08
$u_3(p)$	λ (1/Pa)	-2,28E-12	$p^2/2$	5,00E-15	5,00E+03	2,50E-11	6,25E-22
$u_4(p)$	M (kg)	8,58E+01	$p/2 * M$	2,15E-04	5,83E-01	1,25E-04	1,56E-08
$u_5(p)$	$(t - t_{\text{ref}})$ (°C)	-2,50E+00	$p * (\alpha_p + \alpha_c) / \sqrt{2}$	5,00E-01	6,43E-04	3,22E-04	1,03E-07
$u_6(p)$	$(\alpha_p + \alpha_c)$ (1/°C)	9,10E-06	$p * (t-23)/2$	1,00E-07	-1,25E+02	-1,25E-05	1,56E-10
$u_7(p)$	g (m/s ²)	9,79E+00	$p/3 * g$	4,50E-08	3,26E+02	1,47E-05	2,15E-10
$u_8(p)$	ρ_a (kg/m ³)	1,20E+00	$p/3 * (\rho_M - \rho_a)$	1,00E-02	4,17E-03	4,17E-05	1,74E-09
$u_9(p)$	Δh (m)	0,00E+00	$\rho_f * g/3$	0,00E+00	2,98E+03	0,00E+00	0,00E+00
$u_{10}(p)$	θ (°)	5,00E-01	$p * \sin(\theta) / \sqrt{3}$	5,82E-04	8,36E-02	4,87E-05	2,37E-09
					$\Sigma =$		7,19E-06
					$u_s(p)$	2,68E-03	

7 Tính độ không đảm bảo đo của UUT $u_{\text{uut}}(p)$

Các thành phần ĐKĐB ảnh hưởng đến UUT bao gồm:

TT	Ps	M1	M2	M3	M4	M5	M6	$\bar{M} = \bar{P}$	$\bar{P} - P_s$
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	0,0000	-0,0031	-0,0027	-0,0031	-0,0033	-0,0026	-0,0031	-0,0030	-0,0030
2	24,9980	24,9998	24,9991	24,9990	24,9986	24,9979	24,9970	24,9986	0,0006
3	49,9956	50,0001	50,0013	50,0002	49,9999	49,9995	50,0005	50,0003	0,0047
4	74,9925	75,0013	75,0014	75,0007	75,0014	74,9996	75,0008	75,0009	0,0084
5	99,9886	100,0009	100,0015	100,0011	100,0021	100,0002	100,0017	100,0012	0,0127
6	124,9840	125,0017	125,0015	125,0011	125,0029	125,0002	125,0027	125,0017	0,0177
7	149,9785	150,0015	150,0039	150,0019	150,0045	150,0010	150,0038	150,0027	0,0243
8	174,9724	175,0039	175,0059	175,0033	175,0063	175,0028	175,0055	175,0046	0,0322
9	199,9656	200,0053	200,0078	200,0050	200,0076	200,0050	200,0065	200,0062	0,0406
10	224,9581	225,0071	225,0092	225,0063	225,0091	225,0068	225,0076	225,0077	0,0496
11	249,9497	250,0079	250,0091	250,0077	250,0094	250,0070	250,0080	250,0082	0,0585
12	274,9405	275,0083	275,0084	275,0092	275,0082	275,0089	275,0078	275,0085	0,0680

TT	u_r	u_h	b'up	b'down	u_b	bup	bdown	u_b	u_h
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	0,00010	0,00054							
2	0,00010	0,00054	0,00090	0,00010	0,00090	0,00239	0,00169	0,00239	0,00068
3	0,00010	0,00054	0,00001	0,00081	0,00081	0,00109	0,00039	0,00109	0,00080
4	0,00010	0,00054	0,00070	0,00059	0,00070	0,00219	0,00019	0,00219	0,00064
5	0,00010	0,00054	0,00011	0,00119	0,00119	0,00127	0,00062	0,00127	0,00103

6	0,00010	0,00054	0,00068	0,00200	0,00200	0,00206	0,00163	0,00206	0,00152
7	0,00010	0,00054	0,00033	0,00120	0,00120	0,00106	0,00034	0,00106	0,00258
8	0,00010	0,00054	0,00067	0,00110	0,00110	0,00166	0,00004	0,00166	0,00258
9	0,00010	0,00054	0,00037	0,00050	0,00050	0,00087	0,00085	0,00087	0,00220
10	0,00010	0,00054	0,00087	0,00060	0,00087	0,00087	0,00115	0,00115	0,00189
11	0,00010	0,00054	0,00026	0,00090	0,00090	0,00147	0,00075	0,00147	0,00132
12	0,00010	0,00054	0,00083	0,00039	0,00083	0,00003	0,00024	0,00024	0,00073

TT	u_A	u_S	$U_{exp} (k = 2)$	$U_{exp} (k = 2)$	ΔP
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(ppm)	(MPa)
1					
2	0,00081	0,00067	0,00261	9,51	0,00558
3	0,00070	0,00134	0,00317	11,54	0,00377
4	0,00061	0,00201	0,00443	16,11	0,00911
5	0,00054	0,00268	0,00560	20,36	0,01399
6	0,00050	0,00335	0,00704	25,59	0,01971
7	0,00050	0,00402	0,00830	30,17	0,02599
8	0,00054	0,00469	0,00963	35,04	0,03389
9	0,00061	0,00536	0,01088	39,58	0,04307
10	0,00070	0,00603	0,01222	44,46	0,05285
11	0,00081	0,00670	0,01356	49,31	0,06318
12	0,00092	0,00737	0,01487	54,09	0,07333

8 Độ không đảm bảo đo mở rộng U

Bảng tổng hợp độ không đảm bảo đo ở áp suất: 100 MPa

Đại lượng	Giá trị đại lượng	Phân bố	Hệ số chia	Độ không đảm bảo đo	Hệ số độ nhạy	Độ không đảm bảo đo	ĐKĐBĐ bình phương
X_i	x_i	$2a$		$u_i(x_i)$	c_i	$u_i(y)(MPa)$	$u_i^2(MPa^2)$
$P_{standard}$	1,00E+02	0,00536	2	0,00268	1	0,00268	7,19E-06
u_A	0,00054	0,00054	1	0,00054	1	0,00054	2,87E-07
$f_{zero\ deviation}$	0,00054	0,00054	$\sqrt{3}$	0,00015	1	0,00015	2,39E-08
$b'_{repeatability}$	0,00119	0,00119	$\sqrt{3}$	0,00034	1	0,00034	1,18E-07
$b_{reproducibility}$	0,00127	0,00127	$\sqrt{3}$	0,00037	1	0,00037	1,35E-07
$h_{hysteresys}$	0,00103	0,00103	$\sqrt{3}$	0,00030	1	0,00030	8,80E-08
$\sigma_{resolution}$	0,00010	0,00010	$\sqrt{3}$	0,00003	1	0,00003	8,33E-10
					Sum		7,84E-06
					$U_c =$	2,80E-03	
					$U_e (k = 2) =$	0,0056	MPa